

TÍTULO

**PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN AUTÓNOMA DE LOS
SERVICIOS BÁSICOS EN LA ZONA SUR DE COCHABAMBA (BOLIVIA)**

AUTORA

Ángela Lara García

Esta edición electrónica ha sido realizada en 2011

Director Jaime López de Asiain
Tutora María López de Asiain Alberich
Curso **VIII Máster Propio Universitario en Energías Renovables: Arquitectura y Urbanismo. La Ciudad Sostenible**

ISBN 978-84-694-2198-7
© Ángela Lara García
© Para esta edición, la Universidad Internacional de Andalucía



Usted es libre de:

- Copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra.

Bajo las condiciones siguientes:

- **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
 - **No comercial.** No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
 - **Sin obras derivadas.** No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.
-
- *Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.*
 - *Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.*
 - *Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.*



PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN AUTÓNOMA DE LOS SERVICIOS BÁSICOS EN LA ZONA SUR DE COCHABAMBA (BOLIVIA)

TESIS DE MAESTRÍA



Alumna: Ángela Lara García
Director: Dr. Jaime López de Asiain
Tutora: Dra. María López de Asiain Alberich

MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES, ARQUITECTURA Y URBANISMO: LA CIUDAD SOSTENIBLE
Universidad Internacional de Andalucía. Sede La Rábida
SEPTIEMBRE 2010

**PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN AUTÓNOMA DE LOS
SERVICIOS BÁSICOS EN LA ZONA SUR DE
COCHABAMBA (BOLIVIA)**

TESIS DE MAESTRÍA

Ángela Lara García
Septiembre 2010

Director: Dr. Jaime López de Asiain
Tutora: María López de Asiain Alberich

VIII MAESTRÍA EN "ENERGÍAS RENOVABLES, ARQUITECTURA Y URBANISMO:
LA CIUDAD SOSTENIBLE"
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE ANDALUCÍA (UNIA)
SEDE IBEROAMERICANA DE LA RÁBIDA (HUELVA)

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1	5. EQUILIBRIO ECOLOGICO Y SERVICIOS BÁSICOS	98
1.1. DEFINICIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO	1	5.1. MODELOS DE DESARROLLO URBANO	98
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	2	5.2. AUTONOMÍA METABÓLICA PARA LA GESTIÓN DEL AGUA EN ASENTAMIENTOS HUMANOS Y SU APLICACIÓN AL CERCADO	102
1.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO	2	5.3. PLANIFICACIÓN PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (GIRS)	132
1.4. HIPÓTESIS DE PARTIDA	7	5.4. POSIBILIDADES DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL CERCADO	154
2. MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL	9	6. CONCLUSIONES	171
2.1. ECOLOGÍA, ECOSISTEMAS Y METABOLISMO URBANO	9	6.1. CONCENTRACIÓN POBLACIONAL, DESEQUILIBRIO ECOLÓGICO Y POBREZA	171
2.2. GESTIÓN DE LOS SERVICIOS BÁSICOS BAJO PRINCIPIOS DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	9	6.2. METABOLISMO URBANO Y SEGREGACIÓN SOCIAL EN EL CERCADO	172
2.3. CONTEXTO HISTÓRICO Y CULTURAL BOLIVIANO	11	6.3. MODELO DESCENTRALIZADO DE GESTIÓN DEL METABOLISMO URBANO	177
2.4. DESARROLLO URBANO EN AMÉRICA LATINA Y BOLIVIA	11	7. ANEXOS	171
2.5. CARACTERIZACIÓN TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE CERCADO	12	ANEXO 1. DISEÑO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. HABITAT PARA LA MUJER: COMUNIDAD MARÍA AUXILIADORA.	183
3. CONTEXTO HISTÓRICO Y TERRITORIAL	14	ANEXO 2: SEMINARIO: INTRODUCCIÓN AL DESARROLLO ECOLÓGICO DE LA ARQUITECTURA Y EL URBANISMO.	216
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL TERRITORIO BOLIVIANO	14	ANEXO 3: PROYECTO DE ORDENACIÓN DE ÁREAS LIBRES PARA SU USO COMO EQUIPAMIENTOS Y ÁREAS VERDES. JUNTA VECINAL ALTO SAN JOSÉ	221
3.2. PROCESOS HISTÓRICOS, CULTURALES Y POLÍTICOS EN BOLIVIA	15	8. BIBLIOGRAFÍA	229
3.3. URBANIZACIÓN CRECIENTE EN EL MUNDO Y EN BOLIVIA	24		
3.4. CARACTERIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE CERCADO (COCHABAMBA)	31		
4. SERVICIOS BÁSICOS EN COCHABAMBA	45		
4.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SERVICIOS BÁSICOS	45		
4.2. LA PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN EL CERCADO	48		
4.3. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	73		
4.4. LA ENERGÍA ELÉCTRICA	85		
4.5. ALGUNAS CONCLUSIONES SOBRE LA SITUACIÓN DE LOS SERVICIOS BÁSICOS EN EL CERCADO	96		

1. INTRODUCCIÓN

1.1. DEFINICIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

El trabajo que se presenta a continuación es el resultado de las investigaciones llevadas a cabo entre Octubre de 2008 y Octubre de 2009 en la ciudad de Cercado (Región de Cochabamba, Bolivia) gracias a una beca concedida por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), la cual permitió la incorporación como investigadora al Laboratorio de Confort Ambiental del Instituto de Investigaciones en Arquitectura perteneciente a la Facultad de Arquitectura de la Universidad Mayor de San Simón en Cochabamba, Bolivia.

La motivación de este trabajo se basa en la percepción de que los fenómenos de crecimiento de las concentraciones urbanas en el Mundo, y principalmente en los países empobrecidos, son una realidad cada día más acuciante e influyente en los modos de vida de esta población. Más de la mitad de la humanidad (que alcanza más de 6.600 millones de personas) habita ya en áreas urbanas, de las cuales unos 1.000 millones vive en grandes suburbios en general sin dotaciones de ningún tipo (Fernández Durán, R. 2006). Son múltiples y diversas las razones por las cuales estos crecimientos se realizan sin una adecuada planificación urbanística y su principal consecuencia es el crecimiento de espacios residenciales que no cuentan con las condiciones mínimas para el desarrollo de un hábitat digno. Es por ello que nos propusimos desarrollar un trabajo de investigación sobre nuevos modelos de crecimiento urbano que superen las dificultades de las grandes concentraciones en lo que a la gestión del metabolismo urbano se refiere, sobre todo en aquellas ciudades y barrios donde se están produciendo estos crecimientos de manera más desestructurada.

Entendemos que el modelo postfordistas de desarrollo productivo y territorial de las ciudades occidentales basado en un importante consumo energético per cápita está claramente en crisis. La gestión centralizada de este modelo se hace cada vez más compleja en tanto el tamaño de las ciudades crece. Se plantea por tanto la necesidad de investigar nuevos modelos de crecimiento y gestión de los territorios que son inevitablemente urbanizados en todo el Mundo. Partiendo de la comprensión de la imposibilidad del desarrollo infinito en un planeta con recursos finitos, dicho modelo habrá de partir del planteamiento de nuevas relaciones ecológicas de equilibrio entre la sociedad humana y el medio natural, es decir, de un nuevo concepto de ecosistema urbano que se base en el respeto a los ciclos naturales que se dan en el territorio en el que nos asentamos.

El estudio se centrará en el análisis de las problemáticas existentes en relación a la gestión de los servicios básicos en el municipio de Cercado, capital del Departamento de Cochabamba (Bolivia), y más concretamente en la Zona Sur del mismo. Se trata de una ciudad de tamaño medio (516.683 habitantes según datos del INE 2001), situada en el centro del eje principal de estructuración y comunicaciones del país que se conforma entre La Paz – Cochabamba – Santa Cruz de la Sierra.

Los procesos de crecimiento urbano de esta ciudad han generado una polarización en relación a las áreas centro y norte respecto al área sur, tanto en lo referente a las características de su población como a la calidad de su entorno urbano. La concentración en la Zona Sur de las nuevas masas de población migrante desde finales de la década de los setenta, sin que hayan existido procesos de planificación y gestión de los crecimientos urbanos en este área, ha generado una situación bastante grave en lo que a la falta de servicios básicos se refiere, principalmente en el suministro de agua y en las redes de alcantarillado, así como en la elección y trazado de los nuevos espacios a urbanizar.

Este abandono de sus competencias por parte de la administración ha traído consigo también, en algunos casos, la conformación de sistemas de autogestión de dichos servicios, con interesantes modelos de organización social. El estudio de las características de estos grupos sociales y de su contexto territorial así como de las formas de organización creadas entendemos permitirá formular propuestas para la configuración de nuevos modelos de desarrollo urbano con cualidades propias, acordes y equilibradas con su medio.

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

El objetivo general de este trabajo es el estudio de modelos de planificación y gestión de servicios básicos descentralizados que permitan obtener un alto grado de autonomía social y sostenibilidad ambiental en las funciones del metabolismo urbano.

Este objetivo general se desarrolla a través de los siguientes objetivos particulares:

- Estudio de las principales problemáticas existentes en el municipio de Cercado referidas a los servicios básicos y a la calidad ambiental del medio urbano.
- Reconocimiento de las potencialidades de este territorio para la configuración de modelos de desarrollo propios.
- Incorporación de criterios de equilibrio ecológico en los modelos de planeamiento y gestión urbana.
- Diseño de sistemas de gestión de servicios básicos con un alto grado de equilibrio con el ecosistema.
- Contribuir a la formación de una conciencia colectiva que permita en primer lugar modificar comportamientos individuales nocivos, y en segundo generar comportamientos políticos tendentes a la

configuración de modelos de desarrollo autóctonos, justos y sostenibles.

1.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

Para el desarrollo de este proyecto, se ha adoptado una metodología de trabajo basada en los principios de la *Investigación-Acción Participativa (IAP)* o *Coinvestigación*. Esta elección se realiza bajo el criterio de que, en el campo en el que estamos trabajando (servicios básicos en áreas periurbanas) existe la necesidad de hacer *útil* nuestra labor para el desarrollo de mejores condiciones de vida en los lugares que son objeto de investigación, entendiendo además que el hecho de enfrentarse a problemáticas concretas protagonizadas por sujetos activos es lo que permite la comprensión de una realidad *a priori* ajena al investigador, careciendo de sentido llevar a cabo procesos que se limiten a la descripción del fenómeno y a la propuesta de modelos desde una perspectiva completamente tecnocrática y conceptual alejada de la practicidad.

La IAP aparece en los años 70 en contraposición al productivismo y tecnicismo de la I+D como fruto de la confluencia de escuelas críticas de investigación y pedagogía social, adquiriendo desde sus inicios fuerte presencia en América Latina a través de la educación de adultos y la lucha comunitaria contra la miseria cotidiana. Los procesos de IAP son colectivos y tratan de contribuir a la transformación de la realidad para generar una nueva realidad más justa. De ese modo, se procura también romper la relación sujeto (investigador) – objeto (investigado) y reconocer la potencia de acción de todo sujeto social en un proceso de *coinvestigación* en el que distintos sujetos, con saberes-hacer diversos, se relacionan según criterios éticos (Malo, M. en *Nociones Comunes*, 2004).

Es así como el proceso de este trabajo se ha visto fuertemente marcado por la selección y participación en grupos locales, la realización de

entrevistas a sujetos activos de organizaciones e instituciones (públicas y privadas), la organización y participación en seminarios, talleres y foros y finalmente, la resolución de problemáticas concretas referidas a estudios de caso dentro de la investigación. Es en este sentido que la metodología de trabajo se ha desarrollado paralelamente en un ámbito teórico y otro ámbito completamente práctico en una relación de retroalimentación simultánea. Trataremos de realizar una estructuración de estos ámbitos de trabajo para el mejor entendimiento del proceso desarrollado.

1.3.1. **Ámbito Teórico: Sistemas de gestión de los servicios básicos para la consecución de un modelo sostenible de desarrollo urbano.**

Se ha trabajado en la adquisición de habilidades teóricas y tecnológicas para el desarrollo de modelos de gestión de servicios básicos acordes con el contexto de trabajo, a partir de dos herramientas fundamentales:

A.1. Estudio de material bibliográfico en relación a:

- Conceptos de Ecología, Ecosistema y Metabolismo Urbano.
- Tecnologías para la gestión sostenible de los Servicios Básicos.
- Estudio de la problemática de los Servicios Básicos en Cochabamba.
- Análisis de las potencialidades existentes para la Gestión Integral de los Servicios Básicos.

A.2. Participación en cursos, foros y talleres en el contexto territorial de la investigación:

- X Bienal Boliviana de Arquitectura celebrada bajo el título *Estructuras ambientales para la vivienda social*. Colegio Departamental de Arquitectos de La Paz. Participación junto con el

Laboratorio de Confort Ambiental del IIA con la ponencia titulada "Contextualización Ecológica de la Arquitectura y el Urbanismo".

- Seminario: *Picocentrales hidroeléctricas y gestión de proyectos*. Transportadora de Electricidad S.A. – IFC. Cochabamba (Bolivia).
- Curso de Posgrado: *Gestión sostenible de aguas residuales en áreas periurbanas y rurales*. Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA). Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Simón (UMSS).
- Simposio: *Hidrología Urbana*. Asociación Boliviana de Ingeniería en Recursos Hídricos (ABIRH); Laboratorio de Hidráulica de la UMSS; Comité Boliviano de Grandes Presas (CBGP).
- Curso de Posgrado: *Planificación para la Gestión Integral de Recursos Hídricos*. Dirigido por el Dr. Ing. Juan Carlos Bertoni. Organizado por Cap-Net y Centro AGUA (UMSS).
- Taller: *1º Taller de aprovechamiento de Residuos Sólidos mediante compostaje y lombricultura*. Organizado por el Ministerio de Medio Ambiente y Aguas y la Agència de Residus de Catalunya a través de la Agència Catalana de Cooperació al Desenvolupament.
- Taller: *Presentación del Plan Municipal de Ordenamiento Territorial del Municipio de Cercado*. Honorable Alcaldía Municipal de Cercado. Oficina de Planeamiento.
- *Taller Nacional de Tecnologías Alternativas de Agua y Saneamiento en Área Periurbana*. Agua Para el Pueblo (Water for People).
- Seminario – Taller: *Propuestas para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos en el Área Metropolitana de Cochabamba*. Colectivo Sur y Prefectura del Departamento de Cochabamba. Participación con la ponencia: "Planificación para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos".

1.3.2. **Ámbito referencial: *coinvestigación* para la comprensión e incidencia en el contexto territorial.**

En este ámbito se ha trabajado en el estudio y la comprensión de la realidad de Cochabamba desde un punto de vista social, cultural, histórico, territorial, ecológico, etc. La situación particular que está viviendo el país así como la importancia de la temática de trabajo sobre la realidad boliviana ha hecho que esta parte del trabajo resulte bastante compleja a la vez que productiva. En este sentido, las herramientas utilizadas han sido:

B.1. Estudio de material bibliográfico en relación a:

- Contexto histórico y cultural de América Latina y Bolivia.
- Procesos de urbanización creciente en el Mundo y Bolivia.
- Caracterización del Municipio de Cercado (Cochabamba) y especialmente de la Zona Sur.
- Dinámicas sociales y económicas en torno a la gestión de los Servicios Básicos en Cochabamba.

B.2. Realización de entrevistas:

Una vez adquirida cierta noción sobre las redes existentes dentro de la sociedad boliviana en torno a la gestión y planificación de los Servicios Básicos, se seleccionaron una serie de organizaciones e individuos que se consideraron podrían aportar una visión interesante en relación a la problemática trabajada. Se elaboraron entrevistas en base a las que se pudieron mantener conversaciones en las que, además de aportarse nuevos datos y materiales a la investigación, se pudo interactuar con los protagonistas incorporándolos como sujetos activos de la *coinvestigación*. Se han realizado entrevistas a:

- Dña. Rose Mary Irusta. Dirigente de la Comunidad María Auxiliadora (Distrito 9).
- D. Mario Gutiérrez Mérida. Presidente de la OTB Sarco Central (Distrito 6).
- Dña. Dominga Vargas. Presidenta de la Junta Vecinal Alto San José (Distrito 14).
- D. Filemón Chipana. Dirigente del Comité de Agua "22 de Abril" (Distrito 14).
- D. Miguel García. Responsable de Comunicación de la Empresa Municipal de Servicios de Aseo (EMSA).
- D. Abdías Torres. Miembro del directorio de AMETSE (Asociación de Microempresas de Gestión de Residuos Sólidos).
- Dña. Carola Ortuño. Responsable del proyecto Eco-Vecindarios de SwissContact (Agencia de Cooperación Suiza).
- D. Jorge Alcocer. Presidente de la Asociación de Recolectores "Thawis".
- Dña. Alba Gamarra. Directora del Centro de Investigación en Energías Renovables (CINER) de Bolivia.
- D. Javier Granda. Comité Nacional de Despacho de Carga. ENDE. Bolivia.

B.3. Colaboración con el trabajo de instituciones y colectivos locales.

Se han establecido diferentes grados de implicación y colaboración con entidades locales para el desarrollo de actividades y proyectos en el ámbito del trabajo impulsando procesos de *coinvestigación* en el seno de la sociedad local. Estas colaboraciones se desarrollan a su vez para permitir la continuidad de los procesos y proyectos una vez terminada la labor del investigador en Cochabamba.

Las colaboraciones más destacadas han sido realizadas con las siguientes instituciones y colectivos:

- Laboratorio de Confort Ambiental. Instituto de Investigaciones de Arquitectura (UMSS): Como institución de acogida se ha desarrollado una relación cotidiana de colaboración y apoyo mutuo que ha marcado implícitamente el desarrollo de este trabajo, permitiendo el acceso a la información y el establecimiento de conexiones con los actores principales de la temática de trabajo. De manera explícita esta colaboración ha dado como fruto la participación en la X Bienal Boliviana de Arquitectura con una ponencia colectiva bajo el título *“Contextualización Ecológica de la Arquitectura y el Urbanismo”* y el desarrollo de un Seminario dirigido a alumnos de la Facultad de Arquitectura de la UMSS titulado *“Introducción al desarrollo ecológico de la arquitectura y el urbanismo”*, en cuya organización también colaboró la Sociedad de Investigaciones Científicas de Estudiantes de la Facultad de Arquitectura (SICEFA) perteneciente al IIA. Dentro de este taller se plantea un ejercicio de aplicación de los principios de ordenación urbana sobre los que asienta esta tesis, cuyos resultados se incorporan en la documentación anexa.
- Fundación Pro Hábitat: Organización sin ánimo de lucro con años de experiencia en el apoyo a la consecución del derecho a un hábitat adecuado para poblaciones de menores recursos a través de propuestas para realizar el Derecho a la Ciudad, la promoción de líderes para la Gestión Urbana y diferentes proyectos de apoyo y créditos para la construcción y mejora de las necesidades y demandas habitacionales de las personas y familias más pobres. La colaboración más estrecha se ha vinculado al proyecto para la construcción de un *“Sistema de Agua y Saneamiento Básico para la Comunidad María Auxiliadora”*, que ha sido realizado como estudio de caso dentro de esta investigación y cuya gestión y búsqueda de financiación ha quedado en manos de esta Fundación.
- Centro de Estudios Independientes de Bolivia (CEDIB): Esta organización ha constituido un importante apoyo en cuanto al acceso a información a través de su biblioteca, sus publicaciones y los foros organizados en torno a temáticas de actualidad del contexto boliviano. Por otro lado, a través de la oficina del CEDIB de la Zona Sur se han conseguido establecer relaciones con dirigentes vecinales y la realización de talleres vecinales sobre *“Planificación y gestión urbana con criterios de sostenibilidad”*. La realización de estos talleres dio lugar a la solicitud por parte de la Junta Vecinal de Alto San José de la realización de un *“Proyecto de Ordenación para Áreas Verdes y Equipamientos”* que aparece como estudio de caso dentro de la investigación.
- Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA). Centro de investigación y enseñanza de la UMSS que trabaja en la profundización del conocimiento socio-técnico sobre el uso y la gestión de agua a través de la investigación-acción enfatizando en la problemática del agua, la formación académica y la capacitación a nivel de cursos de pre y post-grado, y aportando soluciones a problemas concretos a través de la provisión de servicios, programas y proyectos específicos. Además de la realización de cursos de posgrado ofertados por este Centro que han supuesto un aporte fundamental a la investigación, se ha obtenido un apoyo constante para la realización de los proyectos. A través de la firma de un convenio se ha comprometido a brindar asesoramiento técnico para la construcción y puesta en marcha, así como para la capacitación de potenciales operadores de la Planta de Tratamiento de Aguas

Residuales diseñada en el ámbito de esta investigación para la Comunidad María Auxiliadora.

- Comisión de Recursos Naturales del Colectivo Sur: se trata de una agrupación de ciudadanos para el debate y la acción en relación a problemáticas relacionadas con los Recursos Naturales y el Medio Ambiente, cuya actividad se ha centrado durante este periodo en la resolución de la problemática de la gestión de los residuos sólidos en el Área Metropolitana de Cochabamba. Se ha mantenido una continua y estrecha relación, realizando una importante campaña de información y concienciación social sobre la problemática que ha culminado en la organización conjuntamente con la Prefectura del Departamento del *“Seminario Taller de soluciones para la Gestión Integral de Residuos Sólidos en el Área Metropolitana de Cochabamba”*. Este seminario ha agrupado a los principales actores sociales e institucionales en torno a esta problemática para buscar las bases y estrategias que permitan el desarrollo de una Plan para la GIRS en Cochabamba.
- Hábitat para la Mujer. Comunidad María Auxiliadora. Se trata de un barrio ubicado en la Zona Sur del Municipio de Cercado, Cochabamba, que nace por iniciativa de un grupo de mujeres que detectan la falta de una vivienda digna como uno de las causas de la violencia intrafamiliar y deciden conformar una Comunidad dirigida a familias con pocos recursos, y especialmente a mujeres cabeza de familia. Se ha desarrollado un trabajo continuo con esta comunidad a través de talleres sobre *“Planificación y gestión urbana con criterios de sostenibilidad”* y, sobre todo, el desarrollo de un Proyecto de *“Diseño de Sistema de Agua y Saneamiento Básico”* (ANEXO 1) como estudio de caso para el desarrollo de esta investigación.

1.3.3. Resolución de situaciones del contexto: estudios de caso.

Poder generar soluciones a problemas existentes en el contexto territorial de trabajo es una parte fundamental necesaria para poner a prueba los modelos teóricamente estudiados y propuestos, enfrentando las problemáticas que surgen en el diseño de sistemas dentro de un contexto social y territorial. De este modo, se trabaja con dos colectividades vecinales que precisan el apoyo de un técnico para la resolución de conflictos diferentes en relación al agua, muy usuales en las nuevas áreas de expansión urbana en Cercado. Se presentan como anexo a esta memoria los documentos que surgen como producto de la investigación dentro de este ámbito:

- *“Diseño de Sistema de Agua Potable y Saneamiento Básico”*. Hábitat para la Mujer Comunidad María Auxiliadora. Distrito 9. Municipio de Cercado. Cochabamba.

Se ha trabajado en el diseño de un sistema de distribución de agua potable así como de una planta de tratamiento de aguas residuales en base a filtros vegetales para la depuración de las aguas y su posterior aprovechamiento en usos productivos. El resultado se ha estructurado en fases que permiten una implementación paulatina del sistema en relación al crecimiento de la población en el asentamiento y al acceso a recursos materiales por parte de la Comunidad para su construcción.

- *“Proyecto de ordenación urbana de áreas libres para su uso como equipamientos y espacios verdes”*. Junta Vecinal Alto San José. Distrito 14. Municipio de Cercado. Cochabamba.

Los escarpados cerros en los que se ha encaramado el crecimiento urbano de la ciudad de Cochabamba hacen muy complejo el aprovechamiento de los espacios reservados para los equipamientos urbanos, que en este caso se hallan sobre el curso natural de las aguas de una torrentera. Se trata por tanto de resolver los problemas

derivados del drenaje de una urbanización situada en un cerro logrando el máximo aprovechamiento de sus áreas de equipamiento dentro de una lógica de gestión integral de recursos hídricos.

Por otro lado, el trabajo continuo que junto al Colectivo Sur se ha realizado en torno a la grave situación de la gestión de los residuos sólidos en el Área Metropolitana de Cochabamba nos ha llevado a la elaboración de una propuesta metodológica para el desarrollo de un Plan y a la enunciación de las bases de ordenación territorial, las estrategias y las acciones que deberían contemplarse para la implementación de este sistema. Gracias, entre otros factores, a la campaña desarrollada, se ha logrado que el Municipio comience a desarrollar un nuevo sistema de GIRS para lo cual ha firmado un acuerdo con la Institución SwissContact, cuyo proyecto establece una estrategia de gestión descentralizada territorialmente muy cercana a la línea propuesta desde este trabajo.

Como vemos, la resolución de situaciones del contexto territorial se ha centrado en los problemas derivados de la gestión del agua, el saneamiento básico y los residuos sólidos. Si bien el área referida al ahorro energético y el uso de energías renovables forma parte de los principios planteados en la investigación y como tal ha estado presente en el resto de ámbitos de la metodología de trabajo, es necesario señalar que existe una cobertura de aproximadamente el 95% del servicio de energía eléctrica en las áreas urbanas y periurbanas, lo cual no lo convierte en una prioridad a la hora de desarrollar trabajos vinculados a la resolución de conflictos existentes en el área de estudio.

1.4. HIPÓTESIS DE PARTIDA.

Los modelos tradicionales de desarrollo económico, las tendencias urbanizadoras impuestas por la primacía del valor de cambio frente al valor de uso del suelo y las dinámicas mercantilizadoras que dirigen actualmente la configuración territorial, generan una zonificación de usos que deriva en la segregación tanto social como funcional de los territorios urbanos. Las funciones metabólicas propias de la vida urbana tienden también a centralizarse en diferentes áreas (vertederos, estaciones depuradoras de gran escala, centrales de generación de energía...), provocando la concentración y distribución desigual de las cargas contaminantes que conllevan. Por otro lado, es habitual que en estados con economías desfavorecidas a escala global e importantes diferencias sociales internas, las redes de servicios propias de dichas funciones no lleguen a cubrir la totalidad del territorio urbano, siendo las áreas con población más desfavorecida las que suelen carecer de estos servicios, pero en las que sin embargo se concentran las infraestructuras necesarias y los usos más nocivos del metabolismo urbano.

Estableciendo una analogía entre las funciones urbanas y las vitales, podríamos decir que el modelo centralizado de gestión implica la concepción de la ciudad como un individuo con "órganos" especializados que realizan las diferentes funciones metabólicas. Frente a ello, se plantea promover que el territorio urbano funcione como una multiplicidad de organismos de menor escala y mayor grado de autonomía metabólica, de manera que se consiga una gestión ecológicamente más equilibrada, socialmente más justa y generadora de conciencia colectiva con respecto a la relación de los individuos con su ecosistema.

Se propone como óptimo modo de gestión la estructuración orgánica de las grandes concentraciones urbanas como una suma de subestructuras de menor escala que se autoorganizan para la satisfacción

de las necesidades relativas a la gestión de los servicios básicos, manteniendo una coordinación que permite organizarse en diferentes escalas territoriales (barrio – distrito - municipio - área metropolitana- región...) de modo que en cada una de estas escalas se generen las infraestructuras necesarias para la gestión de los ciclos energéticos y materiales.

De este modo, se entiende que debe existir una potenciación del equilibrio ecológico en relación al medio en cada una de las escalas de gestión en las que se asuma la carga productiva y contaminante que la concentración de personas genera en el territorio.

2. MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

2.1. ECOLOGÍA, ECOSISTEMAS Y METABOLISMO URBANO

La importancia que los fenómenos de urbanización creciente han adquirido en todo el mundo ha hecho que se multipliquen los estudios sobre el tema desde diversas perspectivas. En nuestro caso nos hemos centrado en la visión ecosistémica de la denominada “ecología urbana”. Este tipo de estudios, que tienen sus precedentes en las primeras décadas del siglo XX, adquieren bastante fuerza en los años 70, y tras un lapso importante durante las décadas de los 80-90, adquieren de nuevo importancia en los debates urbanos del recién estrenado siglo XXI.

Es necesario comentar cómo la aparición de determinadas directrices políticas a nivel mundial y europeo han marcado a veces la aparición de estudios relacionados con el tema, en ocasiones muy condicionados por la tendencia de las ayudas concedidas para la investigación. En este sentido, la Cumbre de Río de 1992 marca el inicio de una serie de encuentros estatales en los que se realizan acuerdos para establecer límites y directrices para la consecución del denominado “desarrollo sostenible”. Sin embargo no son grandes los avances reales obtenidos en este sentido a nivel práctico, sobre todo por las economías más desarrolladas, en relación a una transformación estructural de los modos de producción y sus consecuencias sobre el medio.

En el ámbito de la ecología y el desarrollo es necesario mencionar la labor de investigación y formación de post-grado que desarrolla en Cochabamba el Centro de Estudios Superiores Universitarios (CESU) de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS), destacando la publicación colectiva realizada bajo el título “*La economía ecológica: una nueva mirada a la ecología humana*”, en la que se recoge una compilación de textos de profesores que han impartido clases en sus programas, y que tiene la

intención de generar un espacio de discusión y reflexión que proporcione insumos para la construcción de un nuevo concepto de desarrollo, entendiendo que una mala interpretación de este concepto y un mal manejo de los recursos ha generado la inequidad y el deterioro ambiental que se sufre en el Mundo y especialmente en América Latina. Destacan las aportaciones de José Manuel Naredo en torno a la problemática del metabolismo urbano y sus efectos a nivel planetario, planteando la necesidad de utilizar criterios integrales y globales que vayan desde los recursos hasta los residuos y desde los países “empobrecidos” a los “enriquecidos”. J.R. Crespo reflexiona sobre “*Ética, política y ecología*”, señalando que existen importantes connotaciones éticas en las políticas medioambientales y de desarrollo que se vinculan con la pobreza y la responsabilidad en la generación de la problemática ambiental. R. Fernández Durán y E. Sevilla nos hablan sobre los impactos ecológicos producto de la desregulación ambiental que las dinámicas de competitividad y especulación generan sobre todo en las periferias de las ciudades. Finalmente destaca la aportación de C. Crespo Flores sobre las políticas de ajuste estructural y su relación con las políticas e instrumentos ambientales implementados en Bolivia, señalando los costos sociales y ambientales que estas políticas neoliberales han generado.

En España destacan los trabajos realizados en la Cátedra de Ecología de la Universidad Autónoma de Barcelona, especialmente los de los profesores Jaume Terrades y Albert Cuchí.

2.2. GESTIÓN DE LOS SERVICIOS BÁSICOS BAJO PRINCIPIOS DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL.

Siendo aún escasas las experiencias que a nivel urbano se han realizado en lo que a la gestión ecológica de los servicios básicos se refiere, cabe señalar que sí existen interesantes investigaciones al respecto en

diferentes países, realizándose trabajos que, a veces en un nivel más conceptual y otros más tecnológico, recogen los modelos y experiencias desarrollados.

En relación a la aplicación de energías renovables a la arquitectura y el urbanismo, en España destaca el trabajo del Dr. Ing. Valeriano Ruiz, basado en el desarrollo de un nuevo modelo descentralizado de producción de energía a partir del uso de fuentes renovables y en estrategias de ahorro energético. En materia de diseño bioclimático e integración de las energías renovables destacan las aportaciones que han realizado arquitectos como el Dr. Arq. Jaime López de Asiain, Dr. Arq. Rafael Serra y Arq. César Ruiz Larrea, entre otros.

En el ámbito territorial de nuestro trabajo, el Arq. Jorge Camacho, coordinador del Laboratorio de Confort Ambiental de la UMSS, lleva años trabajando sobre la caracterización climática y la definición de estrategias de proyecto urbano y arquitectónico con criterios bioclimáticos para cada una de las diferentes regiones de Bolivia. También el Centro de Investigaciones en Energías Renovables (CINER) cuenta con interesantes trabajos sobre la aplicación de las energías renovables en el ámbito boliviano y más concretamente en el departamento de Cochabamba, teniendo en la actualidad en marcha una serie de programas de aplicación de estas tecnologías, aunque siempre con más potencial en el ámbito rural, donde se carece de redes convencionales de energía eléctrica. En la actualidad también la UMSS está poniendo en marcha un programa de doctorado en Energías Renovables a través del CESU.

En relación al desarrollo de Planes para la Gestión Integral de Recursos Hídricos, a nivel mundial destacan los planteamientos realizados por la Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (Cap-Net) y por la Global Water Partnership (GWP). En el ámbito de América Latina, los ingenieros Dr. Juan Carlos Bertoni (Argentina) y Dr. Bonifacio Fernández (Chile) han realizado

importantes aportaciones tanto en el ámbito de la investigación como en el desarrollo de proyectos en torno a la Gestión Integral de Recursos Hídricos.

Entendemos que las problemáticas en torno a la disposición de aguas servidas en concentraciones urbanas es, lamentablemente, una de las menos resueltas incluso en países de los denominados *desarrollados*. En el caso europeo, tanto la Directiva Marco sobre Aguas Urbanas Residuales como la Directiva Marco sobre el Agua han tratado de dar impulso a políticas que permitan un tratamiento apropiado de estos servicios. Desde los años 70, Francia es el país a nivel europeo, e incluso mundial, que más ampliamente ha desarrollado e implementado sistemas de depuración de aguas residuales con criterios de integración ecológica. En países de América Latina, y más concretamente en Bolivia, el desarrollo de este tipo de sistemas se convierten en una alternativa con un alto potencial gracias a las menores exigencias tecnológicas y económicas que requiere su implantación. En este sentido es necesario señalar la labor que el Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA) de la UMSS está desarrollando como pionero en la investigación, puesta en práctica y formación de recursos humanos para este tipo de tecnologías en Bolivia. En España hemos encontrado trabajos desarrollados en la Universidad de Barcelona (colaboradora del Centro AGUA en Bolivia) y en la Universidad de Navarra por I.J. Palma Carazo bajo la dirección de L.J. Arizmendi Barnes, Catedrático de la Universidad del País Vasco. En Andalucía encontramos la planta experimental de Carrión de los Céspedes, construida en 1989 para la investigación y divulgación de este tipo de tecnologías no convencionales.

En relación a la Gestión Integral de los Residuos Sólidos, se ha trabajado sobre materiales aportados por la Organización GAIA (Alianza Global para Alternativas a la Incineración) y el Institute for Local Self-Reliance (ILSR) de Washington. A nivel local destacamos los aportes que han supuesto la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (ENGIRS), los estudios de realizados por Swiss Contact y las

investigaciones del ingeniero Dr. Marcos Luján de la Universidad Católica de Bolivia.

2.3. CONTEXTO HISTÓRICO Y CULTURAL BOLIVIANO

Nos ha parecido fundamental realizar un recorrido por el desarrollo histórico de la cultura andina para una mejor comprensión de los fenómenos que suceden actualmente, estando el país inmerso en un proceso de cambio liderado principalmente por los movimientos sociales mayoritariamente indígenas. Para ello nos hemos basado en las aportaciones realizadas por el Arq. Javier Escalante, importante estudioso de la cultura Tiwanakota, así como por el grupo formado por Oswaldo Villegas, Javier Mendieta y Hugo Unzaga y el Arq. Gustavo Medeiros. También constituye una interesante contribución la gran cantidad de publicaciones realizadas por la institución AGRUCO (Agroecología de la Universidad de Cochabamba). En el campo de la sociología destacan los trabajos de Dominique Temple.

En relación a la contemporaneidad, la lectura sobre los acontecimientos del siglo XX que, desde una perspectiva autobiográfica, realiza Filemón Escóbar en su libro *“De la Revolución al Pachakuti. El aprendizaje del Respeto Recíproco entre blancos e indios”* resulta muy interesante, siendo acompañada para la investigación por el estudio de material periodístico así como por las lecturas de los trabajos de la Dra. Carmen Ledo y Nelson Antequera, este último dentro de un número significativo de publicaciones que el CEDIB ha realizado en esta temática. Destaca el libro titulado *“Nacionalización de los hidrocarburos en Bolivia”* en el que varios autores, a través del estudio concreto de este recurso, realizan una interesante lectura sobre los fenómenos económicos, políticos y sociales de la historia de Bolivia.

2.4. DESARROLLO URBANO EN AMÉRICA LATINA Y BOLIVIA.

Los estudios acerca del desarrollo urbano en los países de América Latina han estado estrecha e inevitablemente vinculados a las problemáticas relacionadas con los asentamientos humanos irregulares, surgiendo ambos con especial importancia en este contexto a partir de los años 60. La modernización capitalista de la economía y el paradigma de desarrollo nacional articulado desde el Estado se introdujeron en estos países provocando la movilización de importantes masas de pobladores hacia las ciudades (Montaño, C. 2007). Este éxodo no se ha interrumpido hasta ahora, convirtiendo a América Latina en el continente más urbanizado del Mundo, y a sus ciudades en inmensas manchas urbanas desprovistas de servicios básicos. Según A. Elizalde Helvia, el desbordamiento producido por el desarrollo urbano descontrolado ha llevado a una suerte de contradicción en la que esta misma macrocefalia provoca la pérdida del derecho a la ciudad y a la ciudadanía; sin embargo, paralelamente también se han generado importantes procesos de autoorganización en estas áreas *periurbanas* por parte de sus pobladores. Han hecho interesantes aportes en esta perspectiva autores como Manuel Castells y Raúl Zibechi, así como una importante cantidad de trabajos de investigación realizados en este ámbito de estudio en toda América Latina promovidos por las Universidades de la propia región.

En el caso de Bolivia, están también implicados en la publicación de estudios tanto los Colegios Profesionales como los órganos del Estado, destacando la publicación realizada por Arq. Edgar Benavides a través del Colegio de Arquitectos de La Paz en 2006. Es importante señalar la labor realizada por el Centro de Estudios Independientes de Bolivia (CEDIB) en la investigación crítica, publicación de libros y revistas y difusión de información en torno a las problemáticas urbanas y de gestión de recursos

naturales, apoyados también en la organización de seminarios y cursos, especialmente en la Zona Sur de la ciudad de Cochabamba.

La Universidad Mayor de San Simón de Cochabamba representa también un importante referente en la publicación de estudios de investigación en torno a la problemática urbana en América Latina. Destacan en este sentido los trabajos realizados por el Centro de Estudios de Planificación y Gestión (CEPLAG) y el Instituto de Investigaciones de Arquitectura (IIA) con diversas publicaciones sobre investigaciones realizadas al respecto y dos publicaciones periódicas, el *Boletín de Apoyo a la Investigación ASDI-UMSS-IIA* y los *Cuadernos de Análisis*, publicados dentro del Programa de Capacitación para el Mejoramiento Socio Habitacional (PROMESHA).

2.5. CARACTERIZACIÓN TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE CERCADO

Para la caracterización del Municipio de Cercado son variadas las fuentes documentales que han sido utilizadas. Una base importante la han constituido los diagnósticos proporcionados por documentos de planeamiento vigentes o en redacción, más concretamente los *Ajustes y Complementaciones del Plan Municipal de Desarrollo Distrital*, desarrollado por el Instituto de Investigaciones de Arquitectura (IIA), y el *Plan Municipal de Ordenamiento Territorial*, desarrollado por la Oficina de Planeamiento de la Alcaldía Municipal de Cercado, que ha sido presentado al Concejo Municipal.

En el ámbito académico, ha resultado de gran interés el documento de Tesis de Grado del Arq. Pablo Prado titulado *"Crecimiento Urbano en el Área Metropolitana de Cochabamba: escenarios de futuro"*, así como el trabajo de diagnóstico de cada uno de los distritos del Cercado realizado por los alumnos de la asignatura Urbanismo I bajo la dirección del Mcs. Arq. Freddy Surriabre García. Por otro lado, centrada más concretamente en las

temáticas relacionadas con la gestión del agua, encontramos las investigaciones realizadas por la Dra. Carmen Ledo en el CEPLAG.

En la caracterización específica de los barrios de la Zona Sur del Municipio de Cercado, además de los documentos mencionados, es importante la labor que el equipo de la Oficina del CEDIB en esta zona realiza. Partimos de estudios completos como el realizado por Nelson Antequera en su libro *"Territorios Urbanos. Diversidad cultural, dinámica socio económica y procesos de crecimiento urbano en la Zona Sur de Cochabamba"*, numerosas publicaciones específicas sobre temáticas concretas y la publicación del periódico *inSURgentes* con carácter bimensual en el que se recogen los acontecimientos más notables e importantes para la zona ocurridos en este periodo. En relación a las temáticas ambientales han sido importantes las aportaciones documentales realizadas también por el Centro de Gestión y Monitoreo Ambiental (GEMA).

Es necesario destacar también los importantes aportes recibidos en los diferentes foros, seminarios y cursos realizados gracias a la participación de diferentes instituciones y actores relevantes en cada una de las temáticas específicas. En el caso de la aplicación de energías renovables en el contexto boliviano cabe destacar la labor del CINER y del CESU. En relación al uso y gestión del agua en Cochabamba, existen gran cantidad de instituciones de diferente índole que trabajan sobre el tema, destacando la labor de ONGs como Agua Sustentable y Agua para el Pueblo, instituciones académicas como el Centro AGUA y CASA (Centro de Agua y Saneamiento Ambiental) de la UMSS y otras instituciones como ASICASUR (Asociación de Sistemas de Agua Comunitarios de la Zona Sur), el CODESAB (Comité Departamental de Saneamiento Básico) y la ABIHR (Asociación Boliviana de Ingenieros en Recursos Hídricos). En el caso de la gestión de residuos sólidos es importante la aportación realizada por Swiss Contact en todos los sentidos, así como las experiencias incipientes que se están realizando en otros municipios como La Paz y Santa Cruz de la Sierra.

A nivel institucional, en el año 2009 se fundó la Dirección General de Residuos Sólidos dependiente del Ministerio de Agua y Medio Ambiente, que en colaboración con la Agència de Residus de Catalunya, a través de la Agència Catalana de Cooperación al Desenvolupament, están desarrollando un diagnóstico a nivel nacional que servirá como base para la elaboración de directrices para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos.

3. CONTEXTO HISTÓRICO Y TERRITORIAL.

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL TERRITORIO BOLIVIANO.

Bolivia es un país situado en el centro de la región de América del Sur, entre los paralelos 9° y 23°, y en el hemisferio occidental, entre los meridianos 57° y 70°. Con una superficie de 1.098.581 Km² y una población de 8.274.325 habitantes (INE 2001), tiene fronteras con Brasil al norte, con Paraguay y Argentina al sur y con Perú y Chile al oeste. A pesar de no contar en la actualidad con ningún borde costero, se sitúa en la región de mayor biodiversidad del mundo, la andina tropical, formando parte una gran superficie de su territorio a la cuenca del Río Amazonas.

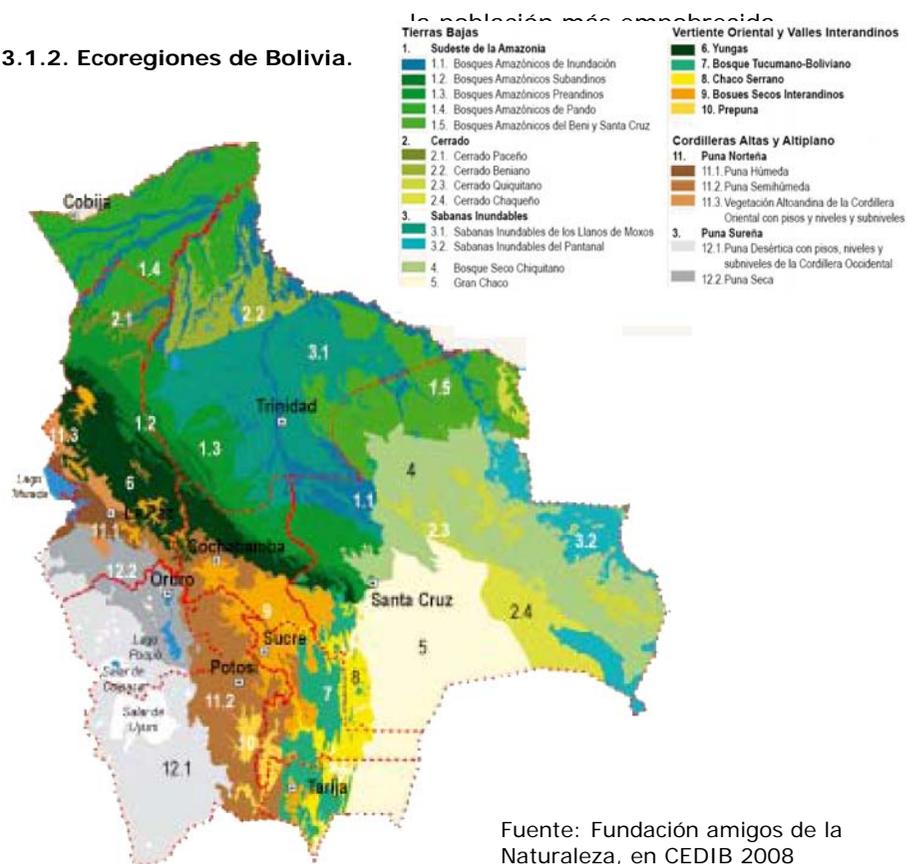
Por sus características geográficas, se suele dividir a Bolivia en tres regiones bien diferenciadas:

- Las tierras Altas (Altiplano): ocupa cerca de la tercera parte del territorio, situándose sobre los 3.000 m de altura en la parte suroeste del país. Se caracteriza por un clima seco y más bien frío, aunque con variaciones entre la noche y el día. Se trata de una zona que tradicionalmente ha estado muy densamente poblada. En ella se sitúan los departamentos de Potosí, Oruro y La Paz. Con una economía basada principalmente en la minería, es en la actualidad la región que concentra a

Fig. 3.1.1. División de Bolivia en Departamentos.



Fig. 3.1.2. Ecoregiones de Bolivia.



- Las tierras Medias (los Valles): Los valles interandinos se conforman como un territorio de transición hacia la amazonía. Con alturas que van desde los 3.000 hasta los 1.800 msnm, tienen en la mayor parte del año climas muy templados, con lluvias que se concentran en la época estival. Podemos situarlas principalmente en el área norte de La Paz (conocida como Los Yungas), Cochabamba, Chuquisaca y Tarija. La agricultura ha sido la actividad más desarrollada gracias a la fertilidad de sus tierras.

- Las tierras Bajas (los Llanos): ocupando aproximadamente el 60% del territorio boliviano, se trata de una zona de baja densidad poblacional caracterizada por la presencia de grandes ríos y una apabullante vegetación tropical, con una altura media de 200 msnm. El clima es caluroso y húmedo durante todo el año, siendo especialmente intensas las lluvias en verano. A ella pertenecen los departamentos de Santa Cruz, Beni y Pando. Siendo importante la actividad agraria y ganadera, sin duda es la región más rica del país gracias a los yacimientos de hidrocarburos que allí se concentran.

Como podemos observar, Bolivia es un país caracterizado por una gran riqueza y diversidad natural que se refleja, no sólo en la variedad de paisajes y recursos disponibles, sino también en la diversidad de formas culturales que, a pesar de las constantes injerencias foráneas, se conservan en el carácter de su población nativa.

3.2. PROCESOS HISTÓRICOS, CULTURALES Y POLÍTICOS EN BOLIVIA.

Es un hecho que la vida social, cultural e incluso política de Bolivia está en la actualidad aún muy influenciada por las culturas originarias, principalmente la aymara y quechua, que son los grupos más numerosos y representativos. Provenientes originalmente del área occidental del país, sus modos de vida se encuentran muy interiorizados en gran parte de la

población, sobre todo en las regiones del Altiplano y los Valles. Es en este sentido que nos parece fundamental realizar un breve recorrido por la historia precolonial de la zona andina para comprender la realidad en la que se sitúa este país en la actualidad.

3.2.1. Fenómenos civilizatorios y urbanos en la cultura precolonial.

Prehistoria

En la época del Pleistoceno, la mayor parte del Altiplano se encontraba cubierta por extensas masas de agua que darían lugar a dos grandes lagos, el lago Ballivián (predecesor del Titicaca) y el lago Michín (precursor de Poopó). Los primeros pobladores de la zona se asentaron en las comarcas ribereñas de los grandes lagos, con microclimas más benignos. De estos pueblos surgen en el Neolítico los *Urus*, un grupo étnico muy importante cuyos descendientes continúan viviendo hoy en los alrededores del lago Poopó. Emparentados con estos encontramos a los *chipaya*, que también hasta nuestros días viven en la desembocadura del río Lauca, cerca al Salar de Coipasa, considerados como el pueblo originario que al culto al sol, la luna y el agua añadió el de la *Pachamama* (madre tierra) (D.A., D.J. y J.D.Y., 1992).

A los *Chipaya* le siguen las culturas *Wankarani* y *Chiripa*. Vivieron en torno al 1200 a.C. en los alrededores de los lagos, con una economía basada en la pesca, la ganadería y la agricultura. De los *Wankarani* procede la organización económica y social basada en *ayllus* (grupos de familias), que después se desarrollaría ampliamente en la cultura Aymara.

Imperio de Tiahuanacu

Paralelamente a esta época encontramos la cultura de *Tiahuanacu*, cuyos orígenes remontan a 1580 AC. Siendo una de las culturas más importantes dentro de la historia andina, tanto por su duración (hasta 1200 d.C.) como por su significación, podemos encontrar tres periodos dentro de esta civilización: periodo aldeano, que se prolonga hasta el siglo I y corresponde a los años en los que prácticamente era una pequeña aldea; el periodo urbano, desde el siglo I hasta el siglo VII d.C., en el que la aldea se convierte en un lugar ceremonial en torno al que se desarrolla la ciudad. En esta época comienzan a extenderse los dominios y a diversificarse la economía, además de consolidarse una estructuración de la sociedad basada en la especialización del trabajo y de las funciones dentro del estado; finalmente en el periodo imperial (s. VIII al XII) en el que se produce la gran expansión de esta cultura, que llegó hasta Perú y Chile. Las construcciones monumentales erigidas en este periodo nos hacen pensar en el principio del fenómeno urbano en el área andina. (D.C., M.G., 2007).

Por otro lado, la expansión del imperio trajo consigo necesariamente una evolución de la organización estatal y social, además de la intensificación del intercambio de saberes y fuerza de trabajo. Según los historiadores, no se trataba de un pueblo guerrero, sino que más bien incorporaban a los pueblos respetando sus prácticas religiosas propias. Su espacio de dominio no se delimitó al Altiplano, sino que también establecieron relaciones con los habitantes de los valles del noroeste del país (*yungas*), llegando a importantes niveles de perfeccionamiento del comercio y la ciencia, especialmente la astronomía.

En la ciudad de Tiawanaku, capital de imperio, encontramos la construcción de la pirámide de Akapana, el Templo de Kalassasaya y otras construcciones representativas, entre las que destaca la Puerta del Sol. Llama la atención la utilización para la construcción de piezas de bronce

(metal del que tenían muy buen manejo) en forma de grapas para la unión de los sillares de piedra, así como la existencia de sistemas de drenaje urbano, tal y como observamos en las imágenes.

En el siglo XII se produce la desaparición del imperio Tihuanacota. Sin una explicación clara aún para este hecho, parece que una gran sequía podría haber provocado la migración de sus habitantes hacia otras zonas.



Arriba, vista de Tihuanaco con la pirámide de Akapana; abajo izq. sistema de drenaje; y abajo dcha. Observamos los huecos sobre los que se vertía el bronce de las grapas para la unión de sillares.



Señoríos Aymaras

Es a partir de este momento que se produce la división del territorio en los denominados *Señoríos Aymaras*, que vivirían en torno a los lagos Titicaca y Poopó junto con *Urus* y *Choqueles* y también en las zonas del valle de Cochabamba con la etnia de los *Moza*. Durante esta época se mantuvieron las relaciones entre esas regiones, que se organizarían económica, ecológica y simbólicamente en cuatro partes a través de tres líneas fronterizas: *Urcosuyo*, *Omasuyo* y *Collasuyo*, dispuestos en franjas paralelas a la costa Pacífica. De esta manera, se establecen relaciones entre los miembros de distintas zonas ecológicas que se complementan en el intercambio de productos. Estas relaciones de complementariedad dentro del sistema vertical de pisos ecológicos es una de las características más importantes de la organización social y económica aymara que hasta hoy día se mantiene.

La organización social del territorio se basaba también en los *ayllus*. La base de la organización es la unidad familiar, que junto con otras unidades, normalmente de descendencia endógama, forman el *ayllu menor*. El *ayllu mayor* (que en sí representa una mitad o parcialidad) está formado por un número indeterminado de familias, denominándose *aransaya* y *urinsaya* cada una de estas mitades, que a su vez pertenecen al *ayllu máximo* o *señorío aymara*. Este modelo organizativo social y territorial tiene un importante grado de correspondencia con la estructura actual.

Imperio Incaico

En el S. XV el recién constituido imperio incaico logra acceder al área de los señoríos aymaras, llegando a tener una extensión que llegaba a Ecuador, Bolivia, Perú y el norte de Chile y Argentina. Estaba también dividido en cuatro regiones: *Chinchasuyo* (en torno a la capital, Cuzco),

Cuntisuyo, *Antisuyo* y *Collasuyo*. Hay muchas leyendas sobre el origen de los Incas, aunque suelen coincidir en que son Manco Capac y Mama Ocllo, dos hermanos y esposos, enviados por su padre Inti, el dios Sol, los que fundan el reino. Nacidos en la Isla del Sol, en el lago Titikaka, reciben el mandato de fundar una ciudad allí donde se hundiera en la tierra el bastón de oro que les había dado su padre. Ese lugar fue la ciudad de Cuzco, que significa ombligo del mundo. (Classen-Bauer, 1991).

Los Incas respetaron las formas de organización en *ayllus* de los aymaras, aunque intensificaron y reorganizaron el cultivo de maíz, apoyados sobre todo en la red de caminos que cruzaban y vinculaban todo el imperio. Esta red de caminos puede ser recorrida hasta la actualidad y de hecho configura las redes de comunicación de los pobladores de las zonas más remotas de esta región. Se pueden observar las construcciones de muros de contención y rellenos, escalinatas y acequias que conforman toda la infraestructura generada en torno a estos caminos empedrados.



El Camino del Choro, una de las vías incas conservada en la actualidad en el departamento de La Paz.

3.2.2. La Colonia

En el año 1534, los españoles consiguen conquistar Cuzco y con ello empezar a consolidar su presencia en la región. Se lanzaron entonces, liderados por Diego de Almagro, a la conquista del Callao (actual Bolivia) en la que fundaron ese mismo año la ciudad de Paria, en el actual departamento de Oruro. El sistema de colonización se basaba en la dominación política y religiosa, por lo que a la fundación de esta ciudad le siguió la llegada de la Iglesia, que comenzaría su labor de “evangelización”.

La región cobra importancia desde el comienzo de la colonia tras el hallazgo de las importantes minas de plata en Potosí. De esta manera, la región de *Charcas* se convierte en la mayor productora de este metal en el mundo. La segunda fuente de riqueza la constituían los *ayllus*, sistema de organización heredado que se mantuvo durante toda la colonia, pero en el que se establecieron sistemas de trabajos forzados, sobre todo a través de la imposición de desorbitados impuestos. Potosí se convierte en el gran centro económico de la región, siendo en el s. XVII una de las ciudades más pobladas del mundo con 160 mil habitantes. La segunda era Chuquisaca, sede de la Real Audiencia, y finalmente La Paz, fundada en 1548 para “pacificar” y controlar la ruta entre Lima y Potosí. Cochabamba, Tarija y Santa Cruz son fundadas en lugares estratégicos para lograr articular el territorio (D.C., M.G., 2007).

El trazado de ciudades se ejecutó atendiendo a la adecuación al clima, al abastecimiento y a la distribución del territorio, introduciéndose como práctica de la utopía renacentista, mezcla del campamento romano y de un nuevo orden claro y riguroso que en Europa no tenía antecedentes. (Medeiros, G. 1992). Era en las ciudades donde la presencia de la colonia era patente, siendo los lugares desde donde se gobernaba el territorio rural y se establecían las conexiones con el exterior. Este hecho se refleja

claramente en la forma urbana y arquitectónica. Las ciudades capitales cuentan todas ellas con una plaza fundacional que sirve de origen a la trama en damero del centro urbano. En esta plaza encontramos grandes edificios de estilo colonial en los que se localizan las instituciones de gobierno y la Catedral.

Organización social y política en la Colonia

En las primeras épocas, los procesos de dominación se basaron necesariamente en las antiguas estructuras de organización social y territorial indígena (*ayllus*), de naturaleza espacial discontinua. En 1575 el virrey de Toledo implementa su política de *reducciones*, en base a la cual la población que hasta entonces vivía dispersa en el territorio fue obligada a concentrarse en *pueblos*. Los jefes de las etnias locales fueron reconocidos a cambio de participar en las nuevas políticas de asentamiento, la organización de los trabajos forzados en las minas y el cobro de tributos. Se puede suponer que incluso la corona española reconoce el derecho de poseer tierras en calidad de *originarios* a algunas comunidades a cambio de su colaboración en la gestión y atención de los *tambos*, lugares desde los cuales, siguiendo el modelo practicado por los Incas, se gobernaba a los comunarios que vivían en el entorno (D.A., D.J. y J.D.Y., 1992).

De esta forma, la administración estatal de la Colonia no estaba directamente en contacto con las masas de indios, sino que se dejaba en manos de las autoridades locales (*kurakas*) la relación de la corona con los *ayllus* y la organización interna de los mismos. Los *kurakas* eran autoridades que provenían de aquellas nombradas por el Inca para el gobierno de los *ayllus*, de modo que su legitimación se asentaba de un parentesco biológico y/o simbólico con los antecesores no coloniales. El contacto entre la administración colonial y la andina se realizaba a través del corregidor, representante local de la corona (D.A., D.J. y J.D.Y., 1992).

A través de este sistema de colaboraciones entre la élite indígena y el gobierno colonial, este último era visto por las masas indígenas como sucesor legítimo del Inca, mientras que el *kuraka*, como representante indígena de la corona, aseguraba a sus "subordinados" el derecho a la tierra y a la subsistencia, mientras que ante los colonizadores representaba la autoridad que defendía los intereses de los indígenas. Esta doble función, que no había sido prevista por ninguno de los dos sistemas de gobierno, generó una suerte de individualidad en los *kurakas*, cuya disposición hacía tender la balanza a favor de la defensa de unos u otros intereses según sus preferencias personales. Sin embargo, y a pesar de que este sistema de relaciones se mantuvo a lo largo de toda la colonia, el prestigio de los *kurakas* fue decayendo, ayudado por prácticas irregulares e incorrectas por parte de algunos de ellos que cobraban algunos impuestos ilegales a los *originarios*, siendo éstos a su vez explotados por la élite eclesiástica local.

Por otro lado hubo un crecimiento masivo de los *forasteros* (comunarios a los que la corona no había otorgado derecho propietario), para cuya administración y gestión los *kurakas* se apoyaban en los *originarios*, que si no recogían suficientes impuestos, debían cubrir los déficits con sus propios recursos. De este modo, cada vez más eran los *originarios* que, cansados de esta situación, decidían volver a sus lugares de origen, lo que condujo a una reorganización de la administración de las formas de vida y producción vertical ecológicamente diversificadas, que dejó de depender del control por parte de los *kurakas* y fue configurando relaciones de reciprocidad que cada vez más se apoyaron en la autogestión local.

La independencia

Los hechos descritos fueron también muy relevantes para la organización de las primeras rebeliones indígenas en el S. XVIII, que coinciden prácticamente en el tiempo con la Revolución Francesa y la independencia de Estados Unidos.

Los líderes indígenas, entre los que destacaron personajes como Tupaj Katari y Bartolina Sisa, consiguen sitiar importantes ciudades y poner en riesgo la continuidad del poder colonial, pero finalmente son emboscados y asesinados cruel y públicamente, de modo que su muerte supusiera un castigo ejemplificante para el resto de los originarios.

En 1809 se produce el levantamiento en Charcas, coincidiendo con la reciente invasión francesa del territorio español que había derivado en la Guerra de la Independencia. Esta circunstancia proporcionó la oportunidad de nombrar un gobierno autónomo en ese año. Éste y otros levantamientos fueron derrocados por los militares españoles, hasta la llegada en 1821 del ejército de Simón Bolívar y José San Martín, que ya habían tenido algunas victorias en el continente. Finalmente en 1825 los ejércitos realistas caen en Chuquisaca (hoy Sucre) frente al mariscal Antonio José de Sucre, proclamándose la independencia de Bolivia.

La nueva república adopta el nombre de su libertador, Bolívar, quien es elegido presidente y en este cargo redacta la primera constitución de Bolivia, en la que las mujeres y los analfabetos (en torno al 80% de la población, la mayoría indígenas) queda excluido del derecho al voto. (D.C., M.G., 2007).

Este hecho resulta revelador del gran componente colonial que aún tenía la independencia. A pesar de que la independencia boliviana estuvo fuertemente vinculada al debilitamiento del poder colonial producido gracias a las rebeliones de indígenas, fueron descendientes de españoles los que se establecieron como la nueva clase dominante del país.

3.2.3. El periodo republicano.

Siglo XIX: guerras y “caudillos bárbaros”

Tras lograr proclamar la independencia, Bolívar ocupa el poder por un año, siguiéndole Sucre y finalmente en 1829 el Comandante Santa Cruz. Este último dotó al país de legislación propia y mejoró la hacienda pública, pero se empeñó en una confederación con Perú que finalmente conduciría a una guerra con Chile y Argentina cuya derrota en 1839 significaría el fin de esta confederación y la salida del gobernante del país.

A este periodo siguió la denominada época de los “caudillos bárbaros” (Belzú, Velasco, Melgarejo...) que, utilizando el poder en su beneficio, llevaron al país a una sucesión de guerras que significaron la pérdida de al menos la mitad del territorio en unos 50 años. (D.C., M.G., 2007).

La primera de ellas fue la Guerra del Pacífico, en la que a pesar de aliarse con Perú, Chile vence a ambos y se hace con el control de la extracción del salitre en Atacama y con la extensión de territorio que llega hasta Arica en 1883, perdiendo así Bolivia su territorio en la costa pacífica. En la Guerra del Acre, contra Brasil, es el control del caucho en la región amazónica lo que provoca la disputa y la pérdida de parte de este territorio en 1904. Finalmente, la Guerra del Chaco contra Paraguay, a la que se une Argentina, sería la última gran derrota Boliviana y significaría la pérdida de esta región rica en minerales y petróleo. (D.C., M.G., 2007).

Primera mitad del siglo XX: liberales, socialistas y golpes de estado

Los primeros veinte años del siglo se caracterizan por convertirse Bolivia en uno de los primeros productores de estaño, lo que generó una oligarquía formada por familias beneficiarias de esta explotación (Patiño,

Holchschild...) y la consiguiente desigualdad social con respecto a los indígenas que continuaban siendo explotados en las minas. En estos años, los liberales ostentan el poder, realizando la secularización del estado y la mejora de las redes ferroviarias, telegráficas y eléctricas en el país.

Hasta 1951 se suceden una serie de golpes y contragolpes militares. Destacan de este periodo por la introducción de leyes sociales y de reforma los gobiernos de Hernando Siles y del Coronel Villarroel. Ambos tratan de establecer un mayor reparto de los beneficios de las minas a favor del Estado y de la resolución de los problemas sociales de las masas obreras, totalmente controladas por la minoría oligarca poscolonialista, ya no sólo española, sino europea y norteamericana. Promovido por Estados Unidos, en Julio de 1946 Villarroel es depuesto y ahorcado en la plaza Murillo después de casi tres años de gobierno a causa de sus pedidos sobre mejores precios para el estaño, que como aporte para la Segunda Guerra Mundial, Bolivia había estado vendiendo esos años a un precio “solidario”. Ese mismo año nacería en Panamá la trágicamente famosa “Escuela de las Américas”. (Gollinger, E. 2009) Comenzaría una nueva etapa del régimen oligárquico del Sexenio. (Escobar, F. 2008).

También en esta época toman fuerza los movimientos nacionalistas, indigenistas y socialistas, sucediéndose gran cantidad de protestas sindicales, y creándose finalmente por Víctor Paz Estenssoro en 1941 el Movimiento Nacional Revolucionario (MNR) que, con el apoyo de la Central Obrera Boliviana (COB), se harían con el poder tras la Revolución Nacional de 1952. La Revolución supuso, entre otras reformas, la nacionalización de las minas, que pasarían al control de la COMIBOL (Confederación de Mineros de Bolivia), la disolución del ejército y el reparto de tierras consecuencia de la Reforma Agraria.

Segunda mitad del s. XX: de la Revolución Nacional a la “narcodictadura”

Una estrepitosa caída del precio del estaño (según muchas teorías debida a la salida al mercado de las reservas estadounidenses de este metal, conseguidas, entre otras cosas, gracias al bajo precio al que Bolivia lo había vendido como contribución solidaria en los años de la Segunda Guerra), hace hundirse a Bolivia en una tremenda crisis económica. Consecuencia de ello, en 1960 el gobierno del MNR cae y llega al poder Siles Suazo, que comenzaría una política claramente pro-estadounidense, lo cual también acarrearía problemas con la izquierda y la vuelta al Poder de Paz Estenssoro (D.C., M.G., 2007). En total bancarota, este gobierno firmaría un convenio con Alemania, Inglaterra y EEUU denominado “Plan Triangular” para *ayudar* a la rehabilitación de la industria minera según el cual un representante del gobierno alemán se colocaría en la dirección de la COMIBOL, de cuyo seno debían ser desplazadas las corrientes comunistas para poder lograr que las minas fueran “rentables”. (Escobar, F. 2008). Muchos de los dirigentes mineros fueron arrestados y encarcelados. Este sería el principio de la transformación del MNR hacia el neoliberalismo.

En 1964 Barrientos, un militar extremadamente autoritario y populista (entre otras cualidades, hablaba quechua, lengua originaria campesina) da un golpe de Estado y sube al poder. A finales de 1966, Ernesto *Che* Guevara llegaría a Bolivia con la intención de comenzar una revolución que, tras derrocar a Barrientos, pudiera extenderse por el resto del continente para liberarlo de los dictadores que ostentaban el poder en gran parte de Sudamérica. El sindicato de trabajadores de la mina Siglo XX (una de las minas más importantes de la región) anuncia su apoyo a la guerrilla y se pone en huelga. Durante la noche de San Juan (una de las fiestas más importantes para los mineros) son masacrados por un escuadrón del ejército que llegaría camuflado en los vagones de un tren de mercancías (Escobar, F. 2008). Estos mismos soldados son los que meses

después, ayudados por oficiales y un grupo de Boinas Verdes norteamericanos, acorralarían a la guerrilla del Ché, que sería ajusticiado por orden directa de la CIA a Barrientos en Octubre de 1967. (Gollinger, E. 2009).

Tras el gobierno continuista de Luis Adolfo Siles, en 1970 sube al poder el General Juan José Torres, que junto a la conformada Asamblea Popular tratan de poner en funcionamiento un gobierno de izquierdas en la línea de la Revolución Rusa de 1917. Sin embargo al poco tiempo, el coronel Hugo Bánzer, apoyado por el MNR, la Falange Boliviana y el gobierno de EEUU, da un golpe de estado y sube al poder, imponiendo una sanguinaria dictadura que fue copartícipe del Plan Cóndor. A este golpe seguiría el de Pinochet contra el Chile de Allende y el de los militares uruguayos y argentinos. Ayudado por el alza de las materias primas, que permitiría remontar a la castigada economía boliviana, Bánzer consolidaría la lucha contra el comunismo comenzada por Barrientos a través de la llamadas políticas de *Seguridad Nacional* (Escobar, F. 2008).

Durante los siete años de gobierno, Bánzer, acompañado por un importante círculo familiar y militar, entre los que se encontraba el teniente coronel Arce Gómez, convierte el narcotráfico en uno de los negocios más boyantes del régimen. (Sagárnaga, R. 2009). La dictadura de Bánzer termina con la huelga de hambre más grande conocida en el país que, comenzando con cuatro mujeres mineras, se masificó hasta 1200 personas.

Entre 1978 y 1980 se sucedieron hasta cuatro gobiernos en el poder, siendo el último, el de la Unidad Democrática y Popular de Siles Suazo, el que gana las elecciones de Julio de 1980. 18 días después EEUU promueve un golpe militar dirigido por Luis García Meza y Arce Gómez (apoyados además por Bánzer) cuyo primer objetivo fue asesinar al diputado socialista Marcelo Quiroga Santa Cruz. (Gollinger, E. 2009). Este sería el primero de los 93 asesinatos, 27 desapariciones y 4.000 detenciones ilegales por las que los impulsores del golpe han sido

condenados por la justicia boliviana en 1993. En el bienio transcurrido hasta 1982, tres militares ocupan la presidencia de la República: García Meza, Guido Vildoso y Celso Torrelío, todos ellos implicados en un instructivo firmado por el primero de ellos en junio de 1981 por el que se asignaban “bonos de lealtad” a 25 altos mando militares en los que se repartía un total de \$US 2.180.000 (el equivalente a unos \$US 22 mill de la actualidad). (Sagárnaga, R. 2009). En ese mismo año, la administración Reagan financiaba la guerra contrarrevolucionaria en Centroamérica a través de actividades de narcotráfico hacia su propio país dirigidas por el My. Oliver North. (Gollinger, E. 2009). En la lista antes mencionada, aparece también como uno de los mayores beneficiarios el Coronel Faustino Rico Toro, que curiosamente sería nombrado jefe de la Fuerza Especial de Lucha Contra el Narcotráfico en 1992 durante el gobierno de Paz Zamora. (Sagárnaga, R. 2009).

Finalmente en 1982 se celebrarían elecciones democráticas, consignándose presidente Siles Suazo. Sin embargo, los duros años de dictadura habían resquebrajado la conciencia política obrera que acelera la salida del poder de este último y apresura la celebración de elecciones en mayo de 1985, en las que sale vencedor el coronel Bánzer, seguido muy de cerca por Víctor Paz Estenssoro. Ambos formarían el gobierno de coalición en el que se consumaría la capitalización del Estado boliviano mediante la aprobación de importantes leyes neoliberales: el D.S. 21060 y tres años después la Ley 1008, apoyados por instituciones internacionales como el Banco Mundial. (Escobar, F. 2008). La primera de estas leyes sienta las bases económicas del modelo neoliberal con unos elevadísimos costos para la mayoría de la población, como veremos en capítulos posteriores, y un papel cada vez mayor de las empresas transnacionales en el país (M.G., M.T., G.R., 2008).

Uno de los objetivos principales de estas leyes era lograr el cierre de la COMIBOL, que paralelamente sufría de nuevo la bajada de los precios

del estaño por debajo de un dólar cincuenta mientras el precio de producción se encontraba en seis (impulsada por los mercados manejados por empresas multinacionales y los países más poderosos). Los mineros, en huelga pidiendo la retirada del Decreto Supremo, se reúnen con el gobierno y llevan a cabo un acuerdo para la descentralización de las minas, con un plan que preveía la disminución al máximo de los costos y la “relocalización” de un gran número de mineros en otras fuentes de empleo (Escobar, F. 2008). En realidad se trató de un reajuste del sector minero que supone el despido de miles de trabajadores y uno de los principales motivos de la masiva migración interna que se produce en el país en estos años, que entre 1987 y 1992 provocó que más de cien mil personas salieron de las regiones mineras del occidente boliviano.

La última década del siglo XX serviría para culminar la capitalización y privatización de las empresas estatales (entre ellas la petrolera YPF a manos de Repsol) y de la seguridad social, la desregularización del mercado y la liberalización del comercio externo en los gobiernos de Paz Zamora (MIR) y Gonzalo Sánchez de Lozada (MNR). (Antequera, N. 2007).

Paralelamente, durante el gobierno de Jaime Paz el sentimiento de descentralización nacional cobra fuerza de nuevo, ya que desde principios del siglo XIX había estado presente con diferentes intereses y propuestas la federalización del estado. Es de este modo que, tras el nacimiento de los Comités Cívicos departamentales, estando en el gobierno Sánchez de Lozada empieza hablarse en el año 1993 de la descentralización municipal a través de la Ley de Participación Popular, que se aprobaría definitivamente al año siguiente. (Antequera, N. 2007).

Tras las elecciones de 1997 Bánzer llega de nuevo al poder a través de una gran coalición de partidos, en un país con altos índices de pobreza y muy castigado por la importante presencia del narcotráfico. Los colonos del trópico, migrantes procedentes de la deslocalización minera del año 1985 que se habían ocupado en la producción de la tradicional hoja de Coca, se

agrupan en seis federaciones, teniendo como objetivo defender este cultivo a pesar del narcotráfico, convirtiéndose cada vez en uno de los más fuertes conglomerados de movimientos sociales del país. En sus filas militaba el actual presidente Evo Morales Ayma.

Siglo XXI: final de una era y principio del cambio

Con la entrada del nuevo siglo, los procesos de privatización de los servicios dan lugar a grandes revueltas, destacando la denominada *Guerra del Agua* en el año 2000. En esta ocasión toda la población de Cochabamba se sublevó ante la privatización del servicio de aguas a través de la empresa de nueva creación Aguas del Tunari, con sede en Holanda y un 80% de capital internacional manejado por tres grandes multinacionales: una estadounidense (Bechtel), una italiana (Edison) y una española (Abengoa) (Kruse, T. 2002). Esta revuelta, que llevó al Estado de Sitio y consiguió la derogación de dicho contrato, fue el preludio del abandono del poder por Bánzer a causa de una enfermedad. Es en esos años que el propio exdictador apuesta ahora grandes esfuerzos por la erradicación de la hoja de coca, demandada por EEUU. (Sagárnaga, R. 2009).

En el año 2002 Gonzalo Sánchez de Lozada llega de nuevo al gobierno en alianza con Paz Zamora, quedando en segunda posición el recién aparecido en la escena política Movimiento al Socialismo, a la cabeza del líder cocalero Evo Morales. En declaraciones públicas, el embajador norteamericano Manuel Rocha había amenazado con suspender la “ayuda” norteamericana en caso de que Evo fuera elegido presidente (Gollinger, E. 2009). Durante este periodo se extreman las medidas de privatización y las políticas neoliberales.

Llegado el mes de Septiembre de 2003, el frustrado proyecto de exportación de gas natural boliviano a los mercados norteamericanos (México y Estados Unidos) a través de un gaseoducto construido por Chile,

se constituye como la última ofensiva del proceso de privatización de YPF y la nueva Ley de Hidrocarburos. Además del rechazo a lo que se consideraba un saqueo a los recursos naturales de Bolivia, el cuestionamiento popular tuvo a su vez un carácter nacionalista, ya que se oponía al hecho de que el gas fuera transformado y comercializado en los puertos chilenos, debido al gran arraigo popular que tenía entonces el rechazo a cualquier acuerdo comercial con el país vecino (M.G., M.T., G.R., 2008). Frente a los desesperados intentos de las trasnacionales por convencer a la opinión pública boliviana de las bondades de estos acuerdos, los movimientos sociales contrarios a las privatizaciones neoliberales comenzaron a cobrar fuerza, produciéndose finalmente la que se denominó como la *Guerra del Gas*, cuya victoria popular obligó a Sánchez de Lozada a huir a Estados Unidos, quedando al cargo del país su vicepresidente, García Mesa. Este resurgir de movimientos populares dio lugar también a la que se conoce como la *Agenda de Octubre*, en la que se recogieron las exigencias a partir de las cuales los bolivianos pretendían construir una nueva etapa.

Es de este modo, que el gobierno debilitado de Mesa se ve obligado a convocar elecciones en Diciembre de 2005, en las que sale triunfador el MAS, partido del actual presidente, Evo Morales Ayma. En Mayo de 2006 comienza el proceso de *nacionalización* (o renegociación de contratos) con las empresas petroleras que explotaban recursos en el país. Al poco tiempo se conforma la Asamblea Constituyente, cuyo objetivo era cumplir con una de las exigencias de la Agenda de Octubre, la redacción de una nueva constitución. Tras un tortuoso proceso, la Nueva Constitución Política del Estado Boliviano es aprobada finalmente en referéndum el 25 de Enero de 2009. A partir de este momento, en Bolivia ha comenzado un proceso de reorganización del Estado en base a las distintas formas de autonomía reconocidas en el texto, y de reforma legislativa, con el objetivo de adaptar las leyes existentes a la nueva Constitución y a los derechos y deberes en ella reconocidos.

3.3. URBANIZACIÓN CRECIENTE EN EL MUNDO Y EN BOLIVIA.

3.3.1. Hacia un Mundo urbanizado.

Desde el comienzo de la industrialización en el s. XIX, los procesos de concentración de la población en núcleos urbanos se han disparado de forma exponencial conforme han pasado los años. En 1800 tan sólo el 1% de la población habitaba en ciudades, entre 1900 y 1950, mientras que la población mundial crece un 49%, la urbana lo hace un 240%. De mil millones de urbanitas en 1961 pasamos a tres mil millones en 2003, y se estima que para 2030 habrá unas 5 mil millones de personas viviendo en áreas urbanas, lo que supondrá casi dos tercios del total de la población.

CUADRO 3.1. Población en el Mundo (mill.)							
Año	1800	1900	1950	1975	2000	2005	2030
Pob. Total	900	1600	2.520	4.070	6.090	6.460	8.200
Pob Urb.	1%	13%	29%	37%	47%	49%	60%

Fuente: World Urbanizations Prospect. Naciones Unidas. 2006.

Unido a este crecimiento de la población, se ha producido también un espectacular crecimiento de la riqueza global, aunque con una distribución cuyo grado de desigualdad no había sido tan profundo antes. Según el Banco Mundial (BM) en la actualidad el 1% de la población acumula la misma riqueza que los 2.700 mill de personas más pobres.¹ Esta circunstancia se produce con la particularidad de que la pobreza y la desigualdad se concentran en las ciudades, siendo ambos procesos (de urbanización y de desigualdad) especialmente significativos en los países

empobrecidos de Asia, América Latina y África.(R. de C; P.G. y M.S., 2004.).

De esta manera, de las 20 megaciudades de más de 10 mill de habitantes existentes en el año 2005, 15 se encontraban en estos países. Asia destaca por ser el continente más poblado, siendo la densidad la característica más notable en el área del Sudeste Asiático. Sin embargo, es en América Latina donde las desigualdades son más notables, mientras que en África se dan las situaciones de violencia y pobreza más extrema. En estos dos últimos continentes, el éxodo rural se ha visto muy condicionado también por las políticas de "ajuste estructural" del FMI. (Op. Cit. 2004).

Aunque en cada continente existen particularidades, son también comunes los problemas existentes en estas regiones provocados por los procesos de urbanización de la pobreza. Según el informe de Naciones Unidas del año 2003, mil millones de personas viven en la actualidad en asentamientos precarios, carentes de servicios básicos de agua, saneamiento o recogida de residuos, muchas veces sin electricidad y con graves deficiencias en los servicios de salud y educación.

En la actualidad, las áreas urbanas se constituyen como la base espacial que sirve de plataforma de consolidación de los procesos de globalización, configurándose como centros de operaciones dentro de redes territoriales que permiten establecer la participación en los mercados globales a través de la relación local-global, permitiéndose así un ordenamiento del territorio en base a intereses privados. Según planteaba el BM en 1990, la nueva política urbana debe contemplar el incremento de la productividad urbana mediante el mejoramiento de la infraestructura urbana, con mayor participación del sector privado; la estructura normativa, para aumentar la eficiencia del mercado; la capacidad técnica y financiera de las instituciones municipales; y los servicios financieros para

¹ Human Development Report. 2003. También en www.worldbank.org/poverty.

el desarrollo urbano². Dentro del contexto de la crisis de los Estados-Nación y la proliferación de la aplicación de “medidas de ajuste estructural” en la economía de estos estados bajo criterios neoliberales, las ciudades empiezan a configurarse como los espacios más calificados para la nueva economía globalizadora.

Mientras tanto, las políticas de “erradicación de la pobreza” desde los primeros años del siglo XX se han basado en la eliminación literal de personas y barrios de áreas más céntricas, desplazándolos hacia los alrededores del núcleo urbano, donde no existe ningún tipo de infraestructura. En torno a los años 50, los Estados comienzan políticas de construcción de barrios de viviendas sociales en estos cinturones periféricos, con grandes problemas de hacinamiento y mala calidad de la edificación, que continúan en las décadas siguientes.

Sin embargo, es en esta misma época, que el arquitecto J. Turner, que trabajaba en las comunidades locales de Lima, plantea la necesidad de rehabilitar los barrios existentes a partir de las capacidades de autoorganización de sus pobladores. (Op. Cit. 2004). Existen desde entonces ejemplos de barrios que superan su condición de pobreza gracias a la intervención en dos campos fundamentales: el reconocimiento de la propiedad de la vivienda, que da seguridad a los habitantes, y programas de implementación de servicios básicos basados en la capacidad de autoorganización y la ayuda mutua de sus moradores.

3.3.2. Urbanización en América Latina.

La región de Latioamérica es en la actualidad la segunda más urbanizada del Mundo con un 77% de población en las ciudades, tan sólo superada por Norteamérica con un 80,8%, y se estima que para 2030

² *Política urbana y desarrollo económico: un programa para el decenio de 1990*. Banco Mundial. Washington, 1991. (en Benavides, E. 2006).

alcance con un 84% de población urbana (Naciones Unidas, 2006). Habiendo experimentado el proceso de urbanización más acelerado de todos, América Latina se caracteriza sin embargo por tener no sólo megaciudades con millones de habitantes, sino también miles de centros urbanos de población superior a 10.000 habitantes extendidos por todo el territorio, principalmente dentro de las áreas de influencia de estas grandes concentraciones urbanas. Esta particularidad implica un importante factor de amenaza hacia ecosistemas muy valiosos por todo el continente. (CEUR, 1996).

Desde el S. XV, el desarrollo urbano de este continente ha estado condicionado por la explotación de recursos naturales y la mano de obra local por y para el beneficio de los capitales foráneos. Después de la Segunda Guerra Mundial, la inversión selectiva de capitales extranjeros en áreas rurales comenzó a expulsar aceleradamente a los pobres, convirtiendo a las ciudades no sólo en zonas de atracción, sino en “zonas engendradoras” de pobreza. Desde los centros urbanos, la élite local y extranjera ejercería el control sobre el territorio nacional y establecería las conexiones con el exterior (CEUR, 1996). Sin embargo, la dislocación entre la urbanización, la industrialización y la escasa modernización agraria impediría que los excedentes laborales agrarios fueran absorbidos por el trabajo industrial. (Antequera, N. 2007).

Se da en esta época una espectacular proliferación de las llamadas “Villas miseria” en torno a las principales ciudades del continente, que tratan de ser reemplazadas a través de la iniciativa estatal por conjuntos habitacionales en algunos países, pero sin que se consigan grandes logros en este sentido. Llegando a las últimas décadas del siglo, la incorporación de los estados a las políticas neoliberales genera un paulatino abandono de la responsabilidad hacia el problema de la vivienda, los servicios básicos y los derechos sociales, transfiriendo al mercado la responsabilidad de provisión de los servicios habitacionales (Antequera, N. 2007).

Paralelamente, los ya mencionados procesos “globalizadores” implican la asociación de las ideas de “progreso y modernidad” con la adopción de patrones culturales y de consumo occidentalizados. Esto, unido al escaso grado de desarrollo tecnológico que las condiciones de explotación impuestas por las transnacionales extranjeras generan, provocan la “necesidad” constante de consumo de productos y tecnologías importadas de países industrializados, con las desventajas derivadas de las diferencias económicas existentes entre ambos mercados.

Esta cultura del desarrollo, impuesta a su vez a través de la industria de la información y la publicidad occidentales, se manifiesta también en la transformación de la estética urbana. De esta manera, proliferan grandes obras de infraestructuras, normalmente concentradas en las áreas donde reside la población más acomodada, construidas con dinero público que, con criterios que responden a los intereses de los grupos de poder, dan continuidad a la situación de degradación de las áreas donde no existen las mínimas condiciones de habitabilidad para las masas obreras que viven en la ciudad, normalmente en lugares periféricos, con topografías complejas e incluso en situaciones de riesgo.

La realidad de las áreas urbanas en América Latina al entrar en el siglo XX, gracias a las políticas practicadas desde mitad de los años 80, se caracteriza por (CEUR, 1997):

- La ubicación de talleres industriales de ensamblaje de productos importados dentro de una cadena transnacional de producción.
- La continua absorción de población de las áreas rurales expulsadas por la presión ejercida por las multinacionales del “agrobusiness”.
- Ausencia de reglamentos y sistemas de control ambiental que permiten la constante degradación del medio y deposición irregular de desechos por el asentamiento de industrias

contaminantes, atentando contra la salud de las poblaciones vecinas.

- Privatización de las empresas públicas y los servicios básicos, limitando el acceso a los mismos de las poblaciones con escasos recursos.
- Control de la economía por empresas extranjeras gracias al “marco de apertura” que las reformas estatales introdujeron bajo el esquema del neoliberalismo.

Según Jorge E. Hardoy manifestaba en 1992: *“Los países de América Latina tienen pocas opciones(...) o se les da a los pobres la oportunidad de incorporarse al desarrollo de sus naciones y luego a contribuir con un crecimiento económico y social más duradero (...) o estos países pueden hundirse en lo que algunos autores han llamado el continente de la eterna desilusión”*³. Es en base a estas premisas que en los últimos años se han dado movimientos de empoderamiento de las clases más populares en estos países, produciéndose un viraje en las políticas interiores y exteriores en las que se establece como prioridad la atención a las necesidades básicas de esa gran mayoría de la población hasta ahora desatendida, con una línea incipiente de políticas que parecen apostar por la inversión en iniciativas nacionales de producción y relaciones comerciales con los países de la región.

Según en informe de Naciones Unidas de 2006, no se debe ver el proceso de urbanización como algo meramente negativo, ya que permite a la población el acceso a servicios y a la dinámica económica propia de los centros urbanos. El desafío del siglo XXI es ofrecer una respuesta creativa a las oportunidades que ofrece esta situación (Naciones Unidas, 2006).

³ *“La situación de la infancia y la ciudad”*. Documento de trabajo para UNICEF. Borrador. 1992. (en CEUR, 1996).

3.3.3. Proceso de urbanización en Bolivia.

En Bolivia, los fenómenos migratorios internos en base a las políticas públicas y las dinámicas económicas han caracterizado en gran medida los procesos de concentración de población en el territorio.

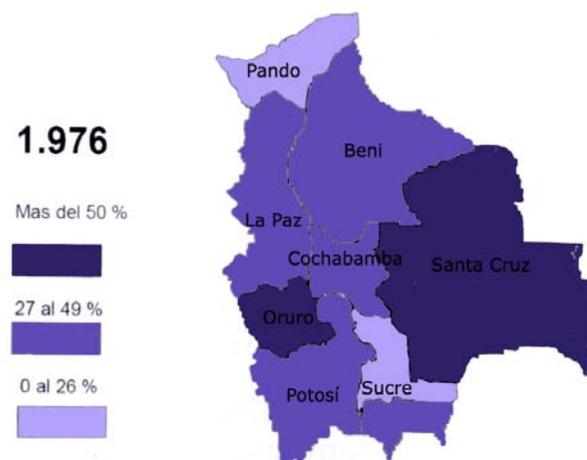
En periodos anteriores a la República, la actividad y la población se concentran principalmente en el área altiplánica. La situación de la ciudad de la Paz en el camino hacia Cuzco, y la concentración en el altiplano de las minas de oro, plata y estaño, que durante el periodo colonial constituyen el principal recursos para la economía, hacen que se atraigan importantes flujos de población, ya sea de manera voluntaria o forzada, dada la necesidad de mano de obra que durante toda esta época requirieron las minas. En términos demográficos, destaca la predominancia rural y una jerarquía urbana concentrada en la ciudad La Paz (Ledo, C. 2005), que se va consolidando como centro de relaciones económicas, comerciales y políticas. Le siguen en importancia las ciudades mineras de Oruro y Potosí. En el área de Cochabamba, la importante producción agraria para el abastecimiento del área minera genera también un destacable fenómeno urbano.

Llegados a la segunda mitad del S. XX se produce la Revolución Nacional de 1952, en la que se genera una política de estado denominada "la conquista del oriente", que se planteaba como un objetivo estratégico la diversificación económica mediante la ampliación de la frontera agrícola en el oriente boliviano frente a la caída del sector minero en los mercados internacionales. Los movimientos poblacionales dirigidos permitieron incorporar y ampliar los sectores productivos, dando lugar además a uno de los centros más dinámicos económica y poblacionalmente en base a la explotación de los recursos naturales, la ciudad de Santa Cruz. Como parte de esta política, se construye en esta época la infraestructura caminera que

une occidente y oriente, y que en la actualidad se conforma como el eje principal de concentración de población y actividad del país.

Según el censo nacional realizado en 1976, los dos departamentos más urbanizados en ese momento son Oruro y Santa Cruz, ambos con más del 50% de su población viviendo en ciudades, reportando además que el 40% del total de personas que habían cambiado de región se había dirigido a los llanos (Benavides, E. 2006).

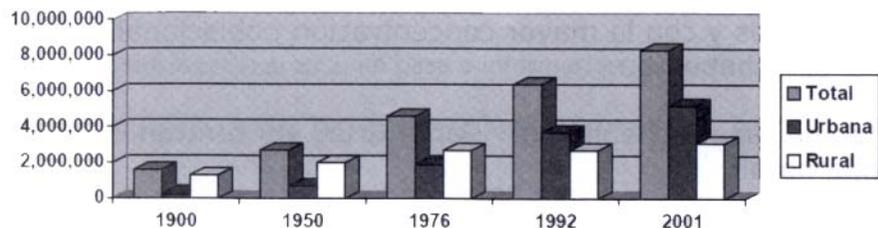
Fig. 3.3.1. Nivel de urbanización 1976.



Fuente: Benavide, E 2006. Datos del Censo de población 2001. INE.

Tras la crisis del modelo nacionalista, la implementación de la Nueva Política Económica en los años 80, el proceso de "relocalización" tras el cierre de las minas y los programas de ajuste estructural, han dado lugar a un mayor crecimiento urbano y la concentración de la población en las tres principales ciudades: La Paz, Cochabamba y Santa Cruz.

Fig. 3.3.2. Incremento de la población por periodos censales.



Fuente: Benavide, E. 2006. Ministerio de Desarrollo Sostenible. 2004.

De esta manera, en la década de los noventa se produce la definitiva reversión de la predominancia rural, finalizando con índices del 64% de población en ciudades. Sin embargo, se detecta a su vez la presencia de ciudades intermedias que equilibran el efecto espacial en el territorio. El crecimiento urbano es alto y su efecto territorial descontrolado, pero también el surgimiento y consolidación de las ciudades intermedias (Benavides, E. 2006). En toda esta época, ha sido en el Oriente donde principalmente han crecido los núcleos urbanos, mientras en el Occidente algunas ciudades desaparecieron o vieron notablemente disminuida su población.

El presente de los procesos urbanizadores

En la actualidad, tres de los nueve departamentos conservan características predominantemente rurales, es el caso de Pando, Chuquisaca y Potosí. Mientras, el 76,55% de la población urbana del país se concentra en los departamentos de La Paz (30,05%), Cochabamba (16,58%) y Santa Cruz (29,92%) (Benavides, E. 2006).

Fig. 3.3.3. Evolución demográfica según área de residencia(1900-2010)

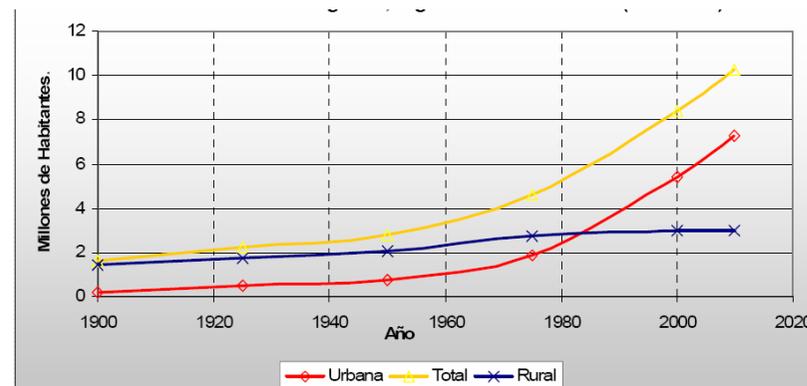
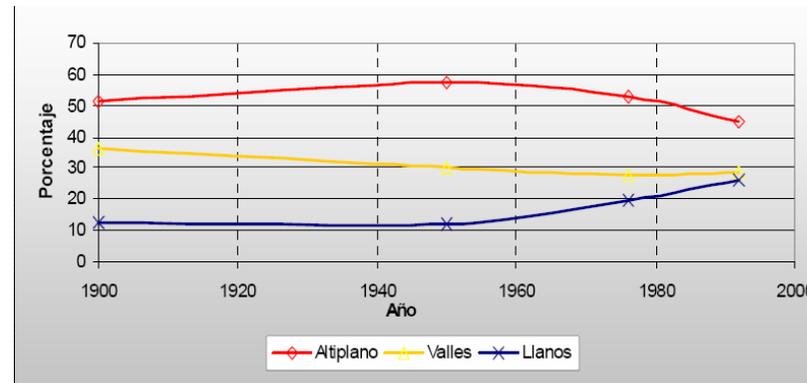


Fig. 3.3.4. Distribución de la población según regiones ecológicas.



Fuente: Ledo, C. 1999 en Bertoni, J.C. 2009.

Respecto a los procesos de migración interna, es Santa Cruz el departamento que cuenta con mayor número de migrantes, acogiendo al 40,2% de ellos en el año 2001, lo cual supone un 25% del total de su población. Le sigue en importancia Cochabamba, que recibe al 22% de los migrantes, conformando el 19% de sus habitantes. En tercer lugar se encuentra La Paz, en la que el 6,53% de la población proviene del exterior del departamento (Fig. 3.3.6.).

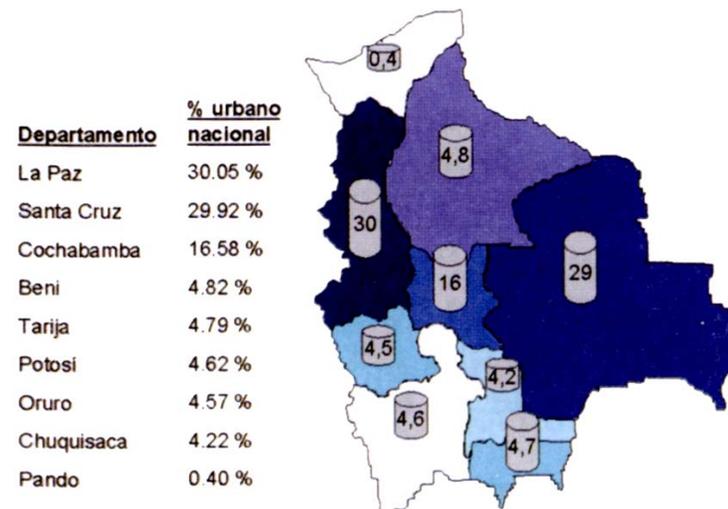
Según las estimaciones, en dos décadas las tres zonas metropolitanas concentrarán casi dos tercios de la población total del país. Sin embargo, esta acelerada emergencia de áreas urbanas no está siendo acompañada de estrategias de acción para abordar los problemas que la urbanización trae consigo. (Antequera, N. 2007).

Según indicadores económicos, las tres ciudades tienen los índices de desarrollo más altos del país. Sin embargo detrás de estas cifras se encubren las grandes diferencias existentes en su interior, ya que en las zonas suburbanas se concentra una gran masa de población que vive en condiciones de extrema pobreza, principalmente formada por población indígena migrante. Así, el quinto más rico en las ciudades tiene un ingreso catorce veces superior al quinto más pobre. (Ledo, C. 2002).

Las inequidades económicas y procesos de segregación urbana se han visto acelerados también por políticas económicas y sociales derivadas de los ajustes estructurales implementados en Latinoamérica en los años 90, que supusieron la privatización de empresas estatales, el desmantelamiento de los servicios básicos y la reducción de aquellos servicios públicos que no eran atractivos para la privatización (Antequera, N. 2007).

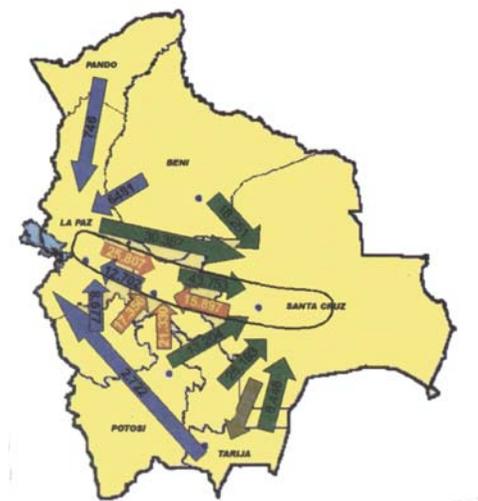
En esta época se desarrolla también la denominada Ley de Participación Popular, que si bien proponía el objetivo de *acercar* la intervención del Estado a los ámbitos municipales, en la práctica no ha tenido una incidencia real en la resolución de estos problemas. A la vez que

Fig. 3.3.5. Nivel de urbanización 2001.



Fuente: Benavide, E. 2006.

Fig. 3.3.6. Flujos migratorios internos 1996-2001



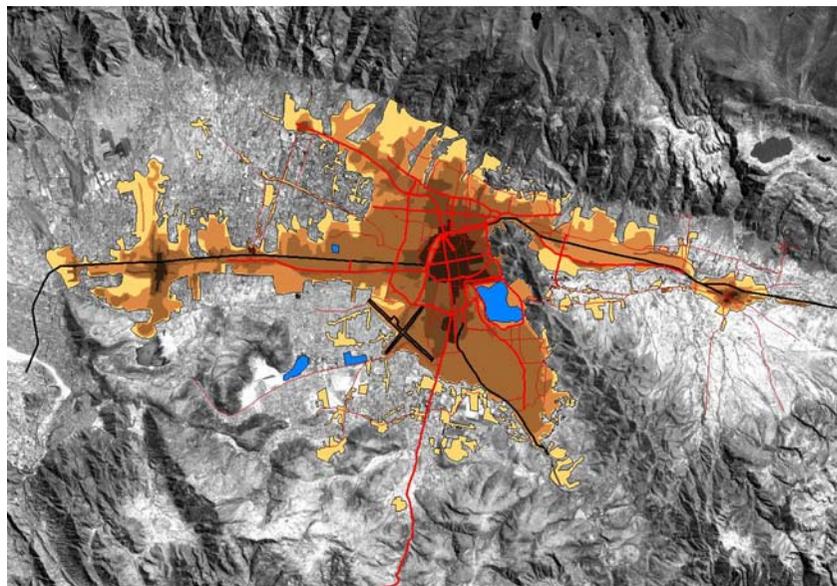
Fuente: Benavide, E. 2006.

se han aumentado los ingresos municipales, también lo han hecho las competencias, y en base a la débil capacidad de gestión de estos órganos de gobierno, la planificación a nivel municipal se vuelve estrecha y carente de una visión integral (Antequera, N. 2007). Los planes de desarrollo y ordenación territorial han quedado muy obsoletos y recientemente están siendo reconsiderados en algunas ciudades como Cochabamba, aunque después de treinta años y con una realidad urbana amplia y dramáticamente superada respecto a los planes anteriores.

De esta manera, las planificaciones anuales (POA) se centran en la proyección de obras de infraestructura, principalmente en las áreas centrales de la ciudad, atendiendo demandas inmediatas con una perspectiva desarrollista carente de fundamentos y criterios de desarrollo integral y equidad social.

Por otro lado, es necesario mencionar que los tres procesos de desarrollo urbano más importantes del país no se restringen al ámbito municipal, sino que se constituyen verdaderamente como tres áreas metropolitanas cuyas poblaciones periféricas adquieren cada vez mayor importancia. Es muy relevante el caso del El Alto de La Paz, que nacido como barrio periférico de la ciudad central, ha sido conformado ya como municipio independiente cuya población prácticamente iguala a la de la capital, concentrando entre ambas casi 1,5 mill de personas (INE 2001). En el caso de Cochabamba, se produce un aumento de las poblaciones del entorno, acercando estos núcleos entre sí de modo que prácticamente conforman un continuo urbano apoyado en el eje de comunicación entre oriente y occidente, donde se concentran los principales flujos económicos del país. El caso de Santa Cruz es imposible de entender sin tener en cuenta los orígenes de su crecimiento urbano en torno a un centro y el proceso posterior de desarrollo de centros periféricos y funciones productivas en las provincias limítrofes (Antequera, N. 2007).

Fig. 3.3.7. Crecimiento de la Región Metropolitana de Cochabamba. 1962-2000



Fuente: PABLO PRADO. Tesis de Grado.

Es la tónica general la ausencia de una estructura normativa que se utilice como instrumento de regulación para la expansión de los fenómenos urbanos en el territorio. A falta de una Ley del Suelo o de Ordenamiento Urbano, es en base a la Ley de Municipalidades y la Ley de Participación Popular que se establecen los mecanismos de ordenamiento, cuando estos aparecen. Sin embargo, el fenómeno predominante ha sido la ausencia total de planificación y de presencia estatal para la organización de los procesos de crecimiento urbano en relación a las dinámicas migratorias existentes, muchas de ellas impulsadas directa o indirectamente a través de las políticas estatales. Es así que la distribución de la población y los usos del suelo, así como de los trazados urbanos es realizada *de facto* por los propietarios e intermediarios del negocio del suelo (conocidos como *loteadores*). Como consecuencia los procesos de especulación urbana se

han disparado en los últimos años, sin que exista ninguna política de control sobre dichas prácticas.

De esta manera, los procesos de crecimiento urbano se producen en el orden de parcelación-edificación-urbanización. La gran mayoría de los barrios aparecidos dentro de esta dinámica carecen de servicios básicos y equipamientos, y cuando estos existen, han quedado en manos de privados o resueltos gracias a la gran capacidad de autogestión de sus pobladores.

Tanto las iniciativas impulsadas a partir de la Ley de Participación Popular como desde los organismos de cooperación internacional dentro de los programas de “reducción de la pobreza” y “mejoramiento barrial” tienen serias limitaciones en cuanto a la erradicación de estos problemas, ya que se centran en sus efectos y no en sus causas, sin que existan de este lado iniciativas que impulsen el desarrollo de planes estructurales para la resolución definitiva de las carencias en servicios básicos. Una característica presente en las inversiones desde la cooperación internacional es la búsqueda de proyectos para la construcción de infraestructuras, normalmente en plazos muy ajustados que impiden la concertación de los intereses intervinientes y la realización de planes que permitan optimizar dichas inversiones para alcanzar soluciones integrales y definitivas.

Podemos concluir afirmando que las crecientes dinámicas urbanizadoras en Bolivia han sido y son aún ampliamente influenciadas por políticas económicas y sociales tanto locales como globales. Sin embargo, es también un hecho que los procesos de crecimiento urbano no están siendo acompañados de los esfuerzos necesarios por parte de las entidades públicas, muy ausentes en la resolución de sus competencias en lo que a los servicios básicos se refiere, lo cual está generando la expansión de áreas carentes de condiciones mínimas de habitabilidad. Estas dinámicas hacen que las zonas urbanas se conviertan en el recién comenzado siglo XXI, en auténticos artefactos *productores de pobreza*.

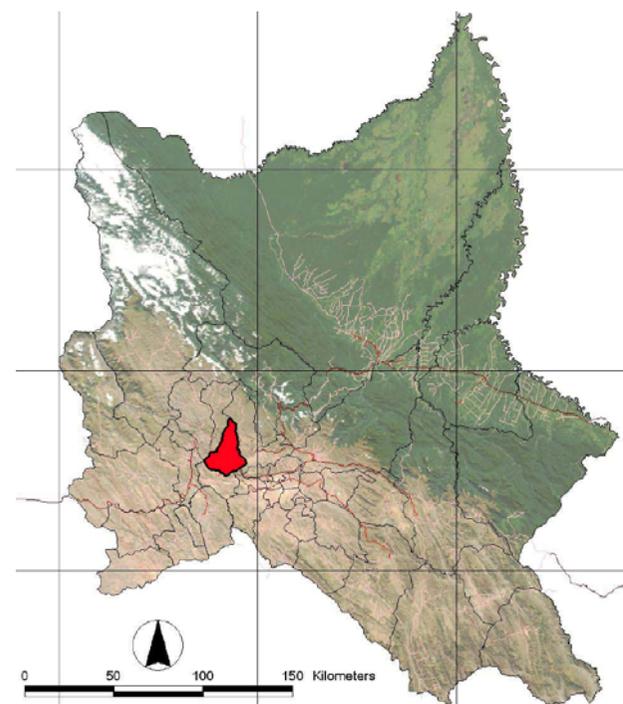
3.4. CARACTERIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE CERCADO (COCHABAMBA)

3.4.1. El Valle Central de Cochabamba.

Descripción física

El municipio de Cercado está situado en el centro del departamento de Cochabamba, en la región de los Valles. Dentro de esta región encontramos tres zonas: el Valle Alto, el Valle Central y el Valle Bajo. La denominada Zona Metropolitana de Cochabamba, está conformada por los municipios de Sacaba, Cercado, Tiquipaya, Colcapirhua, Quillacollo, Vinto y Sipe Sipe, y se sitúa dentro del Valle Central de Cochabamba (VCC), que

Fig. 3.4.1. Ubicación de la provincia de Cercado en el Departamento de Cochabamba

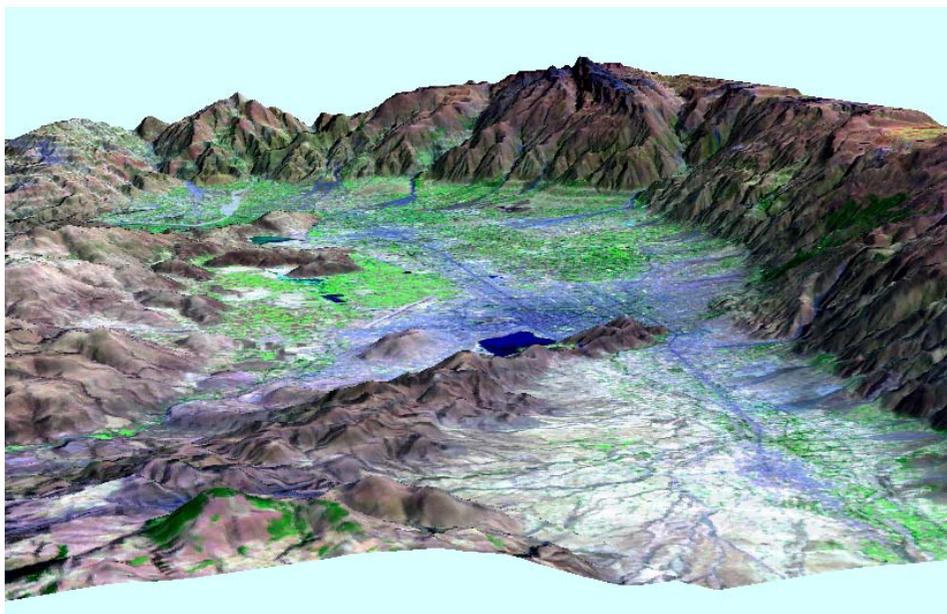


Fuente: PABLO PRADO. Tesis de Grado.

con una altura que oscila entre los 2.500 y 2.750 msnm, se caracteriza por una superficie plana o con pendientes muy reducidas que se extiende por unos 127,5 Km² en dirección Este-Oeste.

Por el norte, el VCC está limitado por la *Cordillera del Tunari*, que conforma el límite entre los Valles Interandinos y la región Amazónica. Podemos distinguir en esta Cordillera una primera zona de laderas con alturas entre los 2750 y 2900 msnm que, teniendo pendientes que no sobrepasan el 20%, son en general bastante secas debido al escurrimiento y la infiltración, muy fuerte en esta zona, siendo la vegetación escasa y compuesta básicamente por arbustos. Más arriba encontramos ya las montañas, que con alturas entre los 2900 a 4600 msnm cuentan con pendientes más pronunciadas y la presencia de bosques aislados.

Fig. 3.4.2. Vista desde el Este del Valle Central de Cochabamba.



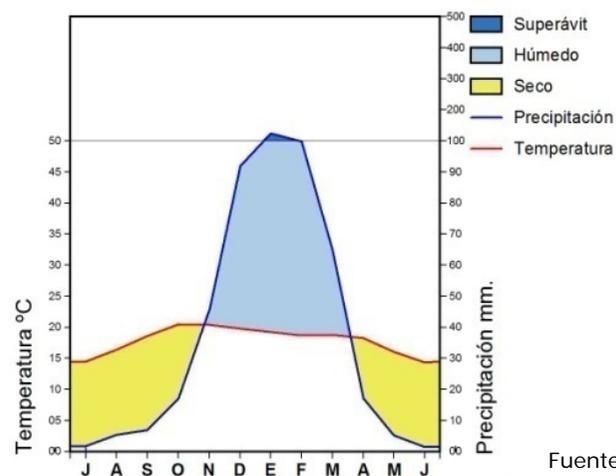
Fuente: PABLO PRADO. Tesis de Grado.

El otro límite lo conforman las denominadas *Serranías del Sur*. Presentan altitudes entre los 2.600 hasta los 3.200 msnm, con pendientes inclinadas a muy escarpadas. Por su topografía posee rápidos escurrimientos superficiales y es una zona predominantemente seca, con vegetación escasa y temporal. Destacan entre ellas la Serranía de San Pedro y los cerros Verde y San Miguel, ubicados al este y sureste del municipio, que junto a la colina de San Sebastián y la Coronilla son relieves que caracterizan y simbolizan al Municipio de Cercado. (PMOT, 2009).

El Clima

El VCC posee un clima templado sin destacados cambios en el ciclo anual, con temperaturas medias situadas entre los 15° y los 25° C, aunque con una destacada variación de la temperatura entre la noche y el día durante todo el año. Pertenece al piso bioclimático termo tropical seco, con precipitaciones que se concentran en un 87% en verano, 8% en los meses de transición y 5% en la época seca.

Fig. 3.4.3. Diagrama de precipitaciones y temperatura de Cochabamba.



Fuente: Arq. Jorge Camacho.

Red Hidrológica

En lo referente a su red hidrológica, esta se origina en la cordillera con aguas de deshielo, bofedales y lagunas glaciares oligotróficas, ubicadas a alturas cercanas a los 4,000 m. (Maldonado, 1998 en PMOT 2009). Las aguas del sistema hídrico del VCC dependen del ciclo de lluvias, de los deshielos de la cordillera y de aguas subterráneas. Los cuerpos de agua más significativos del VCC y para la dinámica vital del municipio se encuentran en su parte norte o septentrional, por encima de los 3500 msnm., constituyéndose como las fuentes de almacenamiento de las precipitaciones pluviales y, en algunas épocas de deshielo, de las masas de nieve.

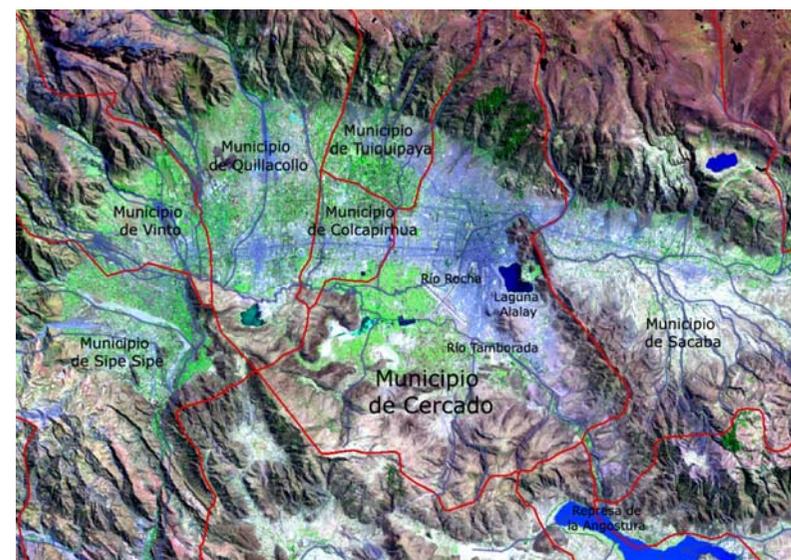
El ambiente geográfico del Cercado está atravesado en sentido este a oeste por dos ríos con limitado volumen de agua y sólo en el periodo de lluvias: el río Rocha, que se alimenta de la escorrentía de las partes altas del municipio de Sacaba en el este, cruza el estrecho de Mesadilla e ingresa al área urbana del municipio, constituyendo el principal receptor del drenaje superficial del VCC; y el río Tamborada o Sulti que se alimenta de los excedentes de la represa de la Angostura y proporciona riego a las tierras cultivables de la zona sur de la ciudad a través de canales de riego. Ambos desembocan en las zonas bajas de Parotani hasta su confluencia con el río Caine, que posteriormente se convierte en Grande y siguiendo este curso desemboca finalmente al Amazonas.

Otro elemento importante del sistema hidrológico de VCC es la Laguna Alalay. Ubicada al sureste de la ciudad de Cochabamba ocupa una superficie de 325 ha y su espejo de agua una superficie promedio de 219,50 ha. Recibe aguas del río Rocha durante la época de lluvias (a través del túnel del Abra), y eventualmente de la represa Angostura (en el límite entre en Valle Alto y el Valle Central) para garantizar un mínimo de agua en la época seca; también tiene ingresos por escorrentía de la zona este, sur y norte de la laguna, constituyendo uno de los últimos relictos de un

ecosistema acuático de alta biodiversidad casi extinto en los valles interandinos de Bolivia.

Finalmente es importante mencionar un gran número de torrenteras que, provenientes principalmente de la Cordillera del Tunari, atraviesan el Municipio. Estos ríos secundarios o torrenteras son de carácter intermitente y transportan en época de lluvias material de arrastre, teniendo caudales muy bajos o nulos en el periodo de estiaje. Las aguas subterráneas y su recarga se produce principalmente con agua de lluvias y ríos. La infiltración tiene lugar en las zonas de los abanicos al pie de la cordillera, de gran profusión en los valles principales. El escurrimiento subterráneo se produce en dirección a las sub cuencas del Valle Central, para fluir de allí en direcciones convergentes hacia el extremo sur de la cuenca, donde se produce la descarga por una sección estrecha a la altura de Sipe Sipe, hecho que motiva la formación natural del embalse subterráneo en su parte interior.

Fig. 3.4.4. Municipios del Valle Central de Cochabamba.



Fuente: Elaboración propia.

Población

Según el INE, en 2005 la población total de los municipios de la micro región del Valle Central de Cochabamba alcanzó la cifra de 1.071.885 habitantes; el 88,5% se localizó en áreas urbanas y el 11,1% en áreas rurales. De toda esta población el 54% se localizaba en el municipio de Cercado.

Cuadro. 3.4.1. Crecimiento Poblacional en la Región del VCC (2005).

Municipio	Población el 1992			Población el 2001			Población el 2005			Tasas de crecimiento %		
	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urb.	Rural	Total
Cercado	397.171	17.136	414.307	516.683	341	517.024	580.854	61	580.915	2,97	-0,35	2,39
Quillacollo	51.418	17.609	69.027	78.324	25.882	104.206	94.444	30.278	124.722	4,79	0,04	4,45
Sacaba	47.559	22.051	69.610	92.581	24.519	117.100	124.469	25.515	149.984	7,68	0,01	5,62
Colcapirhua	19.547	2.672	22.219	41.637	343	41.980	58.258	140	58.399	8,76	-0,2	6,87
Vinto	9.493	11.080	20.573	14.180	17.309	31.489	16.949	21.039	37.988	4,56	0,05	4,6
Sipe Sipe	2.033	17.974	20.007	3.134	28.203	31.337	3.799	34.281	38.080	4,93	0,05	4,85
Tiquipaya	3.037	10.334	13.371	26.732	11.059	37.791	70.290	11.508	81.798	27,34	0,01	11,23
Total	530.258	98.856	629.114	773.271	107.656	880.927	949.063	122.822	1'071.885	8,72	0,06	5,71

Fuente: PMOT con datos del INE.

3.4.2. Reseña histórica de la formación del Municipio de Cercado.

Desde 1540 el valle de Cochabamba empieza a ser ocupado por españoles, aunque es el 1 de Enero de 1574 cuando oficialmente fue fundada la ciudad bajo el nombre de Villa de Oropesa, en base a la reestructuración territorial y espacial de Charcas que realiza el Virrey de Toledo a su llegada. Las acciones consistieron principalmente en estimular el traslado de colonizadores a los valles y la obligatoriedad de concentrar a la población indígena dispersa en los denominados “pueblos de indios”. De este modo se va consolidando como centro de producción agrícola para el apoyo del sector minero del Altiplano.

En el siglo XVII, considerado como el auge de la colonización, la ciudad contaba con “300 españoles y varios nativos” (Ledo, C. 2002). Se produce por entonces una reestructuración del sistema de producción, en base a la cual se expropiaron las tierras a los indígenas y se implementaron los modelos de haciendas latifundistas.

Durante el siglo XVIII la ciudad va configurando distintas zonas en su interior, situándose en la Plaza Principal (actual Plaza 14 de Septiembre) los edificios representativos del poder colonial, en torno a ellos las residencias de comerciantes y terratenientes, y finalmente en zonas aledañas barrios de artesanos y algunos indios. A final de este siglo, la Villa de Oropesa había adquirido el título de ciudad y ampliado su producción a la de los textiles, alcanzando una población total de 22305 habitantes de los cuales la mitad eran mestizos (según informe del Gobernador D. Francisco Viedma en 1788).

Una vez instaurada la República y alcanzada la independencia, el país entra en un periodo de guerras que hace disminuir notablemente la población de la ciudad, que en 1835 cuenta con 14.162 hab. y entrando en el siglo XX con unos 36.000 hab. distribuidos en unas 300 has. En los primeros años del siglo XX comienzan también a implementarse servicios básicos dentro de la ciudad y también el tranvía, rebasándose prontamente el límite urbano dispuesto al norte por el Río Rocha (Pardo, P. 2006).

En 1950, con una población que superaba las 80.000 personas, la ciudad comienza la redacción de un Plan regulador, cuyo proceso se ve interrumpido por las reformas que tras la Revolución Nacional de 1952 empiezan a implementarse, entre ellas la subdivisión de todas las propiedades urbanas mayores de 1 ha. De esta manera comenzaron a realizarse “loteamientos” que en algunos casos ocuparon áreas forestales y de cultivo, generándose un proceso de expansión con bajas densidades que impidió abastecer de infraestructuras básicas a las nuevas zonas urbanizadas. (Pardo, P. 2006).

A principios de los 60 se creó el Comité IV Centenario, cuyo principal logro es la elaboración en 1963 del Plan Director de la Región Urbana de Cochabamba, en el que ya se recoge una visión regional del desarrollo urbano a través de los ejes este-oeste que conforman la conurbación. Durante los sesenta y principios de los setenta hubo una importante expansión urbana que comienza a colonizar los cerros Verde y San Miguel con la llegada de los migrantes, mientras que las clases acomodadas construyen sus casas en la zona norte, Queru Queru, Cala Cala y Muyurina. En 1967 la parte antigua constituye tan sólo el 10% de la superficie, y el 1976 ya se contaba en Cochabamba con 200 mil habitantes que ocupaban una superficie de más de 4 mil has. (Antequera, N. 2007), siendo en las dos décadas siguientes cuando, gracias a las políticas económicas y las reformas estructurales llevadas a cabo, se producen los mayores movimientos migratorios, que en gran medida tienen como destino Cochabamba, incrementándose el tamaño de la ciudad en más de 2 veces. Entre 1987 y 1992 llegan un promedio de 13 mil personas llegadas al año, las cuales se situarían principalmente en los barrios de la zona sur, peor dotada de todos los servicios.

En los años 90 se introducen nuevos paquetes normativos y se intensifican los problemas metropolitanos, especialmente en lo que se refiere a la cobertura de servicios básicos, la invasión de tierras y la proliferación de problemas de contaminación, sobre todo en los cauces de agua. A pesar de ello, las inversiones municipales se centran en estos años en la construcción de grandes proyectos viarios y recreativos, principalmente centrados en la zona norte, que había sido definitivamente urbanizada por las clases altas. Esta situación desarrollada durante la última década del siglo XX se extiende hasta la actualidad, alcanzándose niveles muy preocupantes en lo que a la falta de habitabilidad y expansión territorial sin planificación se refiere, y consecuentemente, importantes

niveles de segregación económica y social entre las distintas áreas de la ciudad.

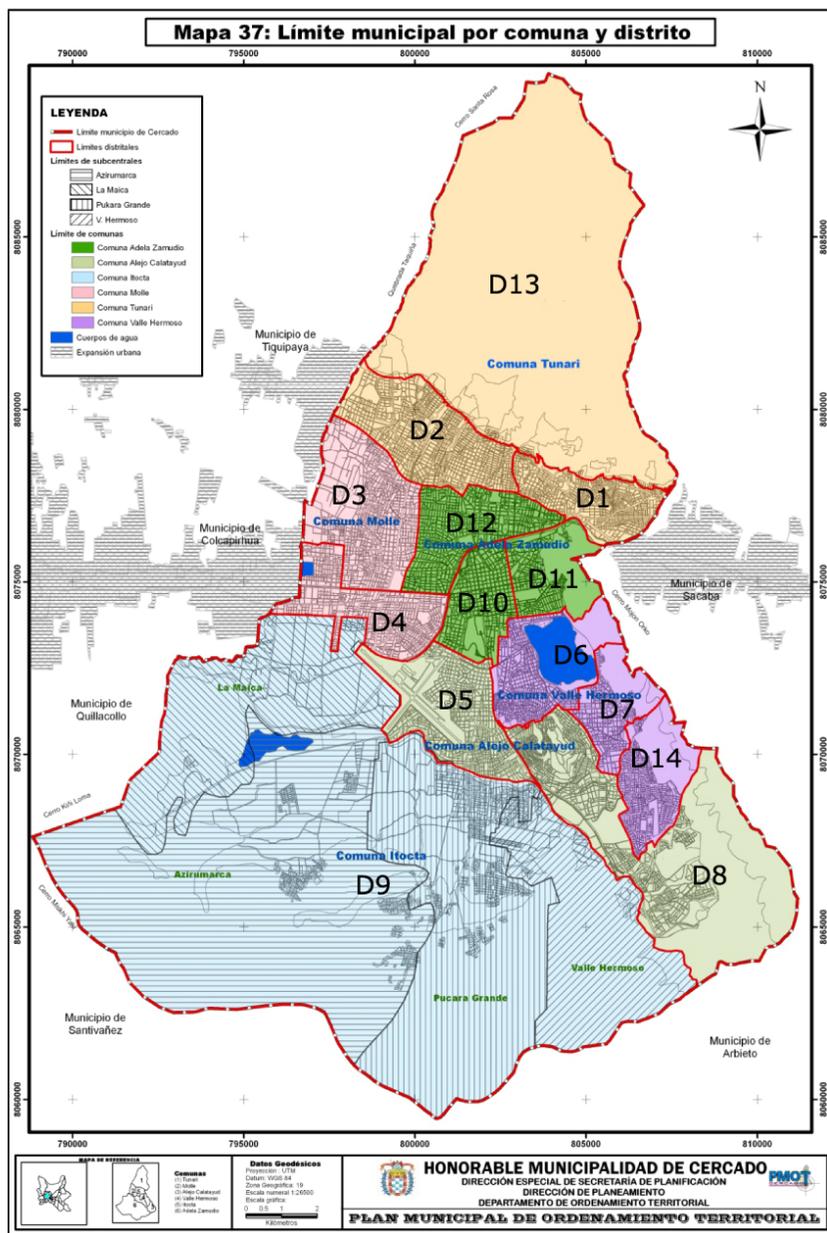
3.4.3. Estructura y organización municipal de Cercado.

Dentro del VCC, la extensión de la jurisdicción del Municipio de Cercado, como se denomina oficialmente a la ciudad de Cochabamba, es de alrededor de 39 mil ha., de las cuales unas 18 mil están ocupadas por territorio urbano y un 28% lo constituyen grandes montañas que rodean el valle. Una de sus características más determinantes es su posición de centralidad geográfica con respecto al resto de departamentos del país, lo que la convierte en lugar de encuentro donde se viven muchos de los contrastes que se encuentran en Bolivia (Antequera, N. 2007).

En el marco de la nueva Ley de Participación Popular (LPP), en 1994 se divide la ciudad en 13 distritos, cada uno de los cuales cuenta con una casa comunal con dependencias de la dirección de ordenamiento territorial y en la que se descentralizan actividades referidas a la construcción de infraestructuras, salud y educación. Posteriormente nacería el actual distrito 14 como escisión del distrito 7. Estos distritos se agrupan a su vez en seis comunas.

La LPP constituye además los pilares de la planificación participativa y el control social a nivel local a través de las Organizaciones Territoriales de Base (OTB) y el Comité de Vigilancia; los dirigentes o miembros de ambas instituciones resultan elegidos a través la celebración de elecciones entre la población a la que van a representar. La legitimidad que les da la modalidad de selección de sus miembros, no ha podido impedir su enorme vulnerabilidad a la réplica de viejas prácticas políticas a través de estas nuevas estructuras: cooptación, manipulación, prebendalismo y corrupción, en gran parte, como resultado del accionar de la sociedad política y del mismo Estado hacia estas nuevas estructuras (PMOT, 2009).

Fig. 3.4.5. Comunas y Distritos del Municipio de Cercado.

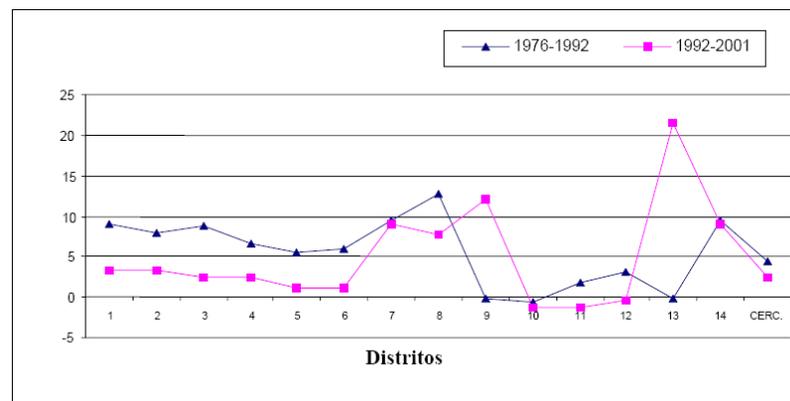


Fuente: PMOT 2009 .

Población del Cercado

En Cercado, el crecimiento intercensal entre 1992 y 2005 fue de 2,55% por año, sin embargo esta situación varía muchos entre unos distritos y otros. En los distritos 10, 11 y 12 la tasa fue negativa al 2001, mientras que los distritos 7 y 14 son los que tenían la menor cantidad de habitantes y los distritos con mayor crecimiento fueron el 9 con 12,10% y el 13 con 21,39% anual (Fig. 3.5.6.)

Fig. 3.4.6. Tasa de crecimiento poblacional (censos 1976, 1992, 2001).



Fuente: En PMOT 2009 de Terceros, G. 2001

Entre 1976 y el 2001 la población se incrementó un 153%, en base las tasas de fecundidad (3,13 hijos por mujer), mortalidad infantil (78 por mil) y la migración (datos según Butrón y Veizaga 2003).

En relación a éste último, es necesario señalar que el Departamento de Cochabamba constituye un centro de atracción o destino de importantes flujos migratorios. Según datos del Censo 2001, el 37,9% de la población es migrante, y el 14,6% de la población total son migrantes recientes, lo que supone unas 78.414 personas (llegados entre 1996 y 2001). En

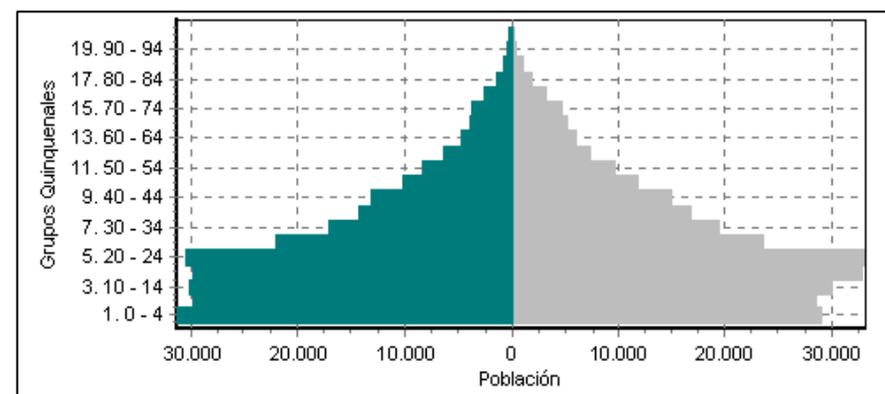
términos absolutos el distrito 6 es el que ha captado más migrantes recientes (aprox. 10 mil) y junto con los distritos 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 14 presentan datos superiores a la media del municipio en términos relativos, siendo los distritos 2, 5 y 6 los que acogen en términos absolutos a mayor número de inmigrantes antiguos (con más de 20 años en Cochabamba), mientras que son los distritos en consolidación y más céntricos, alrededor de zonas comerciales, los que acogen a la migración reciente (6, 10, 12 y 5). Según varios estudios, la mayor parte de los migrantes de Cochabamba provienen de otros centros urbanos, la mayoría de ellos de las ciudades altiplánicas.

Todos estos datos rompen ciertos estereotipos sobre los patrones de migración y crecimiento urbano, al demostrar que la migración es principalmente urbana-urbana y que la expansión de la ciudad no es causada directamente por estos nuevos pobladores, sino que responde a dinámicas internas.

La densidad de población alcanza sus niveles más altos en los distritos centrales, sobre todo el 10 y el 6, seguidos de cerca por el 12 y el 2. En los que cuentan con menor densidad se encuentran el 9 y el 13, en primer lugar por ser los más extensos (entre los dos conforman más del 50% de la superficie del municipio) y en segundo por ser áreas en las que el uso residencial está prohibido o muy restringido.

Refiriéndonos a los grupos ocupacionales analizados por sexos (para población ocupada de 10 años o más), entre los hombres la gran mayoría se dedica a labores industriales y de la construcción, seguidos de técnicos, profesionales y empleados de oficinas. Entre las mujeres, la mayoría se dedica al sector servicios y venta en comercios, seguido también de las profesionales y oficinistas y más de un 20% a "trabajos no calificados" (CEDIB, 2008).

Fig. 3.4.7. Pirámide Poblacional.



Fuente: PMOT 2009

En las tasas de analfabetismo encontramos las más altas en los distritos de la denominada *Zona Sur*, 6,7,8, 9 y 14, por encima del 7%, mientras que en las áreas centrales es donde hayamos los niveles más bajos. (CEDIB, 2008).

La tasa de mortalidad infantil (TMI) al 2001 era de 53 por mil (INE, 2001). En un análisis por distritos municipales las mayores TMI se encuentran en los distritos 9 y 14, con un promedio de 95 fallecimientos por 1.000. Por otro lado, los distritos con menores TMI son el 3, 11, 12. Como veremos más adelante, estos datos están directamente relacionados con las condiciones de habitabilidad y cobertura de los servicios básicos en cada uno de los distritos.

La identidad cultural de los cochabambinos mayores de 15 años es mayoritariamente quechua, con un nivel del 49%, mientras que la aymara representa al 10% y el 1% a otros pueblos originarios. Un 40% de la población manifiesta no sentirse perteneciente a ningún grupo originario. (INE, 2001).

3.4.4. Descripción de la situación en relación a los riesgos ambientales.

En base al diagnóstico que en el Plan Municipal de Desarrollo Distrital se realiza de los macroproblemas que en el Municipio de Cercado existen a nivel ambiental, las causas principales de éstos son (IIA, 2008):

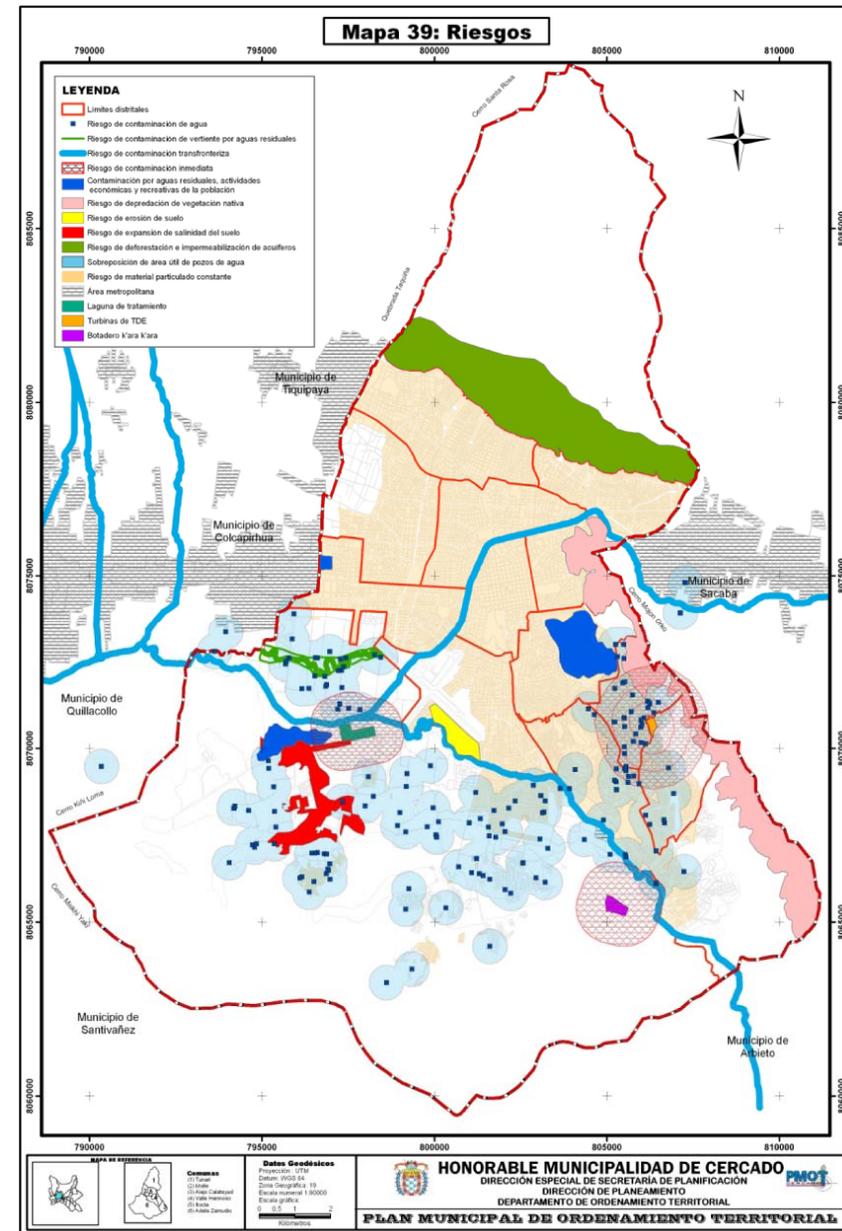
- La insuficiente y deficiente cobertura de los servicios básicos.
- El crecimiento desordenado y falta de planificación.
- La falta de recursos económicos e inversión desigual por parte del gobierno municipal en relación a los distintos distritos.
- Acelerado crecimiento de la población.
- Acelerado crecimiento del parque automotor conformado mayoritariamente por vehículos usados.

Según el Plan Municipal de Ordenación del Territorio, los riesgos que resultan derivados en consecuencia son:

- Contaminación de agua subterránea y de vertientes y ríos por eliminación de aguas residuales y residuos sólidos domésticos y de actividades económicas y recreativas.
- Riesgos de deforestación e impermeabilización de las zonas de recarga de los acuíferos en las laderas del Tunari.
- Depredación de la vegetación nativa en la cordillera de san Pedro y San Miguel.
- Expansión de erosión y salinidad del suelo en ciertas áreas del distrito 9.
- Sobreexplotación de acuíferos por exceso de pozos para abastecimiento.

En el municipio de Cercado, las dos principales fuentes directas y más concentradas de contaminación que existen son: las lagunas de tratamiento de aguas residuales de Albarrancho, a las que se destinan las aguas del alcantarillado urbano de la empresa municipal SEMAPA y que

Fig. 3.4.8. Riesgos Ambientales en el Municipio de Cercado.



Fuente: PMOT 2009

están al doble de su capacidad; y el botadero de basura de K´ara K´ara, que además de graves problemas de contaminación de suelos y aguas freáticas hace años que es motivo de un importante conflicto social.

Los problemas derivados de la falta de cobertura de servicios básicos, aunque serán detalladamente analizados en posteriores capítulos por ser el objeto principal de nuestro trabajo, podemos adelantar que constituyen también una de las mayores fuentes de contaminación dispersa en el territorio, que no sólo afecta a la calidad ambiental sino que generan importantes problemas de salubridad y sanidad pública.

En este sentido, la ausencia de servicios de alcantarillado provoca la instalación de pozos filtrantes en las viviendas, o incluso a falta de éstos, la necesidad de los vecinos de realizar sus deposiciones en las áreas cercanas a las viviendas. Este hecho, que de por sí supone un grave problema de contaminación, se combina con la ausencia de redes de distribución de agua potable, de la que los vecinos se abastecen o bien gracias a *carros aguateros* que venden agua a domicilio sin ningún control de la calidad, o de pozos excavados o perforados en sus viviendas o barrios. La cercanía de las fuentes de consumo con las zonas de deposición hace que las enfermedades digestivas tengan una presencia importante vinculada a la segunda causa de morbilidad más atendida en el municipio y una de las primeras causas de mortalidad infantil, las diarreas agudas. (PMOT, 2009).

3.4.5. La Zona Sur de Cercado.

Se denomina con éste nombre al área del municipio conformada por los distritos 5,6,7,8,9 y 14, en los cuales, como veremos en este capítulo, es donde se concentra la mayor cantidad de población migrante y de origen indígena.

Este trabajo de investigación se centrará en el estudio de los servicios básicos en esta zona de la ciudad, cuya población en general

cuenta con condiciones de habitabilidad bastante desfavorables en relación al resto del municipio, sobre todo en lo referente a cobertura de estos servicios, y que en consecuencia se ha visto obligada a desarrollar sistemas autónomos y autogestionados, principalmente en relación al agua.

Los datos que a continuación se presentan provienen en su mayoría del estudio que bajo el nombre *“Territorios Urbanos. Diversidad cultural, dinámica socioeconómica y procesos de crecimiento urbano en la zona sur de Cochabamba”* es realizado por Nelson Antequera Durán y publicado por el CEDIB (Centro de Estudios Independientes de Bolivia) en agosto del 2007.



Imagen de la Zona Sur de Cochabamba desde el Distrito 14. Al fondo las cumbres nevadas de la cordillera del Tunari.

Población

La población de los Distritos de la zona sur es de 235.355 habitantes, lo que representa el 43,87% de la población total del municipio, abarcando el 64% de su superficie. Se debe tener en cuenta que la mayor extensión de ésta la ocupa el distrito 9, que con un origen como zona agrícola, abarca el 46,57% del territorio municipal, aunque acoge tan sólo al 8,62% de su población. Este hecho, al que incorporamos el que parte de los distritos de la zona sur tengan una estructura geográfica escarpada y bastante montañosa, hace que los datos de densidad no reflejen la situación real de concentración de población que se da. Haciendo los cálculos sin introducir al distrito 9 (D9), la densidad de población media del municipio es de 296 hab/Km² siendo de 366,35 hab/Km² en la zona sur, llegando en los distritos 5 y 6 a alcanzar los 559,46 y 698,33 hab/Km² respectivamente.

Respecto a su organización territorial, existen 32 sindicatos agrarios (todos ellos en el D9), y más de 150 OTB y Juntas Vecinales (modo de organización de los nuevos asentamientos aún no regularizados).

Respecto a la tasa de fecundidad, es mayor que la media de la ciudad, alcanzando los 3,9 hijos por mujer, que en el D9 llegan a 4,62. Sin embargo, cuenta también con las tasas de mortalidad infantil más altas, siendo en la zona sur de 91 niños por cada mil nacidos, alcanzando los 98 en el D9, un 26% más que la media de la ciudad.

Como hemos visto en el punto anterior, son los distritos del centro los que acogen a la mayoría de la población migrante en un primer término. Sin embargo, una vez que se establecen y tienen la posibilidad de adquirir un predio, ocuparán los distritos en expansión y consolidación. Es así que proporcionalmente es la zona sur la que cuenta con mayor número de migrantes, que en casos como el D14 alcanzan el 50% de la población. La lengua originaria predominante en la zona sur es el quechua, hablado por el

44,26% de la población, seguida del aymara, hablado por el 10,81% de los habitantes de la zona sur, lo que representa al 63,17% de los aymara hablantes del municipio.

En relación a la educación, la tasa de alfabetismo en la zona sur oscila entre el 93,73 del D5 y el 88,06 del D9, siendo la media de 91,03%, 3,6 puntos por de bajo de la media del municipio. El analfabetismo es mucho mayor entre las mujeres, existiendo un analfabeto varón por cada cinco mujeres. Sin embargo, la tasa de asistencia escolar, que en el cercado tan sólo alcanza el 81,30%, es mayor en los distritos 7,8,9 y 14, debido quizá a que, según este estudio, una de las motivaciones principales para la migración a la ciudad es la búsqueda de mejores condiciones educativas para los hijos.

Las tasas de ocupación en la zona sur respecto a la población en edad de trabajar (mayores de 10 años) son muy similares a la media de la ciudad, en torno al 95%. A pesar de ser bastante altas, un análisis más exhaustivo nos hace ver que tan sólo el 42,92% son trabajadores asalariados, estando en el 40,4% la tasa de trabajadores por cuenta propia, siendo estas fuentes de trabajo autogeneradas muy precarias en muchos casos. En relación a la actividad, casi la tercer parte de los trabajadores de la zona sur se dedican al comercio, destacando el caso de las mujeres del D9 en las que esta ocupación alcanza el 60%. Le siguen los dedicados a manufacturas, construcción e industria con un 28,59%.

Procesos de generación urbana en la Zona Sur

Siguiendo con el estudio realizado por Nelson Antequera, parece necesario realizar una breve descripción de cómo se desarrollan los procesos de crecimiento urbano en la zona sur, ya que esta además se constituye como la principal área de expansión de la ciudad, así recogida además en el recién elaborado PMOT del 2009.

En base al concepto de crecimiento urbano elaborado por Garay (2002), se entiende éste en dos dimensiones, tamaño y complejidad. Es así que se constatan distintos procesos de crecimiento urbano, que se denominan de expansión, consolidación y densificación. El autor aplica entonces esta conceptualización al caso de Cochabamba, caracterizando cada una de estas etapas en el territorio municipal más allá de los límites administrativos establecidos.

a) Zonas de expansión.

Se caracterizan por ser asentamientos nuevos que en su mayoría no cuentan siquiera con documentación legalizada sobre la propiedad de los predios. La forma más común de acceso a los terrenos es a través de los loteadores, intermediarios que contando con el derecho propietario, o incluso a veces realizando la venta ilegal de terrenos públicos o comunales, ofrecen los lotes o parcelas con facilidades de pago, situándose en posición de ventaja frente a los compradores. Por esta razón, o por desconocimiento, los compradores a veces no se aseguran de la fiabilidad de la documentación del predio, que además no es entregada hasta que no se termine de pagar. Estas situaciones, lamentablemente frecuentes, dan lugar a estafas y problemas jurídicos por ocupación de facto de terrenos de manera irregular. Lamentablemente, existen redes de complicidad dentro de los estamentos públicos que posibilitan estas situaciones, y son conocidos algunos de estos loteadores que fomentan el negocio y la especulación en diferentes áreas de la ciudad, aunque estas prácticas, por más que son manifiestamente ilícitas, no han sido perseguidas hasta ahora.

Las construcciones, cuando existen, son bastante precarias y no cuentan con ningún tipo de servicio urbano ni vías de acceso adecuadas, que en muchos casos son abiertas por los propios vecinos.

La estructuración urbana y la distribución de los lotes de estas fincas es realizada por topógrafos contratados por lo loteadores, sin que existan en la mayoría de los casos criterios de diseño urbano ni las cesiones reglamentarias respecto a equipamientos y espacios libres. Estas situaciones son aún más problemáticas cuando los terrenos (como ocurre ya en la mayoría de los casos) se sitúan sobre los cerros, existiendo topografías complejas y gran cantidad de torrenteras por las que fluye el agua en época de lluvias. Es así que, al omitirse estas cuestiones en el trazado urbano, se genera un viario de estructura ortogonal con calles que siguen la línea de máxima pendiente de los cerros que resultan impracticables y la ocupación de las áreas naturales de drenaje por construcciones.

Por otro lado, la falta de regularización de los lotes impide que se constituyan legalmente como OTB, careciendo así de acceso a los recursos municipales para la construcción de infraestructuras. Es así que los vecinos comienzan a organizarse en juntas vecinales para autogestionar los servicios de agua, alcantarillado, electricidad, etc. Esto significa que son los propios habitantes de estas zonas los que tienen que aportar sumas de dinero para realizar estas obras, en detrimento de su ya precaria economía familiar.

Los problemas de falta de servicios en el D9 se hacen más complejos ya que la convivencia con usos agrícolas, hace que los procesos de urbanización entren en conflicto con la función original del suelo, principalmente en lo referido al uso y contaminación de las aguas de los canales de riego por las nuevas viviendas.

Otro grave problema es la accesibilidad, cuya dificultad hace que tanto los transportistas como los carros aguateros se nieguen a prestar servicio a esta zona, y cuando lo hacen, requieren el pago de precios mucho más altos, en ocasiones hasta de 10 veces más que el servicio público de la empresa municipal de aguas (SEMAPA).

Es en estas zonas donde el servicio de electricidad es más deficitariamente dispuesto. La razón principal se basa en el hecho de que la mayoría de los predios estén vacíos, lo cual hace menos rentable para la compañía la instalación y muy cara para los vecinos, que normalmente tienen que aportar una contraparte. Esto genera también la carencia de alumbrado público y graves problemas de inseguridad.

Todas estas cuestiones nos hacen ver cómo la población de más escasos recursos no sólo vive en condiciones de precariedad por falta de servicios, sino que además se ve forzada a pagar precios mucho más altos y a subvencionar sus propias redes, a diferencia de las zonas donde vive la población con condiciones económicas más favorables, en las que estos servicios son proporcionados por la municipalidad.

En lo que se refiere a los equipamientos de educación, salud, seguridad, etc., estas zonas se encuentran bastante alejadas de los centros existentes, viéndose en la necesidad de trasladarse hasta áreas más céntricas para acudir a ellos. En algunos casos son instituciones como ONGs o religiosas las que prestan este servicio (a veces requiriendo pagos económicos), o son también autogestionados por los vecinos.

b) Zonas en Consolidación.

Estas zonas, que suelen tener entre 15 y 25 años de antigüedad, se caracterizan por contar con servicios autogestionados y estar en trámites avanzados de consolidación de la propiedad de la tierra, que en algunos casos ya están concluidos. La organización suele ser fuerte en esta etapa y se vincula a la gestión y organización de los servicios, las obras de urbanización, etc.

Muchos de sus habitantes proceden de la migración masiva de los mineros relocalizados, que o bien urbanizaron predios agrarios que ya

habían adquirido o compraron propiedades nuevas, en muchas ocasiones de forma colectiva.

La adquisición de lotes se vincula en muchas ocasiones a personas provenientes de un mismo pueblo. Estas compras, colectivas o individuales, se realizan a través de loteadores, con la problemática ya descrita que acarrearán. Otras veces son los propietarios agrícolas quienes han decidido vender y urbanizar.

En general, en estos barrios la mayoría de los predios están ya ocupados e incluso cuentan con los servicios, aunque los trámites de regulación propietaria han sido muy largos, llegando a transcurrir hasta veinte años hasta que estos se concluyen. En el caso del D9, a través del programa ARCO (Acuerdo de Responsabilidad Compartida) desarrollado entre la Municipalidad y el Ministerio de Vivienda en el año 2003 se consiguió la regularización de 70 asentamientos.

En gran parte de los barrios de las zonas en consolidación se ha conseguido constituirse como OTB, lo que permite ser reconocidos por las autoridades y tener derecho a ser atendidos y acceder a recursos y obras para servicios con recursos públicos. Sin embargo, también ha sido práctica habitual que las OTB hayan sido instrumentalizadas por partidos políticos y autoridades municipales, produciéndose con mucha frecuencia relaciones clientelares e incluso el enfrentamiento entre los vecinos a causa de estas intromisiones.

En estos barrios sí existe una parte de la población que reside en régimen de alquiler, ya que estos suelen ser bastante accesibles, siendo del 60% la población que reside en viviendas propias.

La accesibilidad a estos barrios se realiza a través de las dos principales vías que, siendo de carácter territorial, conectan el centro con la zona sur, como son la Carretera a Santiváñez (o Panameriacana) y la Avda. Petrolera. En general, la falta de control y regulación del transporte público y el monopolio que sobre las líneas existe hace que el servicio sea bastante

deficiente. Otro problema es la carencia de puentes y sistemas de drenaje urbano, además de la inadecuada gestión del drenaje natural, que en época de lluvias genera inundaciones y hace inaccesible algunas zonas.

En general los servicios básicos de agua, alcantarillado y residuos sólidos son cubiertos por las empresas municipales tan sólo en los D5 y D6, siendo el servicio bastante irregular. En el resto, son gestionados por comités de agua y microempresas de recojo de basura de los barrios que, a pesar de realizar un esfuerzo importante para conseguir dar la cobertura, tienen ciertos problemas que impiden dar un servicio de calidad. En el caso del agua, el problema principal es la falta de un suministro adecuado que permita abastecer a toda la población.

Aunque la cobertura de la red eléctrica alcanza niveles bastante elevados, el servicio de alumbrado público es muy precario, y como consecuencia existen importantes problemas de inseguridad. Por otro lado, las postas policiales, que fueron construidas por los propios vecinos, fueron abandonadas por los efectivos policiales hace tiempo, ya que era necesario realizarles un pago que la población no podía asumir. Es así que es asumida por los propios vecinos la seguridad de los barrios, con los problemas que estas iniciativas suelen traer consigo.

En relación a los equipamientos públicos, en general existen escuelas y postas sanitarias públicas, aunque el servicio que prestan no llega a satisfacer la demanda existente. En el caso de los centros educativos, cuando los hay están rebasando su capacidad. En otros casos también son construidos y mantenidos en base a los aportes de los padres, incluso cuando existe la participación de entidades de cooperación. Las postas sanitarias públicas sólo dan servicio en horario de mañana, existiendo algunos centros privados pero que en la mayoría de los casos no están al alcance de la población. El problema sanitario en estas zonas además, no pasa tan sólo por la carencia de centros de atención, sino que se agrava por

el hecho de que las deficientes condiciones de habitabilidad y salubridad generan un mayor índice de enfermedades que en el resto de la población.

c) Zonas en densificación.

En general se trata de barrios con más de 20 años de antigüedad cuyos terrenos en muchas ocasiones fueron adquiridos colectivamente por cooperativas de trabajadores y urbanizados a fines de los 70 e inicios de los 80. Situados mayoritariamente en los distritos 5, 6 y 7, están en gran parte habitados por inquilinos que, muchos recién llegados a la ciudad, encuentran aquí rentas bajas y cercanas a los lugares comerciales. Dado que los procesos de ocupación fueron espontáneos y debidos en gran parte a la labor de los loteadores, existe una importante carencia de espacios para equipamiento y áreas verdes.

Por su antigüedad son de los barrios de la zona sur que cuentan con mayor atención por las autoridades municipales y la ocupación de terrenos más adecuados y accesibles, siempre cercanos a las vías principales de acceso a la zona sur.

En general, en los distritos 5 y 6 el servicio de agua y alcantarillado es cubierto por SEMAPA, aunque deficientemente y en el caso del abastecimiento, tan sólo tres o cuatro días por semana. En relación a la basura, esta es recogida en muchas áreas por microempresas o por la empresa municipal EPSA, aunque la densificación genera una cantidad de residuos que no alcanzan a ser cubiertos por ninguna de las dos modalidades, generándose serios problemas de contaminación en las calles y canales de agua.

Uno de los problemas más graves en estas zonas es el de la seguridad ciudadana a causa de la concentración de población vulnerable a la delincuencia y las drogas, constituyéndose como centro de distribución

de clefa, muy extendida entre los menores de edad. Es en el entorno de la Avda 6 de Agosto y la Coronilla donde este problema se hace más patente.

Respecto a equipamientos públicos, es el área de la zona sur que tiene una mayor cobertura en este sentido, aunque esta misma circunstancia trae consigo que tengan que dar servicio a un área muy amplia y se vean saturados con frecuencia. En algunas escuelas la falta de recursos hace necesario el aporte de los padres para mantener a sus hijos inscritos, ya sean estos públicos o pertenecientes a alguna institución.

Conclusiones

Entendemos que el denominador común en los barrios de la zona sur es la autogestión que de los servicios públicos, las infraestructuras y los equipamientos se han visto obligados los vecinos a hacer a causa de una ausencia prolongada del Estado en estas zonas para el cumplimiento de sus competencias.

Este hecho es visto como un logro por gran parte de los vecinos, y entendemos que así lo es al establecerse mecanismo de autoorganización que permiten un mayor control por parte de los usuarios y su implicación en los procesos de decisión y gestión. Sin embargo es cierto que también son vulnerables estos mecanismos a la capacidad organizativa y financiera de los miembros de la comunidad, que de una manera u otra se ven obligados a subsidiar servicios públicos y derechos humanos que no se garantizan universalmente. Aunque analizaremos más adelante esta circunstancia con detalles, sí es necesario señalar que sería muy deseable y necesario un reparto equitativo y basado en la justicia distributiva para la inversión pública en las diferentes zonas de la ciudad. Así se permitiría eliminar las diferencias que con respecto a las condiciones básicas para una vida digna existen entre unas y otras áreas en función a la clase social de los habitantes que en ellas residen.



Entorno de la Laguna Alalay. Distrito 6 - Zona Sur.



Calle Eduardo Laredo. Distrito 2 - Zona Norte.

4. SERVICIOS BÁSICOS EN COCHABAMBA

4.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SERVICIOS BÁSICOS

La vivienda en sí, su localización, así como la calidad de las infraestructuras y servicios básicos son componentes fundamentales de la calidad de vida de la población. Sin embargo, la incorporación al mercado de la tierra y por tanto, de la vivienda, han generado una situación de especulación en la que gran parte de la población ve muy limitado su acceso a una vivienda digna y con servicios básicos por carecer de medios económicos suficientes.

Es así que en general, y especialmente en el caso específico de la ciudad de Cercado, la población con menos recursos se ve obligada a asentarse en terrenos muy alejados del centro urbano con una importante falta de cobertura en equipamientos y servicios básicos, lo que les obliga a gastar sus pocos ingresos en la autogestión de estos servicios. (Antequera, N. 2007).

Por otro lado, la adecuada gestión de los servicios básicos en el entorno urbano se constituye imprescindible a la hora de gozar de un Medio Ambiente saludable y adecuado para el desarrollo de un hábitat digno, siendo además la gestión inadecuada de estos servicios una fuente muy importante de contaminación para el aire, el agua y el suelo. En el caso de Cochabamba, es la propia Agenda 21 del municipio la que recoge como principales preocupaciones de la población a nivel ambiental aquellas relacionadas con la gestión de servicios públicos: en primer lugar la basura, seguida del transporte, la contaminación del aire y la contaminación del agua. Como hemos visto en otros capítulos, es también la zona sur de la ciudad la que acoge las instalaciones ya colapsadas de vertido y deposición

de residuos, y por tanto la que ve mayormente amenazado su medio y su salud por la falta de una adecuada gestión.

4.1.1. Marco Legal

La Nueva Constitución Política del Estado, promulgada el 25 de Enero de 2009, recoge en su Capítulo Segundo como Derechos Fundamentales, el derecho al agua (art. 16), a un hábitat y vivienda adecuados (art. 19) y al “acceso universal y equitativo a los servicios básicos de agua potable, alcantarillado, electricidad, gas domiciliario, postal y telecomunicaciones”. Se especifica además que la provisión de estos servicios deberá realizarse a través de entidades públicas, mixtas, cooperativas o comunitarias, siendo los de electricidad, gas y telecomunicaciones los únicos que puedan realizarse mediante empresas privadas, respondiendo a criterios de “universalidad, responsabilidad, accesibilidad, continuidad, calidad, eficiencia, eficacia, tarifas equitativas y cobertura necesaria, con participación y control social”. Añade además que el agua y alcantarillado son derechos humanos que no pueden ser objeto de concesión ni privatización (art. 20). También se recoge el derecho a un Medio Ambiente saludable, protegido y equilibrado (art. 33), que se desarrolla ampliamente en el Título II Medio Ambiente, Recursos Naturales, Tierra y Territorio.

La Ley 1333 de 1992, o Ley de Medio Ambiente, establece el marco general sobre “protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población.” (art. 1 Ley 1333). Así mismo establece las medidas de seguridad, infracciones administrativas y delitos ambientales y las penas que estos conllevan. Dentro de esta Ley encontramos artículos y reglamentaciones específicas referidas al Recurso Agua (Título IV; Cap. II);

los Recursos Energéticos (Cap. XII) y los Residuos Sólidos (Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos).

También existe un “Plan Bolivia del Sector Agua y Saneamiento” (2003), cuyo objetivo superior es contribuir sustancialmente y en una perspectiva de largo plazo al mejoramiento de la calidad de vida de los bolivianos a través del mejoramiento de las condiciones de higiene y salud de la población.

Existen otras legislaciones, reglamentos y normativas específicos que serán abordadas en cada uno de los apartados correspondientes.

4.1.2. Servicios Básicos y calidad de vida en la Zona Sur

Según los estudios de Nelson Antequera, basados a su vez en Butrón y Veizaga, las condiciones de habitabilidad se miden en relación cuatro parámetros: grado de hacinamiento, distribución de agua, calidad del servicio sanitario y tipo de combustible en cocina. Según estos datos, en el municipio tan sólo el 9,98% de las viviendas se presentan como altamente deficitarias, sin embargo, este índice alcanza en la Zona Sur la cifra del 51,31%, y más del 60% en los distritos 7,8,9 y 14. En el estudio de las que se consideran las principales carencias en viviendas particulares en base a los datos del INE de 2004, destacan como las primeras, tanto en la Zona Sur como en el total del Municipio, la falta de agua por cañería y alcantarillado, seguidas de la existencia de un baño, cuartos especiales para la cocina y por último la energía eléctrica, que como veremos es el servicio cuya cobertura es más amplia en todo el Cercado.

CUADRO 4.1.1. DÉFICIT DE CONDICIONES DE HABITABILIDAD EN VIVIENDAS (%)				
Distritos	Viviendas	Déficit Nulo	Déficit Bajo	Déficit Alto
1	6202	52,92	25,52	21,56
2	13172	49,7	31,16	19,14
3	11713	57,26	28,64	14,1
4	9406	61,61	30,07	8,32
5	13828	52,92	36,77	10,31
6	15321	43,63	40,53	15,85
7	3224	13,46	25,37	61,17
8	7298	4,41	19,07	76,51
9	10538	6,3	26,9	66,8
10	10730	76,64	20,71	2,65
11	7361	77,34	19,59	3,07
12	12496	81,55	16,13	2,31
13	1403	6,41	19,53	74,06
14	5168	5,26	17,49	77,24
ZONA SUR	55377	21	27,69	51,31
MUNICIPIO	127860	48,67	41,44	9,89

Fuente: Butrón y Veizaga 2003 en Antequera, N. 2007.

Por otro lado, según el trabajo de tesis de grado realizado por Pablo Prado en el IIA de la UMSS, el Indicador de Calidad de Servicios Básicos (ICS) de la vivienda se compone de la combinación de las variables: eliminación de excretas y tenencia de baño; distribución de agua y procedencia; y tenencia de energía eléctrica. Según la clasificación realizada para el Área Metropolitana de Cochabamba (Fig. 4.1.1), gozarían de una buena calidad las secciones censales correspondientes a los distritos 10, 11 y 12; una calidad aceptable las viviendas de los distritos 1,2,3,4,5 y 6 y una calidad mala en los distritos 7,8,9,13 y 14, llegando a ser crítica en las zonas más alejadas del D 9 (barrios Israel, María Auxiliadora y Japón).

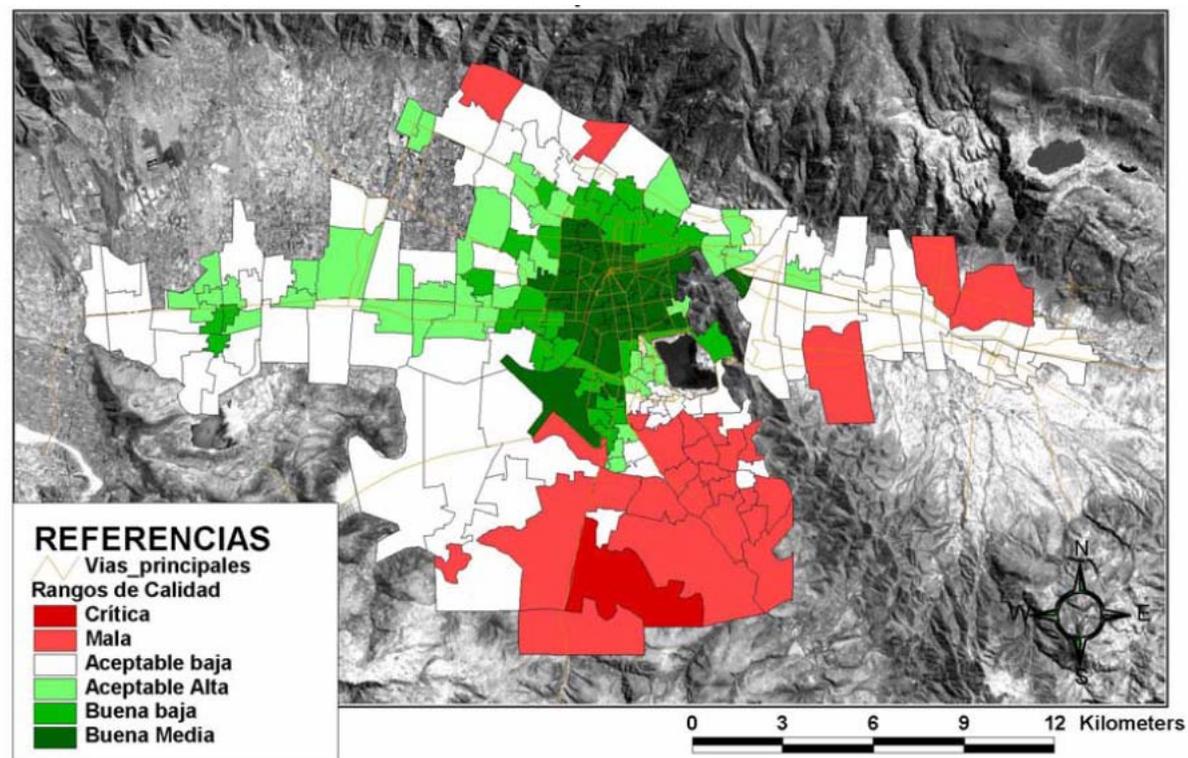
La carencia de servicios básicos se demuestra en general como un indicador más de exclusión social de los vecinos de la Zona Sur y un elemento de riesgo sanitario que queda reflejado en los altos índices de mortalidad infantil que se registran en esta zona, hasta un 26% más altas que la media municipal.

Por otro lado, el servicio de recojo de basura aunque cubre hasta el 88% del territorio urbanizado, es en los sectores más alejados y de difícil acceso de la Zona Sur donde es más deficitario y cuando se realiza, en pocos casos la recogida es diaria, provocándose importantes problemas de salubridad y contaminación. El servicio de limpieza de las vías públicas se reduce al área central de la ciudad.

Por todo lo visto hasta ahora, es que serán los servicios de agua y alcantarillado y la gestión de residuos sólidos, así como la problemática del drenaje urbano, a los que dedicaremos una especial atención, puesto que son en la actualidad los que constituyen una mayor amenaza para la salud pública y a las condiciones mínimas de habitabilidad,

aunque dedicaremos un espacio también al análisis del servicio de energía eléctrica y sus problemáticas y así como las potencialidades existentes en relación a las energías renovables.

Fig. 4.1.1. Indicador de Calidad de Servicios Básicos en el AMC



Fuente: Prado, P. 2006 basado en Cartografía y Datos de INE CNPV 2001.

4.2. LA PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN EL CERCADO

4.2.1. Agua y Sostenibilidad en la Tierra.

El agua es un recurso fundamental en lo que se refiere a la “sostenibilidad” y “continuidad” de la vida humana sobre la Tierra. Si bien es cierto que existen 1400 millones de kilómetros cúbicos cubriendo el 71% de la superficie terrestre, el 97% de esta es salada. Del 3% restante, el 87% está concentrado en los casquetes polares y los glaciares, es agua profunda inaccesible o está en la atmósfera, por lo que del total del agua existente, tan sólo el 0,01% es asequible para el uso humano. El ciclo natural del agua hace que este recurso se “renueve”, pero el suministro de agua dulce está limitado al flujo existente en cada región, por lo tanto el agua es un recurso renovable pero limitado.

La escasez de líquido disponible, debida a una sobreexplotación de los recursos, genera ya muchos conflictos en el mundo, así como problemas de salud, reducción en la producción de alimentos y modificaciones en el equilibrio ecológico. Pero no es sólo un problema de cantidad, sino también de calidad, muy especialmente en los países menos desarrollados. Existen graves problemas de contaminación debidos a una mala gestión de residuos humanos, ya sea industriales, agrícolas o domésticos, que provocan la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas de las que se abastece la población. La OMS calcula que el 80% de las enfermedades y muertes en niños en los países empobrecidos son atribuibles al agua contaminada. Bolivia no es una excepción.

Por otro lado, el crecimiento de los procesos de urbanización tiene un gran impacto sobre la gestión hidrológica de un territorio, tanto por la modificación de los procesos naturales como por el aumento de la demanda de agua dulce. En lo referente a los volúmenes de agua en movimiento, la

impermeabilización de la superficie del territorio que supone la urbanización, causada principalmente por la menor evapotranspiración y el aumento del flujo de agua superficial, influye muy negativamente en los procesos de drenaje urbano. Tanto el macrodrenaje, referido a los cursos naturales del agua que se mueven por gravedad (ríos, arroyos, torrenteras...), como el microdrenaje (infraestructuras urbanas de desagüe) se ven afectados y alterados, generándose graves problemas visibilizados sobre todo cuando se producen lluvias torrenciales y, consecuentemente, inundaciones.

Los procesos de urbanización también tienen una influencia muy negativa en lo que a la degradación de la calidad del agua se refiere. La lamentable pero frecuente acumulación de residuos sólidos (basuras) en los cauces hídricos, la ausencia y deficiencia en los sistemas de alcantarillado, así como la cantidad de sustancias tóxicas acumuladas en las superficies urbanas que son arrastradas por las primeras aguas de lluvia, generan una gran cantidad de sedimentos muy perniciosos y que en muchas ocasiones no cuentan con ningún tipo de tratamiento, generando la contaminación de las cuencas de agua y las aguas subterráneas.

Adentrándonos también en las implicaciones sociales que la gestión de agua conlleva, existen estudios internacionales que nos demuestran cómo el agua se constituye en uno de los principales factores de marginación y segregación en los países empobrecidos. Según datos de M. O'Meara Sheehan en *Reconciliando ciudades divididas. Informe World Watch 2003* (Barcelona, Icaria):

“El agua que con frecuencia sólo llega a los barrios marginales en camiones cisterna, se vende a un precio mucho mayor que el que pagan los ricos por el agua municipal que les llega por tuberías. Así, el precio del agua puede llegar a ser en los suburbios marginales entre 7 y 11 veces más caro que el que se

paga en las zonas residenciales más ricas de Nairobi; y de 12 a 25 veces más caro que el agua del grifo en Dhaka; de 16 a 34 veces más caro en los barrios pobres de Tegucigalpa, de 20 a 60 veces más caro en Surabaya y de 23 a 83 veces en Karachi. Un agua además, de mala calidad, que no pocas veces transmite el cólera. Se paga más para coger el cólera.”¹

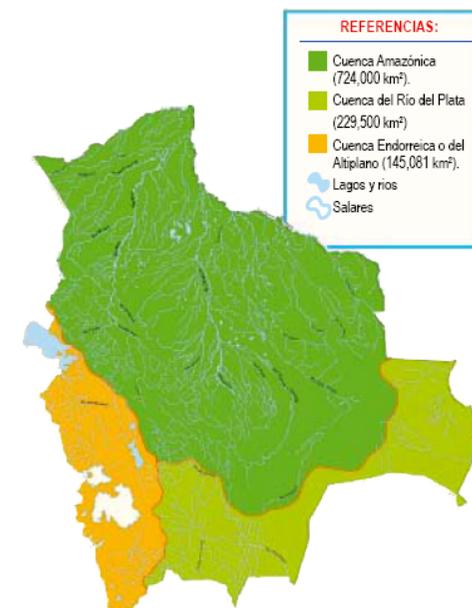
4.2.2. El agua en Bolivia

La distribución de los recursos hídricos en Bolivia es tan diversa como la naturaleza de sus territorios, variando las precipitaciones desde los 300 mm/año hasta los 1800 mm/año. Encontramos tres cuencas principales: la cuenca del Amazonas, que ocupa dos tercios del territorio y cuenta con una media de 1814 mm/año de precipitaciones, la cuenca del Río de la Plata en la zona del Chaco, con 854 mm/año y la Endorreica o del Altiplano con un promedio de 421 mm/año (Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios, 2005). Estas cuencas se dividen en diez subcuencas, 270 ríos principales, 184 lagos y lagunas, 260 humedales y seis salares. En las aguas subterráneas, encontramos en la cuenca Altiplánica una serie de acuíferos de buena calidad de aguas, que empeora notablemente en el entorno del Salar de Uyuni. En los valles interandinos existen acuíferos libres en los aluviones de los valles tributarios y confinados en los depósitos lacustres y fluvio lacustres. Finalmente en la zona de los Llanos y el Chaco el potencial subterráneo es muy variable. En Bolivia encontramos cinco acuíferos de carácter transfronterizo compartidos con los países de su entorno. (Villegas, P. 2008).

Como sabemos el agua explotada por el hombre se reparte principalmente para su uso en el riego, la industria y el consumo humano.

¹ En "Geografía urbana de la Pobreza", R.C., P.G. y M.S. Revista Archipiélago nº 62. Barcelona 2004.

Fig. 4.2.1. Principales Cuencas Hídricas de Bolivia.



Fuente: RRNN en Bolivia. CEDIB 2008.

En el año 2005, en Bolivia el 86% de las extracciones totales se destinaban al sector agrario, mientras que el 14% restante se distribuía por la redes de agua. De este porcentaje, 79% del agua se utilizaba para usos domésticos, el 13% comerciales, el 2% para la industria y el 5% para usos oficiales. (UDAPE en base a información INE).

En relación a la cobertura de agua potable para la población por departamentos, Cochabamba se encontraría en quinto lugar con un 63%, por detrás de Santa Cruz (82%), Tarija (81%), La Paz (72%) y Oruro (66%). La cobertura en Cochabamba alcanza al 68,6% de la población en el área urbana y al 34,25% en el área rural. (SIAS, 2005 e INE 2001).

En relación a la contaminación de las aguas, se calcula que el 80% de las enfermedades en el país tienen origen en el consumo de agua contaminada, siendo las diarreas la principal causa de mortalidad infantil.

La falta de control sobre los vertidos industriales, especialmente en el caso de la minería, es la principal causa de contaminación del agua y el medio ambiente en Bolivia. También constituyen fuentes importantes de contaminación los agroquímicos. Como dato señalar que se utilizan unas 12.000 toneladas de plaguicidas al año, la tercera parte de los cuales van a la producción de soya, con 857 compuestos diferentes, de los que 70 están prohibidos en el resto de países (Ribera, 2008).

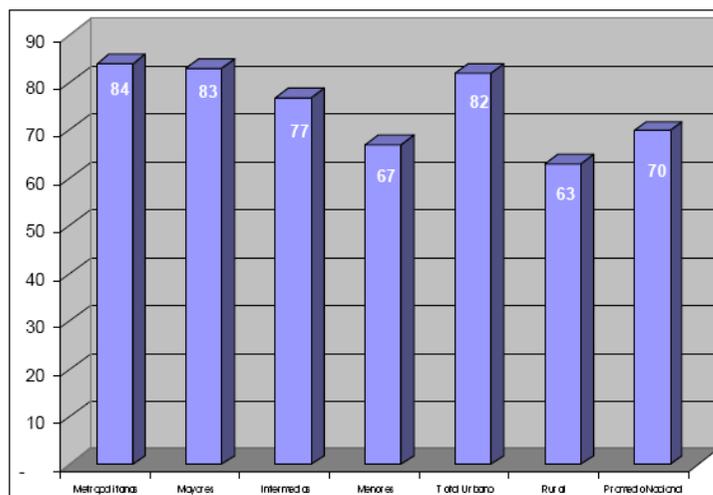
Según el “Plan Bolivia del Sector de Agua y Saneamiento”, más de 2,5 Millones de bolivianos no tienen acceso al servicio de Agua Potable y una parte importante del resto que están conectados a una red pública de agua reciben un servicio deficitario en calidad y continuidad.

En lo referente al Alcantarillado la situación es más dramática; cerca de 5 Millones de bolivianos no tienen acceso a un buen servicio de alcantarillado y, adicionalmente, la contaminación ambiental es fuerte

debido a que el grado de tratamiento de las Aguas Servidas es mínimo.

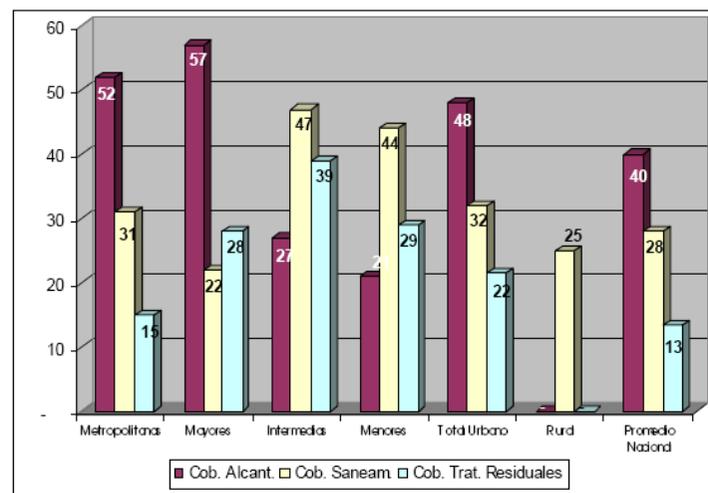
Según este mismo informe, en la cobertura de Agua Potable, aún se observan serias deficiencias en la calidad de prestación del servicio en términos de insuficiencia en la capacidad de producción de agua cruda, altos niveles de pérdidas, bajas horas de prestación y deficiente calidad del agua, principalmente en zonas peri-urbanas, ciudades menores y en el área rural. Respecto al Alcantarillado, solamente el 48% de la población urbana cuenta con redes públicas de Alcantarillado y en el área rural esta cobertura es casi nula. En promedio solamente el 13% del agua recolectada mediante redes recibe tratamiento. Las aguas no tratadas sumadas a las descargas in situ (28% a nivel nacional) contribuyen de manera importante a la degradación del medioambiente y la creación de situaciones de riesgo para la población por la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

Fig. 4.2.2. Cobertura de Agua Potable



Fuente: Plan Bolivia del Sector de Agua y Saneamiento. MVSB.

Fig. 4.2.3. Cobertura del Saneamiento.



Fuente: Plan Bolivia del Sector de Agua y Saneamiento. MVSB.

4.2.3. Marco Legal

La Nueva Constitución Política del estado Boliviano recoge en su art. 16 como derecho fundamental el derecho al agua, que se explicita como el derecho de toda persona al acceso universal y equitativo a los servicios básicos de agua potable y alcantarillado, que es responsabilidad del Estado y cuya provisión habrá de realizarse a través de entidades públicas, mixtas, cooperativas o comunitarias, constituyendo derechos humanos que no son objeto de concesión ni privatización. (Art. 20). En la Cuarta Parte, Título II, se dedica el Capítulo Quinto a los Recursos Hídricos. En él de nuevo se reconoce el agua como “derecho fundamentalísimo” para la vida, constituyendo un recurso finito, vulnerable y estratégico que cumple una función social, cultural y ambiental, siendo responsabilidad del Estado elaborar Planes para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las cuencas, siempre respetando los usos y costumbres de las comunidades.

La Ley 1333 de Medio Ambiente recoge en su Título IV un Capítulo destinado al Recurso Agua. También en ella se reconoce el dominio y responsabilidad del Estado sobre el manejo adecuado de las aguas, siendo el encargado de promover la planificación, uso y aprovechamiento integral para beneficio de la sociedad.

Existen así mismo reglamentos específicos referidos a las instalaciones de agua tales como la NB 688 de “Instalaciones Sanitarias - Alcantarillado Sanitario, Pluvial y Tratamientos de Aguas Residuales”; los “Reglamentos Técnicos de Diseño para Unidades de Tratamiento no Mecanizadas para Sistemas de Agua Potable y Aguas Residuales” (1996) correlacionado con los “Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Alcantarillado”; NB 512 sobre Control de Calidad del Agua para consumo humano; NB 689 de Instalación y Diseño de Sistemas de Agua Potable y la

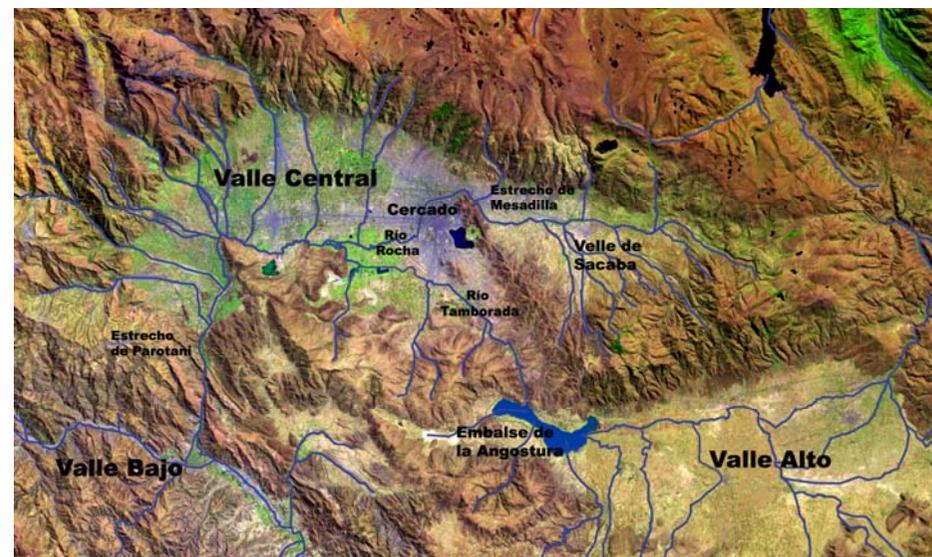
“Guía Técnica de Diseño de Agua Potable y Saneamiento” del Ministerio de Servicios y Obras Públicas de la República de Bolivia.

4.2.4. Recursos Hídricos en el Valle Central de Cochabamba.

Hidrología del VCC

El área de estudio se sitúa en la parte mediana de los Andes Centrales y se compone del Valle Alto, el Valle Central y Valle Bajo. Existe una relación directa entre los Valles Alto y de Cochabamba (Valle Central y de Sacaba), que empezando en el sistema de drenaje sigue por el estrecho de Parotani constituyendo la denominada Cuenca del Alto Caine. (Fig. 4.2.4). De forma natural las aguas del embalse de la Angostura (punto de salida de la cuenca del Valle Alto) fluyen hacia el Valle de Cochabamba a

Fig. 4.2.4. Hidrología del valle Central de Cochabamba



Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía del CLAS.

través del Río Tamborada. A la altura del aeropuerto de la ciudad de Cochabamba, se juntan con las aguas del Río Rocha (el cual tiene sus nacientes en la parte alta del Valle de Sacaba e ingresa al Valle Central por el estrecho de Mesadilla), fluyendo por la parte sur del Valle Central en dirección este - oeste hasta el sur de Quillacollo. El Río Rocha vira luego hacia el sur y recorre la parte sur del Valle Central por el lado este, hasta el estrecho de Parotani, punto de salida de la cuenca hacia el Valle Bajo.

El Valle Central de Cochabamba corresponde a una depresión topográfica con orientación este-oeste que se extiende sobre una longitud de unos 34 Km y una anchura de 24 Km, con una superficie total de unos 454 Km². Su altitud media es de 2700 msnm, estando al norte limitado por el macizo paleozoico de la Cordillera del Tunari con una fuerte pendiente que genera un desnivel de más de 1000 m; al Este por la Serranía de San Pedro, que la separa del Valle de Sacaba; al oeste por la cordillera de Mazo Cruz y al Sur por una serie de colinas paleozoicas que no exceden los 3000 m. (SEMAPA, 1994)

La topografía actual de la cuenca es el resultado del relleno de una cuenca cuaternaria con depósitos lacustres y fluvio lacustres, cuya distribución está guiada por la existencia al norte y al oeste de relieves importantes y por la actividad que existe aún en la Falla del Tunari. El escarpe topográfico está subrayado por un conjunto de ríos y arroyos que descienden de la cordillera en la dirección sur. El eje de la llanura está marcado por el curso del río Rocha. (SEMAPA, 1994)

La estación de lluvias se concentra de Octubre a Abril, con precipitaciones que varían en relación a la altitud y la localización. En la llanura las precipitaciones anuales están entre los 450-550 mm/año, mientras que sobre los macizos oscilan entre los 1000 y 1500 mm. (SEMAPA, 1994).

El régimen de los ríos que descienden de la cordillera es de tipo torrencial y estacionario. En la parte baja de su curso, antes de entrar a la llanura, una parte de su caudal se infiltra en las zonas de caluviones. El Río Rocha es el principal sistema de drenaje de las aguas superficiales. Durante la temporada seca, apenas presenta flujo en la mayor parte de la cuenca, ya que gran parte del agua de sus afluentes permanentes es utilizada para el riego.



Vista del Valle de Cochabamba desde la Cordillera del Tunari

Fuente: Elaboración propia.

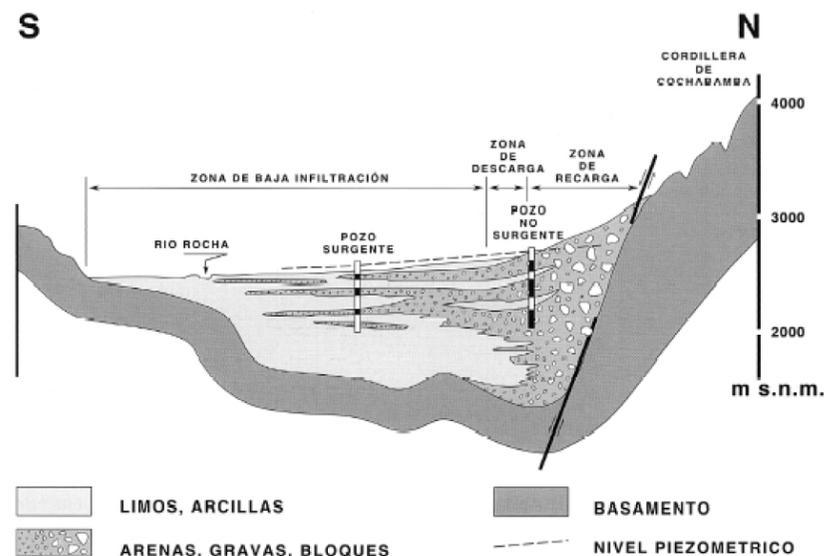
Disponibilidad de Agua Superficial en el VCC

La última investigación realizada en relación a los recursos hídricos del VCC fue llevada a cabo por la Asociación de Investigación y Desarrollo Andino – Amazónico en el año 1998 bajo el título *Manejo Integral del Agua en el Valle Central de Cochabamba*, y en ella se realiza un inventariado de las fuentes superficiales aprovechables en la cuenca del Valle de Cochabamba y las cuencas vecinas, evaluándose su potencialidad, y la factibilidad de su aprovechamiento para el abastecimiento del área urbana de Cochabamba. Los resultados que arrojaron estos estudios hablan de la existencia de una serie de cuencas en las que la realización de obras de regulación y almacenamiento permitiría el abastecimiento de agua para la ciudad con caudales que van desde los 30 hasta los 2.500 l/s. El más importante de los proyectos detallados en este estudio es el Proyecto Múltiple Misicuni, del que hablaremos más adelante, destacando también aquellos situados en Escalerani, ríos Viloma y La Llave, y una propuesta para el aprovechamiento de las aguas de la represa de la Angostura, que abastecen al sistema de riego, para el abastecimiento de agua potable para la Zona Sur. Esta última opción fue finalmente rechazada por lo costoso del tratamiento de depuración debido a alta salinidad de las aguas, con altos contenidos de nitratos y mercurio.

Las aguas subterráneas del VCC

El conocimiento, aunque no sea en gran profundidad, de las condiciones del acuífero de Cochabamba nos permitirá, por un lado, evaluar las alternativas de abastecimientos y descentralización de las fuentes de suministro de agua en el Valle, y por otro, conocer qué tipo de acciones, tanto de la población como iniciadas a partir del planeamiento urbano, pueden estar afectando a las aguas que se encuentran en el subsuelo.

Fig. 4.2.5. Sección del VCC y depósitos Plio-Cuaternarios.



Fuente: Renner y Velasco en PMOT. 2009.

Tal y como observamos en la Fig. 4.2.5., el agua subterránea de los valles se recarga principalmente al pie de las serranías, donde predominan sedimentos gruesos que permiten la infiltración y percolación de agua hacia los acuíferos freáticos. El agua de recarga proviene de las torrenteras y en menor proporción, directamente de la precipitación sobre las zonas de recarga. Más abajo, hacia el centro de los valles, la superficie se vuelve arcillosa y forma una capa confinante de las aguas subterráneas. La faja transicional entre las zonas freáticas y de confinamiento se caracteriza frecuentemente por la descarga natural de las aguas subterráneas: en tal faja se presentan manantiales donde el nivel freático corta la superficie del terreno o donde existen lugares débiles en las capas confinantes, manteniéndose localmente la evapotranspiración por flujos capilares desde

el agua subterránea. En las partes bajas de los valles existen contactos directos entre los acuíferos y los ríos, dando lugar a la descarga del agua subterránea en forma de escorrentía subterránea. Por otro lado, los numerosos pozos y otras obras de captación ocasionan una importante descarga artificial de las aguas subterráneas. Al contrario, la descarga por flujos subterráneos a través de las divisorias se considera insignificante, tomando en cuenta las condiciones geológicas y las observaciones de campo al respecto. (Prudencio, A. 1998).

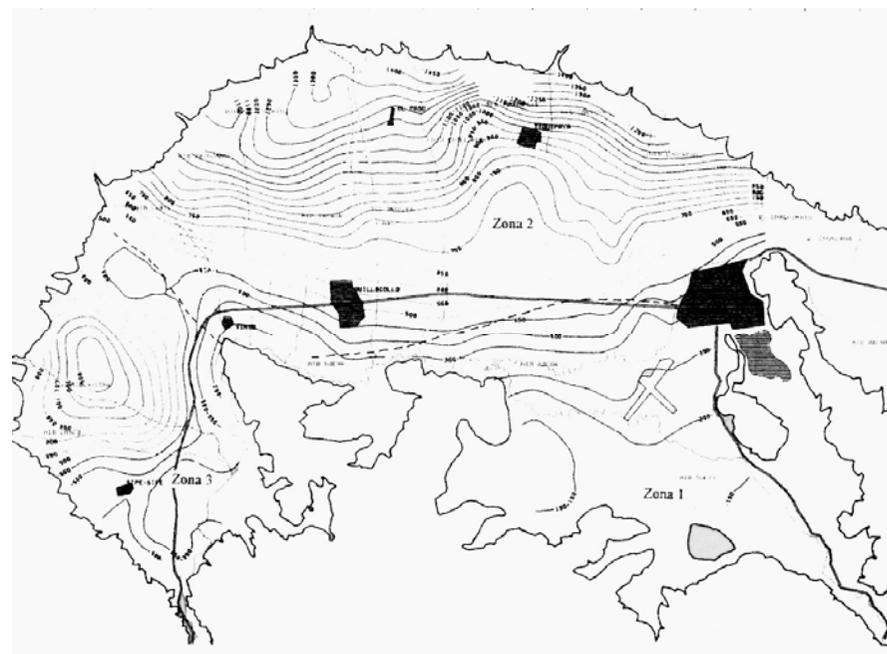
En relación a la profundidad y espesor del acuífero, los estudios realizados distinguen tres zonas diferentes (Fig. 4.2.6.):

- Zona 1 "Meseta de la Mayca": conformada por depósitos plio-cuaternarios de poco espesor, inferior a 100 m, que no presenta intereses hidrogeológicos notables para la implantación de pozos profundos. Corresponde prácticamente en su totalidad a la Zona Sur de la ciudad de Cercado.
- Zona 2 "Conos aluviales del norte". Que se subdivide a su vez en:
 - La zona A es la del abanico dicho de "San Miguel", en la que el espesor de los depósitos plio-cuaternarios alcanza a 1450 m en la región de El Paso.
 - La zona B. Es la de los conos de ladera formados por pequeñas grabas que constituye el límite norte de la cuenca y la zona de recarga.
- Zona 3 " de la Llave-Viloma". En la que el espesor de los depósitos plio-cuaternarios alcanza ahí localmente 800 m. Esta zona se encuentra ya fuera del Municipio de Cercado.

En general el sistema acuífero se extiende sobre el conjunto del valle central de Cochabamba, con espesores muy variables, cubriendo una superficie de 454 km². Las más interesantes en cuanto a la posibilidad de

excavación de pozos profundos la constituyen la zona 2 y la zona 3, aunque las circunstancias coyunturales hacen que sea la Zona 1 en la que existe un mayor número de pozos excavados.

Fig. 4.2.6. Espesor del acuífero



Fuente: SEMAPA 1998.

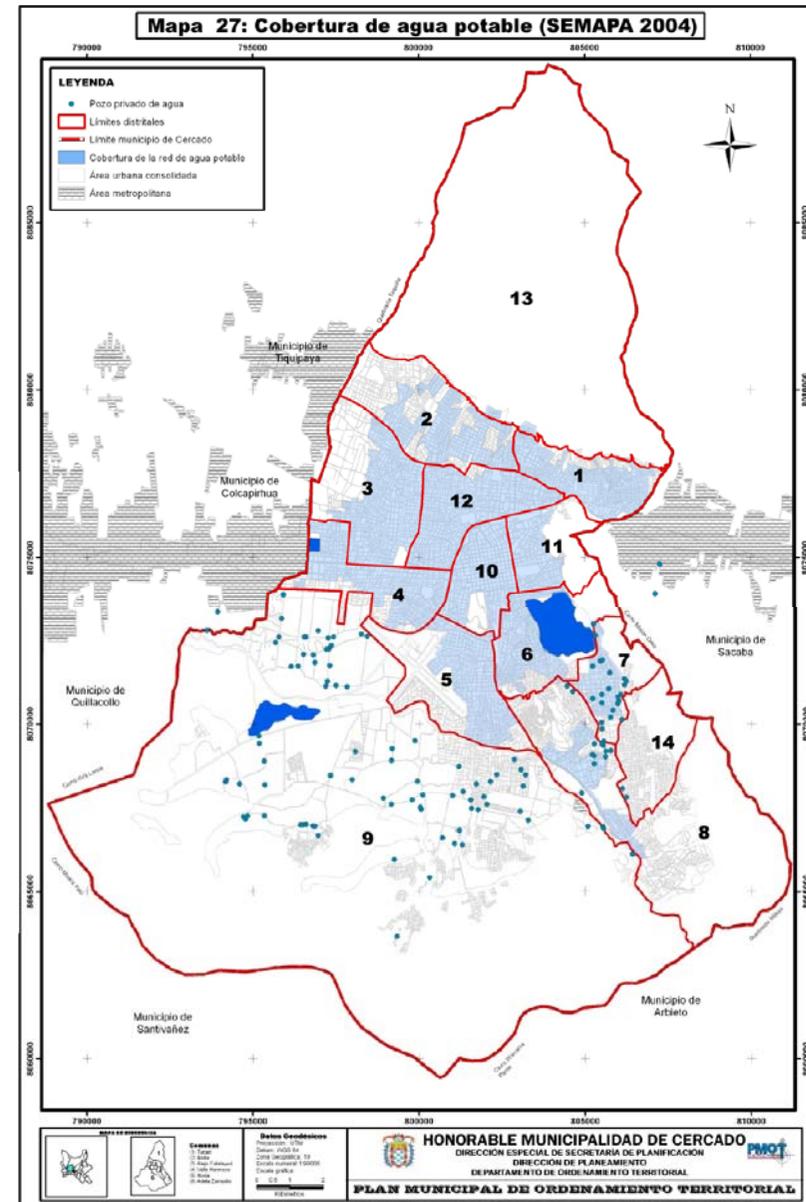
El estudio de los datos arrojados nos lleva a concluir que es en la Zona 2 donde encontramos aguas subterráneas de buena calidad para el consumo, no así en las Zonas 3 y 4. El problema que surge en este caso es el hecho de que, como veremos, es precisamente en la zona donde existe cobertura del servicio público de SEMAPA en la que encontramos un mayor espesor del acuífero y buena calidad de las aguas, mientras que será la zona Sur de la ciudad la que nuevamente carezca de un recurso adecuada tanto por la cantidad como por la calidad. Esto nos lleva a la conclusión de que no podemos contar con la posibilidad exclusiva del autoabastecimiento con pozos como medio para la población de esta zona, sin tener en cuenta además las problemáticas de contaminación que encontramos por la ubicación tanto del botadero municipal como de la planta de depuración de aguas residuales, siendo ineludible la dependencia para el abastecimiento tanto de las obras de gran magnitud a realizar en el Proyecto Misicuni, como de los otros municipios del entrono.

4.2.5. La gestión del agua potable en el Cercado

En Cochabamba, la gestión del agua ha constituido y aún representa una cuestión primordial dentro de las problemáticas urbanas existentes, por no decir la mayor de ellas. La situación de la ciudad dentro de una geografía compleja con procesos de degradación ambiental avanzados, la falta de cobertura y mala calidad en el servicio de agua potable y alcantarillado, los problemas de contaminación, los intereses económicos, la ausencia de mecanismos de control, las enfermedades asociadas, etc. son sólo algunas de las cuestiones que se entrelazan a la hora de abordar este problema.

El sistema de agua potable es cubierto por la empresa municipal SEMAPA tan sólo en el 49 % de las viviendas del Cercado, correspondiente a la zona norte y centro (Fig. 4.2.8). El resto del territorio se abastece a

Fig. 4.2.8. Cobertura de agua potable (SEMAPA 2004)

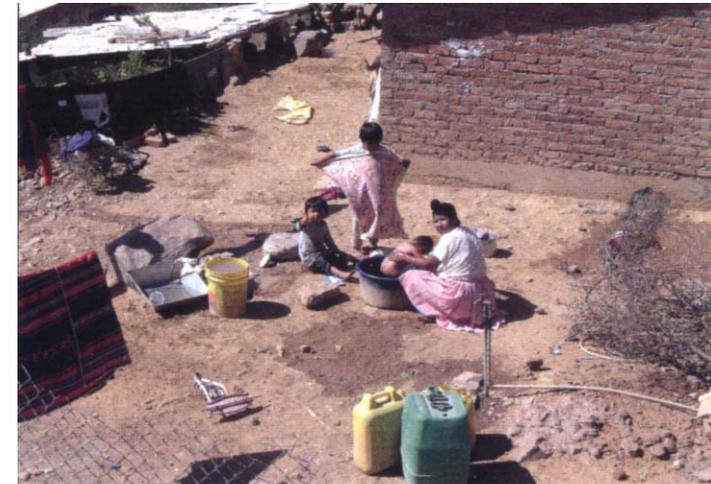


Fuente: HAMC. PMOT. 2009.

través de carros cisterna (de dudosa calidad y procedencia desconocida) o pozos, ya sea individualmente o colectivamente con tanques altos construidos por los comités de agua, que representan el principal modo de organización vecinal para la autogestión del servicio.

Según la clasificación realizada por Nelson Antequera del territorio urbano, son las zonas más antiguas, las áreas en proceso de densificación, las que cuentan con un mayor índice de acceso al agua por cañería, con un 76,90 %, el 16,10% lo haría a través del carro aguatero y el 6,99% por otros medios. En el caso de las zonas en consolidación, sólo el 41,13% tendría agua de la red, la mayoría se proveería por el aguatero (43,24%) y un 15,63% otros medios. En el caso de las zonas más nuevas, denominadas zonas en expansión, hasta un 55,82% se abastece por carros aguateros, el 23,40% por otros medios y solamente 20,79% accede a la red pública (Antequera, N. 2007).

Esta diferencia de modos de suministro genera principalmente dos grandes problemas. En primer lugar, un problema de calidad de las aguas, ya que no existe ningún control sobre el agua que venden los carros aguateros, que representa más del 80% del suministro de los hogares que no acceden a la red pública (Ledo, C. 2005), que además se entrega en muchas ocasiones en turriles situados cerca de los caminos (para que el camión tenga acceso), en los que el paso de vehículos contamina aún más el agua allí almacenada. En el caso de los pozos, ya sean excavados o perforados, existen distintas situaciones con respecto a la calidad de las aguas subterráneas en el municipio, sobre todo en relación al grado de salinidad, que se ven además en la Zona Sur perjudicadas por la existencia de importantes focos de contaminación para las aguas freáticas como el botadero de basura de K´ara K´ara o los vertidos de aguas residuales domésticas e industriales.



Aseo en torno al grifo del agua

Fuente: Ledo, C. 2005.



Compra del agua en turriles al carro aguatero.

Fuente: Alumnos Urb. I. Prof. Freddy Surriabre

El segundo gran problema se encuentra en la diferencia de precios existente entre las distintas situaciones, resultando normalmente un servicio de peor calidad, poca constancia y altos costos en las zonas más alejadas del centro donde reside la población más pobre, cuya capacidad económica se ve mermada por los altos precios que, además, limitan mucho la capacidad de consumo. Según un estudio realizado por el CEDIB, encontramos las situaciones diferenciadas recogidas en el cuadro 4.2.1., en el que observamos que puede existir una relación hasta de 10/1 en los precios a pagar en las zonas más inaccesibles respecto al precio de SEMAPA.

En un estudio realizado por la Dra. Carmen Ledo en el CEPLAG, se evidencian también las diferencias existentes en relación a la disponibilidad de agua en el hogar en los diferentes estratos territoriales. Según este trabajo encontramos 6 estratos diferenciados (cuadro 4.2.2.), siendo claras las diferencias existentes entre los distritos de las zonas central y norte y los de la zona sur, estando peor dotados el distrito 13 y el 9, ambos con un carácter *peri-urbano*, muy alejados del área central, pero que desde hace tiempo han sido alcanzados por la mancha urbana de un modo más o menos regularizado.

CUADRO 4.2.1. SUMINISTRO DE AGUA EN CERCADO					
Zona	Distritos	Pobl.	Provisión agua	Consumo l/hab.día	Costo por m ³ (Bs)
Norte y Central	1,2,3,4,10,11 y 12	400 mil	258 mil conexiones de SEMAPA	99	0,95 - 2,92
Sur	7,8,9 y 14	250 mil	Comités con fuente propia de agua	22	2,00 - 5,00
			Comités con provisión por camión cisterna	19	10
			Individual con carro cisterna	11	25
Sur central	5 y 6	150 mil	SEMAPA 2 veces por semana	22	0,95 - 2,92

Fuente: CEDIB, 2008.

CUADRO 4.2.2. DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL HOGAR EN CERCADO				
Estratos	Agua potable por cañería de red (%)			
	Dentro vivienda	Dentro parcela	No disponible	Total
1. Dto 9	11,2	24,4	64,3	100
2. Dto 13	17,6	26,6	55,8	100
3. Dtos 2 y 6	42,3	35,7	22,1	100
4. Dtos 1,3,4 y 5	54,3	28,7	17	100
5. Dtos 10, 11 y 12	76,5	12,4	11,2	100
6. Dtos 7, 8 y 14	5,4	7,8	86,7	100
TOTAL	46,4	23,1	30,4	100

Fuente: INE 2001, en Ledo, C.

Sistema centralizado de agua potable: SEMAPA.

El servicio público del Municipio de Cercado está en manos de la empresa SEMAPA (Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado), creada en el año 1967 como Empresa Municipal de Sociedad Mixta. Ya entonces el Estado Boliviano había comprado las lagunas privadas de la Cordillera de Escalerani y El Toro, construyéndose la primera presa en el año 1940, las galerías filtrantes en Chungara y los pozos de hundimiento en Arocagua en el año 1956. No siendo satisfecha toda la demanda con estas fuentes de agua, la Región vuelca sus miras hacia las aguas que se encuentran en la cordillera del Tunari, donde comienza la amazonía boliviana y existen grandes precipitaciones, esperando poder aprovechar las aguas de los deshielos y de sus cuencas hídricas. Estos objetivos se materializan en el proyecto Misicuni, que tras tres décadas para su redacción, se encuentra con la dificultad del financiamiento para su ejecución. Sobre la base de la política de privatizaciones que implementó el Gobierno de Bolivia a partir del D. S. 21060 en los años 90, se licita la concesión de Misicuni y SEMAPA, la que luego de un “confuso” proceso de calificación de las propuestas el Consorcio Inglés – Americano – Boliviano denominada “Aguas del Tunari” se concesionó a partir de octubre del año 1999 por un plazo de 40 años. (Terceros, G. 2004).

Al poco tiempo una de las primeras medidas que adoptó “Aguas del Tunari” fue la de incrementar las tarifas en un porcentaje de 35% y una recategorización de usuarios que elevó las tarifas hasta un 150%. Durante la administración del consorcio Aguas del Tunari en el aspecto técnico no se mejoró el servicio de suministro de agua. La medida anterior no fue aceptada por la población usuaria y causó una sublevación social de todo Cochabamba que concluyó con la denominada “Guerra del Agua” y el mes de abril 2000 se terminó con la toma física de SEMAPA y el desalojo de los

privatizadores. A partir de abril del 2000, se prometió una participación social en el Directorio con la conformación de la Coordinadora del Agua y un Directorio transitorio. Posteriormente SEMAPA elaboró un nuevo Estatuto Orgánico, que permite a SEMAPA tener 7 Directores, 3 de los cuales por primera vez fueron elegidos por voto directo de los usuarios. (Terceros, G. 2004).



La Guerra del Agua. Cochabamba 2000.

Fuente: Gonzalo Terceros, 2004.

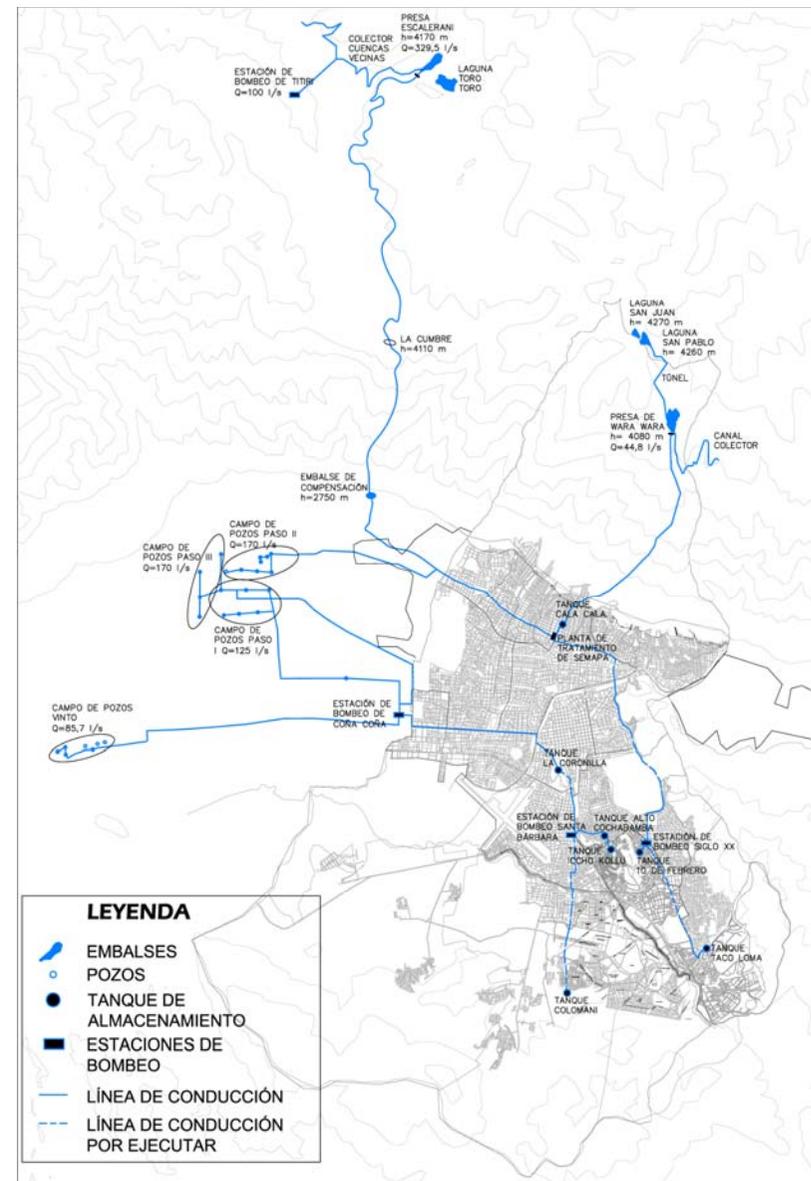
SEMAPA cuenta en la actualidad con dos fuentes de abastecimiento, las superficiales, que son responsables de aproximadamente el 40 % del abastecimiento, y las subterráneas, que proporcionan el restante 60%.

Para las aguas superficiales, tiene dos presas de gravedad construidas en tierra con una capacidad de almacenamiento de unos 10 millones de metros cúbicos y con una producción de agua de unos 312 l/seg., promedio anual, destacando entre ellos el sistema Escalerani y el sistema Wara Wara. Las aguas subterráneas son explotadas mediante 30 pozos perforados con profundidades que varían de 100 hasta 500 metros, los cuales están produciendo un caudal promedio de 580 (l/seg.). Estos pozos se encuentran ubicados en un 90% a una distancia de 15 a 20 km. de la ciudad, en la zona de Vinto y El Paso. (Fig. 4.2.9.). Todas estas fuentes de suministro se encuentran fuera del límite municipal de Cercado.

El sistema de distribución de agua potable de la ciudad de Cochabamba es muy complejo principalmente por la diversidad de las fuentes con las que se alimenta. En lo referente a la red de distribución propiamente dicha, esta cuenta con tres zonas de presión claramente diferenciadas denominadas red alta, media y baja. La red baja es abastecida principalmente por el Sistema Escalerani que recibe sus aguas de la planta de tratamiento de Cala Cala, la red media se alimenta principalmente a través del tanque Cala Cala Alto cuyas aguas provienen de los campos de pozos y la red alta recibe aportes principalmente del sistema Wara Wara. (SEMAPA 2009).

Existen dos plantas potabilizadoras de agua con capacidad instalada de 500 l/seg. entre las dos, para purificar las aguas superficiales. La red de distribución tiene una longitud aproximada de 720 km. en diámetros variables de 2" a 24". Se dispone de 25.000 m³ de almacenamiento en tanques, a pesar de lo cual el servicio de suministro es discontinuo allá donde hay. También existen 5 Estaciones Elevadoras de agua para poder

Fig. 4.2.9. Fuentes de agua de SEMAPA



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SEMAPA.

atender los desniveles topográficos que son del orden de 250 metros del punto mas alto al más bajo.

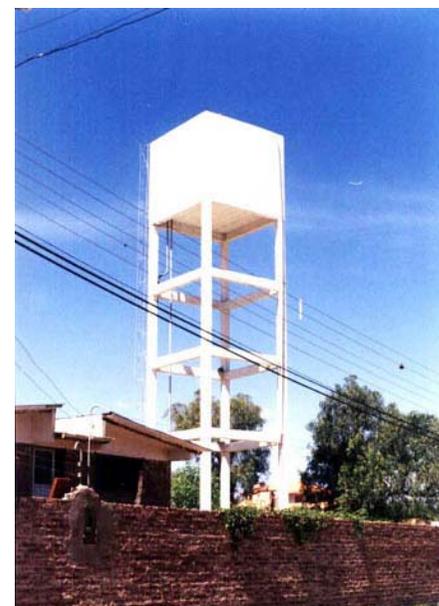
Sistemas Autónomos

En las zonas donde no existe acceso a la red pública de agua, principalmente la Zona Sur, la conformación de los Comités de Agua se convierte en una importante herramienta para conseguir un agua a mejor precio y de mejor calidad, además de la construcción colectiva de una red de distribución para los vecinos.

El agua se obtiene por dos fuentes principalmente: pozos perforados con recursos de los vecinos o el apoyo de alguna ONG, o camiones cisterna de agua adquiridos colectivamente. Este agua se almacena en tanques altos o bajos a partir de los cuales es distribuida por la red hasta los domicilios de los socios del comité. En algunos casos se disponen medidores individuales, y en otros se paga una cuota fija por el servicio, independientemente del consumo, que normalmente está limitado por la capacidad de los tanques de almacenamiento. Todos los sistemas de agua se construyeron bajo el sistema de autoayuda y trabajo comunitario, donde se apoyaron en la tradición andina de trabajo solidario y por turnos, conocida como el “ayni”, y en la vasta experiencia organizativa en los sindicatos de las minas.

Existen unos 120 comités de agua en la Zona Sur con un promedio de unas 200 familias asociadas por sistema, la mayoría de los cuales pertenecen a ASICASUR (Asociación de Sistemas Comunitarios de Agua Potable de la Zona Sur). Esta asociación trata de buscar un nuevo modelo de gestión que vaya más allá de la gran empresa estatal, que resulta difícil de gestionar y controlar, y que se apoye en la cultura comunitaria y su larga experiencia en el manejo de los bienes comunes. Es por ello que

hacen una importante labor de coordinación para conseguir que, una vez se realicen las obras de ampliación de redes y tanques de agua para suministrar el agua a la zona sur, los comités de agua no desaparezcan como forma descentralizada de gestión y control social. Se propone así realizar acuerdos con la empresa SEMAPA por los cuales ésta les



proporcionaría agua a sus depósitos, que contarían con un macro-medidor, y después serían los comités, a través de los sistemas que han sido construidos y financiados por los propios vecinos, los que gestionarían el suministro doméstico.

Tanque Alto en el Distrito 9.

Fuente: Alumnos Urb I. Prof. Freddy Surriabre.

Es necesario también comentar que existen algunos problemas en el funcionamiento de algunos comités derivados, principalmente, de la falta de capacidad económica para poder llevar una adecuada gestión administrativa del servicio. En este sentido existen ciertos conflictos en su relación con las OTB de algunas zonas. Siendo estas organizaciones las que la Ley de Participación Popular (LPP) reconoce como representativas de la vecindad para la gestión y resolución de las problemáticas urbanas, existen varias razones que hacen que no sean la herramienta adecuada para la gestión de los sistemas de agua. Por un lado, se constituyen a partir de un proceso “vertical”, de arriba abajo, gracias a la LPP, lo cual las ha

convertido en instrumentos políticos que, en ocasiones, se ven fuertemente influenciados y manipulados por los partidos en el poder municipal. Frente a esto, los comités de agua se originan desde abajo, en base a la necesidad fundamental del suministro del agua, problema con un grado de complejidad cuya gestión requiere de un instrumento exclusivo. Sin embargo, se producen en ocasiones relaciones de competitividad entre ambos instrumentos en lugar de apoyos mutuos, siendo las OTB y el propio municipio los principales obstáculos que a nivel operativo encuentran los comités de agua.

Normalmente, los comités de agua cuentan con una mesa directiva cuyos cargos se renuevan cada 2 años, conformados por un presidente, vicepresidente, secretarios y vocales. Estos cargos se ejercen voluntariamente y no cuentan, normalmente, con ningún incentivo. Este hecho genera a veces problemas de disponibilidad de tiempo de los dirigentes o, en caso contrario, la dedicación les impide realizar sus trabajos y ello les conlleva problemas económicos derivados de la entrega al servicio comunitario.

Otro hecho relevante observado desde este trabajo de investigación, es el importante negocio que en torno al agua potable existe en Cochabamba, no sólo por la venta del recurso, sino también por la construcción de los sistemas autónomos. En este sentido resulta relevante el trabajo realizado por la Fundación Agua Tuya. Se trata de una Fundación nacida a partir de la empresa de producción de plásticos Plastiforte. Esta fundación se dedica a la realización de sistemas de agua potable y saneamiento de pequeña y mediana escala para los barrios de la periferia de Cochabamba. La relevancia de este caso se encuentra, por un lado, en el hecho de convertirse en uno de los principales constructores de sistemas comunitarios de la Zona Sur, cooptando para ello gran parte de las ayudas y financiaciones existentes. Por otro lado llama la atención por el hecho de

que, estando estos sistemas construidos a partir de los elementos fabricados por Plastiforte, la Fundación se dedica a la captación de fondos, ya sean de cooperación internacional como de financiación de la administración pública, y la elaboración de proyectos cuya construcción, que realizan a un precio bastante alto y con un amplio margen de beneficio (unos 300US\$/familia en el caso de las conexiones de agua) se realizará con los materiales vendidos por la propia empresa. Se convierten así en “juez y parte” en un proceso en el que, actuando como fundación, se esperaría existiese algún grado de altruismo por parte de los implicados.

Sin embargo es necesario mencionar también a un gran número de fundaciones y organizaciones cuyo trabajo está siendo fundamental a la hora de reivindicar condiciones de vida dignas en relación al suministro de agua en las áreas con población más empobrecida, destacando el trabajo de la ONG Agua Sustentable o el aporte que desde la cooperación internacional, principalmente JICA (cooperación japonesa) y la Unión Europea, se realiza para la construcción y ampliación de las redes y los tanques para el suministro de agua de la zona sur.

4.2.6. Proyectos para el abastecimiento de agua en Cochabamba.

Proyecto Misicuni

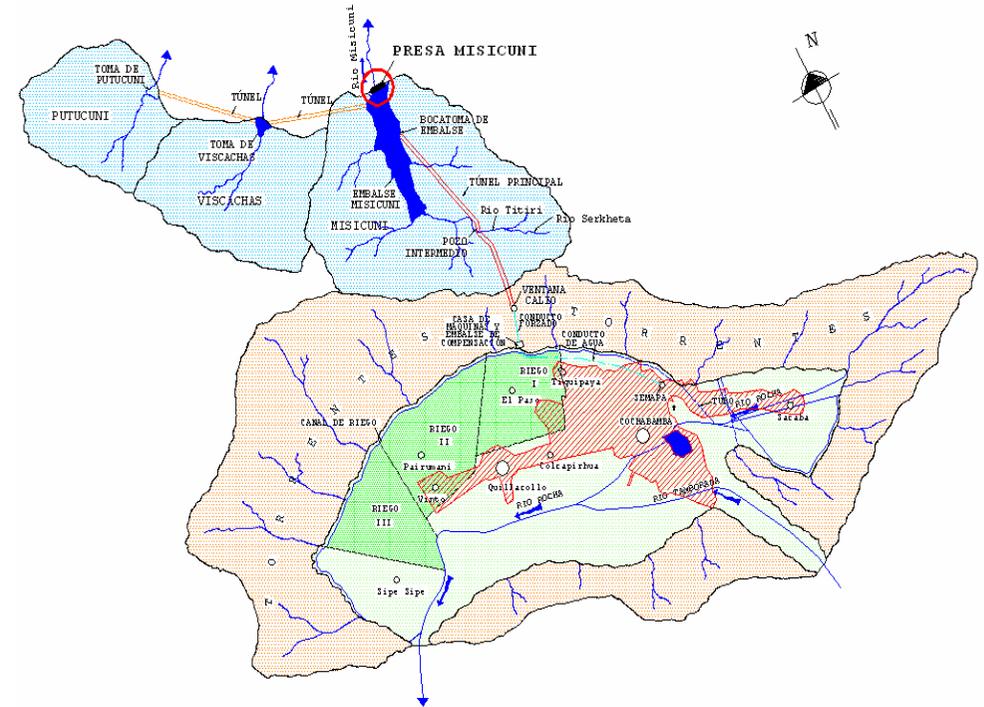
El más importante de los proyectos que desde hace más de 30 años y hasta hoy se ha ido llevando a cabo en Cochabamba en relación al agua es, sin lugar a dudas, la construcción del Proyecto Múltiple en la cuenca del Misicuni. Desde los años 60 comienza a fraguarse esta idea, cuyo primer estudio de factibilidad es realizado en el año 1974 por encargo de la ya constituida Asociación Misicuni. En 1987 se conforma la empresa pública Misicuni, en cuyo directorio ha existido desde entonces la representación de los Ayuntamientos de los siete municipios mayores, la empresa eléctrica

ENDE, SEMAPA, el Ministerio, ASICASUR, las Juntas Vecinales, Comités Cívicos, Centrales Campesinas y Comités de Vigilancia.

El Proyecto Múltiple Misicuni consiste en el aprovechamiento hídrico de las cuencas de los ríos Misicuni, Viscachas y Putucuni, al otro lado de la cordillera del Tunari, mediante el represamiento y trasvase de sus aguas. Sus objetivos principales son: el suministro de agua potable a las poblaciones urbanas del Valle Central de Cochabamba, agua de riego para la agricultura del área agrícola de influencia y la generación de energía eléctrica para el Sistema Interconectado Nacional.

La construcción del proyecto se ha dividido en cuatro etapas, la primera de las cuales se puso en marcha en el año 1993 y se ha reactivado recientemente en el año 2009, una vez conseguida la financiación de 80 mill. US\$, que ha sido siempre el principal obstáculo para su realización. Consta de la construcción de la presa de 85 m de altura, ampliable en la segunda etapa a 120 m, un túnel de aducción, central hidroeléctrica y planta de agua potable, además de las líneas de distribución hasta cada zona y el reasentamiento de las comunidades afectadas por la construcción de la presa. Cuando termine esta primera fase se espera contar con 2.110 l/s de dotación de agua y 80Mw de producción de electricidad. La financiación del proyecto se realiza a través de las instancias públicas y privadas implicadas con el apoyo de la CAF, TGN y la cooperación italiana.

Fig. 4.2.10. Proyecto Múltiple Misicuni



Fuente: Empresa MISICUNI.

Ampliación de redes y suministro para la Zona Sur

Otro proyecto importante en proceso de realización es la ampliación de las redes de suministro de SEMAPA para poder abastecer de agua potable a la Zona Sur de la Ciudad. Este proyecto se divide en:

- PROYECTO JICA – ZONA SURESTE, que con la colaboración de la cooperación japonesa (JICA) consistirá en la realización de las obras civiles necesarias para el abastecimiento de la zona sudeste, que comprende los Distritos 7, 8 y 14.
- PLAN DE EXPANSIÓN – ZONA CENTRAL SUR, en los distritos 8 y 9, para la construcción de las líneas de aducción e impulsión necesarias para conectar los tanques de Coronilla, Santa Bárbara, Lomas del Sur, Alto Cochabamba e Ichukollo, así como las redes de distribución necesarias.
- PROYECTO PASAS – ZONA SUROESTE, con la financiación de la UE este proyecto comprende la elaboración y construcción del proyecto para la instalación de tanques y redes de distribución en las OTB's de la zona suroeste. Este proyecto está siendo cogestionado por ASICASUR.

Una vez se concluyan estas obras, se espera que el Cercado cuente al fin con un sistema de suministro para el abastecimiento de toda la población. Éste contará con dos sistemas de gestión diferenciados: uno de gestión centralizada por SEMAPA para la zona central y norte, cuyas redes de distribución pertenecen a la empresa municipal, y otro el sistema mixto de tanques que, suministrados a través de macro-medidores con las aguas aportadas desde el proyecto Misicuni y gestionadas por SEMAPA, se distribuirían por las redes existentes que pertenecen a los comités de agua, que se encargarían de los sistemas vecinales descentralizados.

Como vimos en el punto anterior, las características hidroquímicas y la profundidad del acuífero en la zona Sur no lo hacen una fuente adecuada de suministro de agua a través de los pozos para la mayoría de este territorio. Es por ello que la construcción del proyecto Misicuni y de las redes de suministro a la zona Sur se convierten en la máxima esperanza de estos habitantes para poder acceder a condiciones dignas de habitabilidad.

Fig. 4.2.11. Proyecto integral de agua para el Sur



Fuente: SEMAPA 2008.

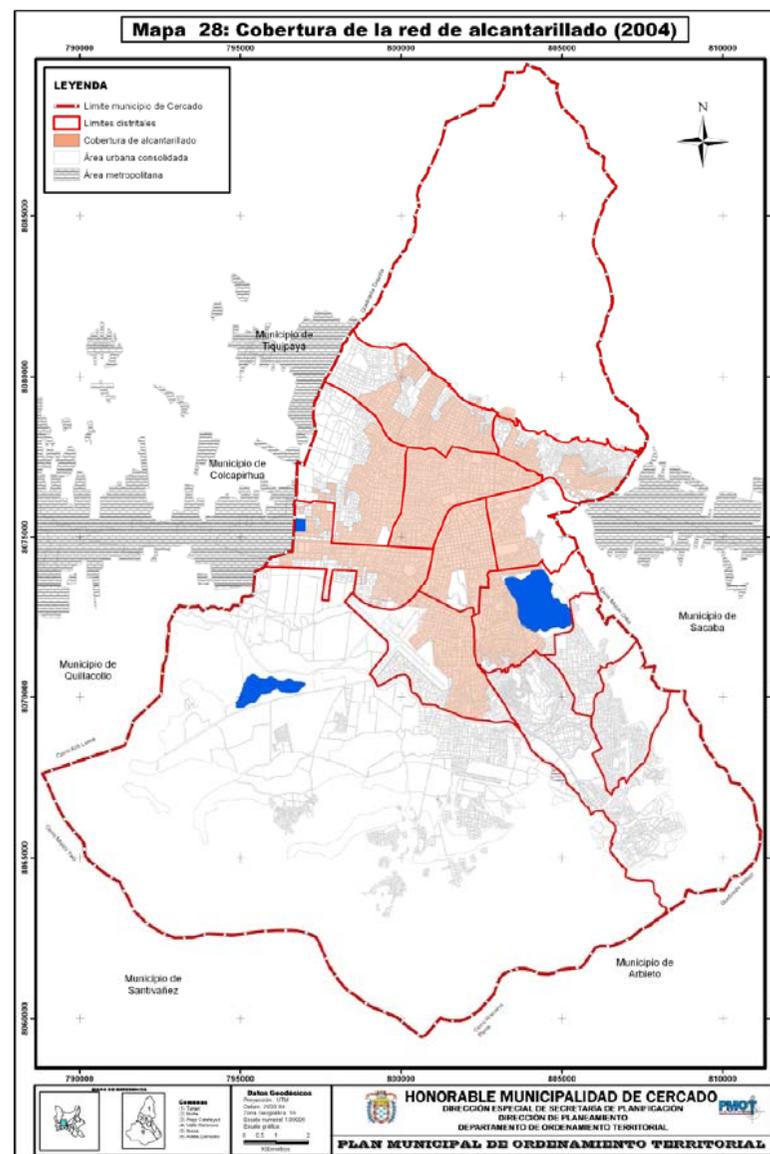
4.2.7. Las aguas residuales en el Cercado.

En Bolivia, casi todas las infraestructuras de saneamiento existentes tienen sistemas separados para alcantarillado sanitario y pluvial. Sin embargo, muchos de ellos reciben conexiones domésticas ilícitas y descargas líquidas de las industrias, la mayor parte de las veces sin tratamiento previo. Se estima que, en base a los cálculos realizados por Villarroel en el 2001, en la actualidad el caudal de aguas residuales generadas en Cochabamba estará en unos 1.130 l/s, lo que equivaldría a unos 35.5×10^6 m³ al año. Sin embargo, a la planta de tratamiento de aguas de Alba Rancho tan sólo llegaban 568 l/s en el año 2001. Esta planta da servicio principalmente a la zona Norte y Centro de la ciudad, siendo una vez más la zona Sur la que se ve afectada por la ausencia de infraestructuras de alcantarillado, que se muestra como la principal carencia en el 56,89% de las viviendas de esta zona (Antequera, N. 2007) (Fig. 4.2.12).

En general encontramos tres situaciones en relación al sistema de alcantarillado en Bolivia, y particularmente en Cochabamba:

- Lugares donde puede haber agua potable, pero no hay ningún tipo de recolección para las aguas servidas ni tratamiento de las mismas. La disposición de las aguas grises se realiza hacia patios, ríos, etc. en forma directa, de la misma manera la disposición de excretas es al aire libre o en letrinas. En zonas urbanas que no cuentan con un sistema de evacuación de aguas residuales éstas son vertidas a las vías públicas, las cuales se convierten en colectores que las conducen superficialmente hacia quebradas cercanas. Esta es la situación que encontramos principalmente en la Zona Sur.

Fig. 4.2.12. Cobertura de la red de alcantarillado (2004)



Fuente: HAMC. PMOT. 2009.

- Disposición hacia tratamientos primarios como tanques sépticos y tanques Imhoff, para luego ser descargados al alcantarillado municipal o hacia algún río. En esta situación se encuentran barrios cuyo suministro de agua potable y alcantarillado es administrado por una cooperativa o comité independiente de las empresas de agua potable y alcantarillado.
- Descarga al alcantarillado sanitario, que conduce las aguas hacia la planta de tratamiento de Alba Rancho.

En la ciudad de Cochabamba, otro de los graves problemas al que se enfrenta el sistema de alcantarillado es debido a las actividades productivas. Las curtiembres se han constituido en el problema ambiental más grande. El río Rocha recibe, además de los desechos líquidos de curtiembres, los de las fábricas de detergentes y aceites, faenadoras de pollos, estaciones de servicio de limpieza, etc., lo cual origina una degradación del mismo, ya que el agua está muy contaminada y como consecuencia, la fauna acuática está muy empobrecida, e incluso se han encontrado concentraciones elevadas de Cr, Pb y Zn acumuladas en ella (Romero, 1998).

Por otro lado, la contaminación con aguas servidas ha causado un grave problema de eutrofización (exceso de nutrientes) en la laguna Alalay. En Bolivia, donde el uso de fertilizantes es todavía restringido, la fuente más importante de nutrientes (fósforo y nitrógeno) es urbana, y en este caso se debe principalmente a la disposición de aguas residuales provenientes del Municipio de Sacaba directamente al Río Rocha. Las lagunas eutrofizadas se caracterizan por un empobrecimiento de flora y fauna, el florecimiento de algas tóxicas, la producción de olores desagradables, la incidencia de parásitos y bacterias, la baja calidad del agua y generalmente una degradación del sistema.



Aspecto del Río Rocha a su paso por el centro de Cochabamba.
Fuente: Elaboración propia.



Limpeza de la Laguna Alalay por problemas de eutrofización.
Fuente: Gobierno de Bolivia.

Planta de Tratamiento de Aguas de Alba Rancho

El sistema de alcantarillado sanitario comprende una red de recolección con una longitud de unos 750 km. en diámetros variables de 6" a 48", en materiales como hormigón y en P.V.C. (IIA, 2008). Existen 5 estaciones elevadoras de Aguas Servidas que impulsan el agua hasta la planta de tratamiento de Alba Rancho, situada en la Zona Suroeste de la ciudad, denominada La Maica, una zona de cultivos en la que el agua efluente de la planta sirve para el riego de unas 500 Has.

La puesta en servicio de la Planta de tratamiento se realizó en agosto de 1986 con el objetivo principal de anular la contaminación del Río Rocha a través de la reducción del nivel de contaminación bacteriana y la reducción de la carga orgánica del efluente. La planta la componen 12 lagunas de estabilización repartidas en cuatro módulos, cada uno con 2 lagunas de tratamiento primario de unos 25.000 m² cada una, y una de tratamiento secundario de 30.000 m², diseñadas para un caudal total de agua de unos 400 l/s y que en la actualidad trabaja en torno a los 600 l/s.

Según análisis realizados en el año 2001, las aguas que se obtienen como efluente de la Planta de Tratamiento de Alba Rancho se encuentran dentro de los parámetros admitidos por la Ley 1333 en cuanto a contenidos de Sólidos Totales, no así en DBO₅ (demanda de Oxígeno, indicador del contenido de nutrientes) y Coliformes Fecales (microorganismos patógenos), lo cual da lugar por un lado, a una excesiva salinización de los suelos regados por estas aguas, y por otro lado, a la existencia de riesgos sobre la salud de los consumidores de los productos obtenidos. La restricción actual no permite el riego más que para cultivos de maíz forrajero, lolium y en menor proporción alfalfa, pero está comprobado que muchas vacas beben esas aguas enfermándose y muriendo posteriormente. En esta zona, en general son pequeños productores cuyas

propiedades de tierra en promedio no supera 1Ha. También se trata de una importante zona de producción lechera, que se destaca como la mayor cantidad de leche entregada diariamente a la industria local (10.306 litros).

Han existido propuestas para la optimización de los procesos de tratamiento de aguas de Alba Rancho sobre la superficie de 40 Has que la planta ocupa ahora, pero hasta este momento ninguna de estas iniciativas ha llegado a llevarse adelante.



Planta de tratamiento con lagunas de estabilización de Alba Rancho

Fuente de la fotografía inferior: SEMAPA.

Sistemas alternativos

Existen en Bolivia en general, y en la Zona Sur de Cochabamba en particular, una gran cantidad de ONGs y Fundaciones que trabajan sobre las problemáticas relacionadas con el acceso al agua y la habitabilidad en las zonas urbanas. Algunas de ellas están trabajando en la incorporación de “baños secos” en las zonas donde no existe acceso a una red de alcantarillado como modo de dar solución al grave problema de salud que esta situación genera, destacando la Fundación Hábitat y Sumaj Huasi. Esta última ha llevado a cabo un programa muy interesante en la ciudad del El Alto en el que se ha consolidado la construcción de 336 baños secos que han permitido además la creación de dos microempresas locales: una para la construcción y mantenimiento de los baños, y otra para el recojo y tratamiento de los residuos para la producción de humus que sirve de abono para el cultivo de alimentos.

También es importante destacar los trabajos que, desde el *Proyecto Humedales* del Centro AGUA se están realizando para el desarrollo de sistemas alternativos para el tratamiento de aguas residuales en áreas periurbanas. Aunque este tipo de tratamientos los explicaremos con más detalle en capítulos posteriores, señalar que se trata de experiencias de construcción de humedales artificiales en los que, tras un tratamiento primario, el agua es depurada al pasar por filtros de grava con plantas fitodepuradoras. Estas técnicas están comenzando a desarrollarse en el país y constituyen un importante aporte para la resolución de este tipo de problemáticas en Bolivia.

Perspectivas de futuro

La problemática en torno al sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cercado resulta muy compleja y realmente poco atendida. En general se trata de obras con poca visibilidad en relación a fines electoralistas, y que por tanto no ha supuesto una preocupación prioritaria para los organismos de gestión municipal. En Cercado, los presupuestos destinados a la realización de obras de saneamiento básico en los últimos años no llegan a alcanzar el 5% del total, mientras que otro tipo de obras de infraestructura puede alcanzar el 25% del presupuesto.

En resumen podríamos resumir la problemática en los siguientes puntos:

- Ausencia de redes de alcantarillado, principalmente en la Zona Sur de la ciudad, y obsolescencia de las redes existentes a causa de su antigüedad y dimensionamiento.
- Contaminación de suelos, cursos de aguas y aguas freáticas como consecuencia de vertidos descontrolados, domésticos e industriales.
- Sobrecarga de la capacidad de trabajo de la planta de tratamiento de Alba Rancho, provocándose el vertido de aguas contaminadas al Río Rocha y, consecuentemente, el riego de la zona de la Maica con aguas que no son aptas para este uso.
- Problemas de salud en áreas donde no existen sistemas de alcantarillado (en la zona Sur los índices de mortalidad infantil son hasta un 25% más altos que la media de la ciudad, y hasta un 65% mayores que en las áreas centrales).

Entendemos que se trata de un problema de bastante gravedad al que aún no se le ha dado una respuesta adecuada, siendo en este sentido muy

poco explícito el nuevo Plan Municipal de Ordenamiento Territorial (PMOT), que se limita a reconocer necesidad de implementar “medidas de mitigación” así como de elaborar planes sectoriales integrales para la resolución de este problema. Por otro lado se señalan en la planimetría una serie de puntos para la ubicación de “plantas de tratamiento de tamaño medio” que se encuentran alejados de las áreas habitadas y dispuestos en zonas de más altura que éstas, estableciendo además un “Sistema combinado” de gestión del agua que distingue estrategias diferenciadas para la Zona Norte (Planta de Tratamiento) y la Zona Sur (tratamiento primario y infiltración al terreno). Entendemos por tanto que no se da una respuesta a un problema cuya resolución, además de ser responsabilidad de las autoridades municipales, requiere de un planteamiento serio a nivel territorial.

4.2.8. El sistema de drenaje urbano.

Podemos definir como tal a todo el sistema de canales, naturales o artificiales, por los cuales las aguas de lluvia son conducidas por dentro del tejido urbano. En general se compone del denominado “macro drenaje”, formado por todos los cursos naturales, torrenteras, quebradas, etc. y el “micro drenaje”, formado por las canalizaciones artificiales a partir de las obras de drenaje urbano (sistema de alcantarillado pluvial).

En el caso de Cochabamba, el sistema de drenaje urbano fue construido hace más de 50 años, estando hasta hace poco restringido a la Zona Central. Sin embargo, el crecimiento de la ciudad rebasó su capacidad hidráulica y disminuyó la eficiencia de los sistemas de drenaje, razón por la que se construyeron pequeñas redes de desagüe pluvial, con la finalidad de apoyar los planes de pavimentación anuales. Pero estas redes, al no ser proyectadas siguiendo un Plan Director, resultaron insuficientes e

improvisadas, produciéndose periódicas inundaciones y anegamientos (HAMC, 2009).

Por esta razón, en el año 1991 se firma un convenio con el Municipio de Nantes (Francia) para su colaboración en la realización de un “Plan Maestro de Desagües Pluviales de la Ciudad de Cochabamba” (PMDPCC). A través de este plan, aún inconcluso, se ha llegado a realizar una simulación hidráulica del sistema con la que se pudo evaluar el funcionamiento global de la red de colectores pluviales.

En la ciudad, los Ríos Rocha y Tamborada, así como las torrenteras y canales de riego se constituyen en colectores principales de los sistemas de drenaje pluvial existentes, al desembocar en su cauce las redes primarias y secundarias de desagüe. En el norte, es a través de las torrenteras que las aguas llegan al Río Rocha, de manera directa en la zona Noreste y en la Noroeste a través de la laguna de Coña Coña, que actúa como vaso regulador. En toda la zona centro el sistema de drenaje pluvial desemboca también directamente al Río Rocha.

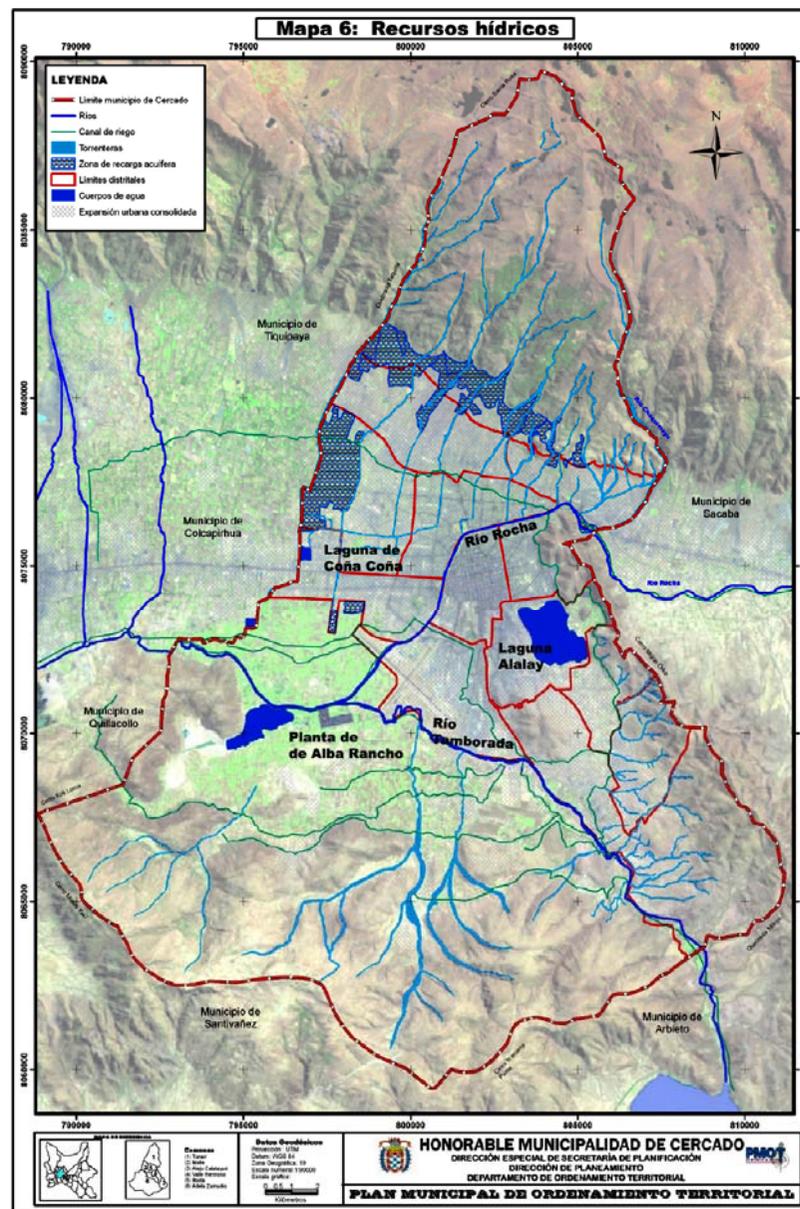
En la zona Sur todas las aguas se canalizan, de una u otra manera, hasta el Río Tamborada. Apenas existen sistemas de micro drenaje, por lo que las aguas escurren a través del viario y las torrenteras hasta los colectores principales. En la Zona Sudeste es el Canal de Riego nº 1 de la Angostura el que realiza esta función principalmente, muchas de cuyas aguas provienen de la serranía de San Pedro, donde el agua es conducida a través de las torrenteras hasta la parte más baja. Por la Avda. 6 de Agosto discurre la denominada como “Serpiente Negra”, un colector de aguas pluviales en el que descargan a su vez gran cantidad de aguas residuales, y que las obras realizadas recientemente en el sistema de alcantarillado se espera permita resolver este problema y los desbordamientos constantes que se producían en épocas de lluvia, por ser la zona más baja de la ciudad.

De hecho, uno de los problemas recurrentes que se suceden en el Cercado es la inundación de determinadas áreas en el verano. La estacionalidad de las lluvias y su carácter torrencial, así como la compleja topografía existente, unido a la falta de infraestructuras adecuadas y la ocupación de zonas de riesgo por las urbanizaciones espontáneas, hace que se generen gran cantidad de inundaciones en los cuatro meses que dura este periodo.

Algunas de las causas principales se encuentran en la pavimentación de calles sin un sistema de drenaje que provoca el incremento de caudales aguas abajo, la falta de mantenimiento en las torrenteras, que da lugar a la acumulación de materiales y cobertura vegetal y en general una red insuficiente tanto en extensión como en capacidad, que provoca los desbordes que se producen en la época de lluvias, que no sólo suponen un riesgo material y para las personas, sino que además generan el deterioro de las infraestructuras existentes.

Otro grave problema que se da en la actualidad, es la falta de criterios hídricos en la configuración de las nuevas urbanizaciones que van ocupando complejas topografías en los Cerros de San Pedro y en el Distrito 9. No existe ningún control sobre las estructuras urbanas generadas a través de la parcelación del territorio por parte de los loteadores, cuyo único principio ha sido la máxima rentabilidad. La consecuencia principal es la ubicación de viviendas y equipamientos sobre las franjas de seguridad de las torrenteras suponiendo, no sólo el complejo aprovechamiento de estos suelos para la edificación, sino además graves riesgos de inundación y catástrofes en las épocas de lluvias. Gran parte de estas urbanizaciones, surgidas como "ilegales", pasarán a formar parte de la mancha urbana de la ciudad a través del nuevo PMOT, sin que se hayan tomado medidas para su adecuamiento a criterios básicos de diseño urbano que permitan un mínimo grado de habitabilidad además de suponer cierta garantía de seguridad.

Fig. 4.2.13. Recursos Hídricos



Fuente: HAMC. PMOT. 2009.

Las principales problemáticas detectadas en la evaluación del sistema realizada en el PMDPCC se resumen en que en general cuenta con tramos con insuficiente capacidad de evacuación por la falta de control de la pendiente o por la dimensión reducida de los colectores. También existen problemas debidos al reducido número de bocatormentas y a la acumulación de sedimentos finos en pequeña y gran cantidad por la falta de rejillas en éstas, además de no existir un adecuado mantenimiento con limpiezas periódicas y continuas. Finalmente se han identificado las causas contaminantes de los colectores de desagües pluviales: en cursos de ríos, torrenteras, canales y tuberías, se deben fundamentalmente a descargas de aguas servidas y disposición final de residuos sólidos como escombros y basuras y también a la descarga de aguas residuales industriales sin tratamiento alguno.



Torrenteras de la zona Norte. La falta de mantenimiento provoca la obstrucción del sistema.



La falta de agua en los domicilios lleva a muchas personas a tener que hacer la colada en los lavaderos públicos que para tal efecto encontramos también al borde de torrenteras. Sin embargo no existen sistemas para depurar el efluente con detergentes que sale de ahí.

Está muy extendida la limpieza de coches en las torrenteras, lo cual también se convierte en foco de contaminación.



4.2.9. Conclusiones

El agua es un recurso absolutamente necesario para la vida y, a la vez, se convierte en un importante factor de marginación dentro de las ciudades, sobre todo en países empobrecidos. Cochabamba es un fiel reflejo de ello, y son las clases más populares las que gozan de un servicio más deficitario y con más altos costos. En general, ha existido una desidia institucional hacia ciertos sectores de la ciudad que ha generado el crecimiento descontrolado y carente de infraestructuras de gran parte del núcleo urbano, pero que ha sido necesariamente compensado gracias a la capacidad de autoorganización de la población en base a los principios de la cultura andina.

Existen diferentes problemáticas en relación al agua en la ciudad de Cercado. La primera y más importante es la falta de suministro para casi la mitad de la población, principalmente en la Zona Sur. Esta realidad ha sido superada en algunos barrios gracias a la conformación de los "Comités de agua", pero cuenta con un grave escollo para convertirse en una solución para todos: la falencia precisamente en la Zona Sur de calidad y cantidad de agua que permita la verdadera autonomía de estos sistemas. Siendo así, la resolución del problema pasa por la realización de obras hidráulicas que permitan llevar el agua desde la zona Norte hasta allá, aunque manteniendo los sistemas de autogestión que durante todos estos años se han generado, tal y como se reivindica desde las propias organizaciones, especialmente ASICASUR.

Otro problema muy grave, pero por desgracia menos patente, es el de las aguas residuales. El colapso del sistema centralizado por sobre explotación de la planta de tratamiento de Alba Rancho, dimensionada para aproximadamente 1/3 de las aguas residuales que en la actualidad se producen en toda la ciudad, y la falta de redes también para una gran parte de la población están generando un fuerte grado de contaminación de

suelos y aguas. Son detectables los importantes problemas de salud que esta situación genera, sobre todo para los sectores más vulnerables, sin embargo es una cuestión sobre la que no existe una verdadera conciencia en todos los niveles, institucional y de la población. Es generalizada la costumbre de sacar fuera del hogar la carga residual que, de este modo, se dispersa en el territorio sin que se denote el problema, pero realmente se trata de una cuestión que urgentemente ha de ser resuelta.

Finalmente existe el problema de la alteración de los sistemas de drenaje natural del agua en los territorios que son urbanizados. Esta modificación de flujos genera dificultades en dos sentidos: en aquellas áreas donde existen infraestructuras de alcantarillado, éstas fueron infra-dimensionadas y como consecuencia, han llegado a una situación de colapso, y en otro sentido, en las áreas de nueva ocupación, que en gran parte se encuentran en zonas de geografía compleja en la que el drenaje debería ser un importante factor para el diseño urbano, el trazado se realiza con criterios exclusivamente mercantilistas que buscan la máxima rentabilidad, generando situaciones de peligro que sólo se manifiestan cuando se producen catástrofes debidas a lluvias de importancia.

Pese al panorama tan pesimista planteado en relación al análisis de la situación en la ciudad de Cercado respecto al agua, entendemos que existen posibilidades de intervención que permitirán, si no revertir las situaciones generadas, sí proporcionar soluciones que posibiliten dar respuesta a los conflictos existentes. Entendemos, además, que un nivel de intervención de escala media dentro del territorio (a nivel de barrios-OTBs) es adecuado para llegar a soluciones que, con un importante grado de control y decisión sobre la gestión por parte de la ciudadanía, encuentran posibilidades técnicas abarcables por la ciudadanía de estos barrios. Ejemplos de ello son los estudios de caso que se plantean en los anexos.

4.3. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Un problema importante al que nos enfrentamos a nivel Mundial es al de la gestión de los residuos que generamos. La cultura de usar y tirar, con un crecimiento en su capacidad de producción y consumo casi exponencial, unido al aumento de la población está provocando que los sistemas de gestión de residuos estén colapsando rápidamente.

En algunos países de América Latina como Bolivia, la basura se convierte a la vez en una fuente de ingreso para una parte de la población, sin embargo el manejo de los residuos por estas personas se realiza a través de mecanismos poco seguros sanitariamente y sus ganancias dependen completamente del precio de venta, normalmente impuesto por los compradores. Existen en algunos países como Argentina, Brasil y Uruguay organizaciones conformadas por estos recolectores que tienen cierta fuerza, pero este no es el caso de Bolivia, como veremos más adelante.

Definimos como residuos sólidos aquellos producidos en las actividades del hombre, ya sea de origen doméstico, comercial, industrial, etc. Existen dentro de los residuos algunos especiales como los bioinfecciosos (residuos hospitalarios principalmente) o los denominados residuos peligrosos, compuestos por pilas, baterías, aerosoles, etc. que necesitan tratamientos especiales.

En general, una gestión inadecuada de los residuos sólidos tiene efectos directos sobre la salud de la ciudadanía, ya que existen gran cantidad de agentes patógenos contenidos en ella que son responsables de enfermedades como la hepatitis A y B, el tífus, cólera, etc. Además, la basura al descomponerse provoca principalmente dos tipos de sustancias muy contaminantes. Por un lado se generan gases, principalmente metano, gas de efecto invernadero tóxico también para las personas y con muy mal olor. También se genera un líquido denominado "lixiviado", de color negro,

que resulta de la descomposición y la filtración de aguas a través de la basura. Formado por un conjunto de compuestos químicos en descomposición, cuenta con un alto contenido orgánico y de metales pesados, y es común que en vertederos no habilitados adecuadamente se infiltre hacia el subsuelo provocando la contaminación de las aguas freáticas.

En Cochabamba, según las fuentes citadas en la Agenda 21 de la ciudad, el problema de la gestión de la basura es, a nivel medioambiental, el que más preocupa a la ciudadanía en la actualidad. Las falencias en el servicio de limpieza y recogida domiciliaria, la falta de control sobre vertidos ilegales y el grave problema social y de contaminación que el actual botadero de K´ara K´ara lleva años generando, hacen inminente la asunción de drásticas medidas para la resolución del problema.

En ese contexto, este trabajo ha tratado de servir como aporte a movimientos sociales que han surgido en relación a la preocupación por la resolución de este problema en Cochabamba, a través del asesoramiento y la participación en reuniones, foros y talleres, así como en la realización de aportes para el "Seminario Taller para la GIRS en Cochabamba" organizado por la Prefectura del Departamento en colaboración con la Universidad y el *Comité para la gestión adecuada y transparente de la basura en Cochabamba*, en el que se participó tanto en la organización como en la dinamización, así como con aportes a nivel teórico.

4.3.1. Marco Legal

El Protocolo de Kyoto exige a los gobiernos firmantes que construyan sus depósitos de basura siguiendo todos los lineamientos necesarios para evitar que se conviertan en una fuente de emisiones de carbono. Bolivia ha suscrito el Protocolo de Kioto además de la Convención Marco para el Cambio Climático, ambos documentos relacionados con el

manejo de residuos y que cuentan con leyes en Bolivia que los ratifica para su cumplimiento.

Dentro de estas leyes encontramos en primer lugar la Ley 1333 de Medio Ambiente (1992) y su Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos (1995). El Reglamento, considerando los residuos sólidos como factor susceptible de degradar el medio ambiente y afectar la salud humana, "tiene por objeto establecer el régimen jurídico para la ordenación y vigilancia de la gestión de los residuos sólidos, fomentando el aprovechamiento de los mismos mediante la adecuada recuperación de los recursos en ellos contenidos" (art.1 RGRS). Además establece las competencias en relación a la GRS, que recaen en su reglamentación, planificación, ejecución y gestión principalmente sobre los municipios, y marca un plazo de dos años para la adaptación de las infraestructuras y servicios que no cumplieren con las especificaciones contenidas en él.

Dentro de este marco legal, y apoyado también por la Ley Nº 2446 de Organización del Poder Ejecutivo y la Ley de Municipalidades, el Ministerio de Servicios y Obras Públicas y el Viceministro de Servicios Básicos, en Mayo de 2005 elaboran la "Estrategia Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos" (ENGIRS), definida como un "conjunto de objetivos, políticas y líneas de acción encaminadas a lograr una gestión de los residuos sólidos compatible con la salud y el medio ambiente (...) alcanzando la sostenibilidad económica y social", estableciendo como responsabilidad de los Municipios la elaboración de Programas Municipales de Gestión Integral de Residuos Sólidos en base a criterios de calidad, cantidad, sostenibilidad, ética y transparencia. Estableciendo como principios fundamentales la prevención, corresponsabilidad, participación, sostenibilidad económica, sostenibilidad ambiental y flexibilidad, la ENGIRS se formula en base a:

- Reducción de los desechos.
- Reutilización y Reciclado de los desechos.
- Ampliación del alcance de los servicios.
- Promoción de la eliminación y la disposición ecológicamente racional de los desechos.

Según pudimos conocer a través de la Dirección Nacional de Residuos Sólidos, dependiente del Ministerio de Medioambiente y Aguas, se está trabajando en un Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos en el que se está contando con la colaboración de la Agencia de Residuos de Cataluña a través de la Agencia Catalana de Cooperación.

En el marco municipal, la Alcaldía de Cochabamba ha promulgado una serie de Ordenanzas para la reglamentación de la gestión de los residuos sólidos en el año 2002. La O.M. 2838/02 sobre "Limpieza, recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos" en la que se establece a la Empresa Municipal de Servicios de Aseos (EMSA) como la única legalmente establecida para la realización de las operaciones una vez la basura ha sido entregada adecuadamente por los usuarios. Así mismo, esta ordenanza especifica que sólo se podrán entregar basuras domiciliarias y comerciales en pequeñas cantidades. En Julio de 2010, la empresa EMSA junto a SwissContact ha presentado al pleno Municipal un Proyecto de Ordenanza para una "Reglamento Municipal de la Separación en Origen y Recolección diferenciada de los RSU en el municipio de Cercado, Cochabamba" en el que se plantea un nuevo modelo de gestión que reconoce la labor de recolectores y centros de transferencia que está en proceso de discusión.

La recolección de los restos de jardinería es competencia de la empresa municipal de áreas verdes EMAVRA, y los de construcción de Obras Públicas, estando los escombros sujetos a la O.M. 2861/02. Existe además la O.M. 2859/02 encargada de regular la gestión de los residuos de

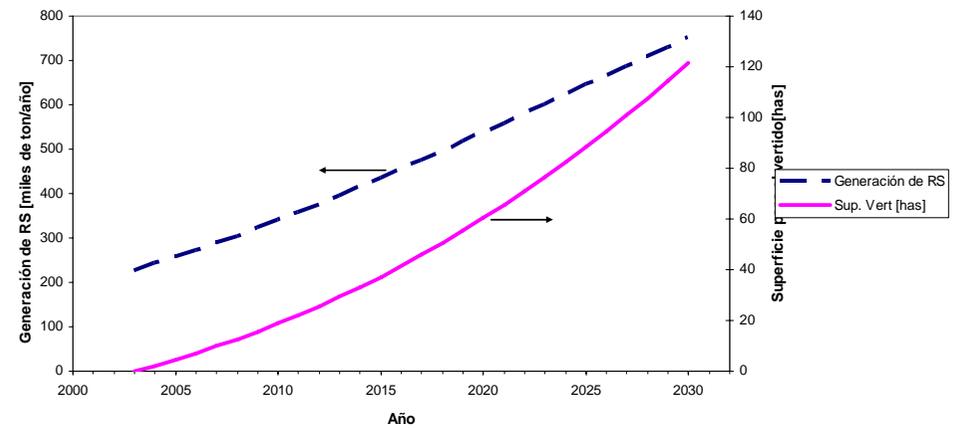
los establecimientos de salud. También se ha aprobado en 2009 la O.M. 3918/09 para la “Reducción y Eliminación de bolsas de polietileno”, aunque lamentablemente no ha existido una partida económica hasta ahora que haya permitido su puesta en práctica.

4.3.2. Características de la basura de Cercado.

Según la información proporcionada por EMSA, en Cercado se produce una media de 0,7 Kg/hab.día de basura con una densidad de unos 272 Kg/m³, representando un total aproximado de unas 400 T/día, cantidad que, según los estudios realizados por el Dr. Ing. Marcos Luján, crece constantemente en relación a la población, y con ello el requerimiento de espacio para verterla (Fig. 4.3.2. y 4.3.3.). Según estos estudios la composición de los residuos es la que se representa en la Fig. 4.3.1., siendo claramente mayoritaria la fracción correspondiente a los residuos orgánicos,

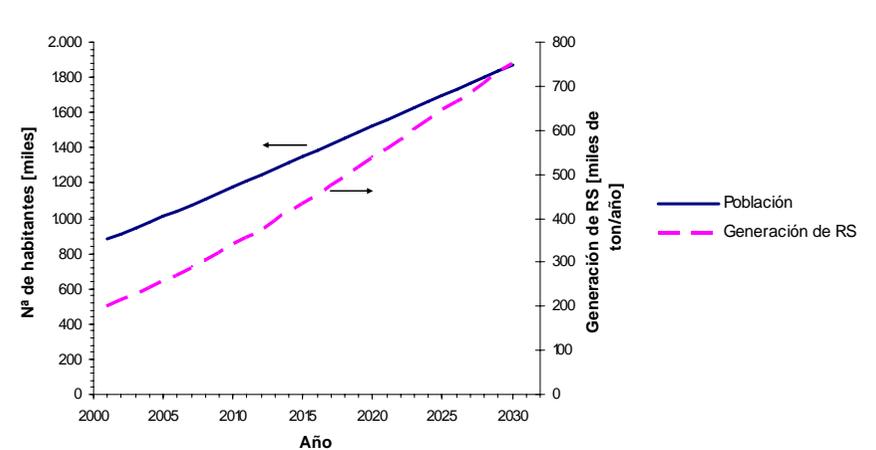
que en total alcanza en torno al 55 %, y sobre un 27% aquellos susceptibles de ser reciclados.

Fig. 4.3.2. Crecimiento de la generación de RSU y requerimiento superficial para su vertido.



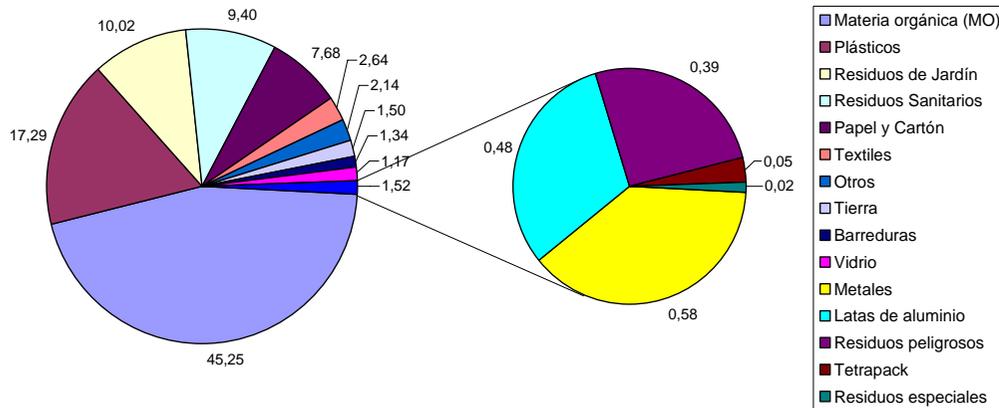
Fuente: Toledo, C.; Luján M.; en impresión, ACTA NOVA, Vol 4, N°1 (2009).

Fig. 4.3.3. crecimiento de la población y generación de RSU.



Fuente: Toledo, C.; Luján M.; en impresión, ACTA NOVA, Vol 4, N°1 (2009).

Fig. 4.3.1. Composición de los residuos sólidos de Cercado.



Fuente: Toledo, C.; Luján M.; en impresión, ACTA NOVA, Vol 4, N°1 (2009).

4.3.3. Sistema de gestión de los residuos sólidos en el Cercado: EMSA

Como hemos mencionado, la competencia exclusiva sobre la gestión de los residuos sólidos (RRSS) en Cercado la tiene EMSA. Se trata de una empresa pública municipal descentralizada creada en el año 1997, con patrimonio propio y autonomía de gestión técnica, administrativa, económica y financiera (EMSA 2009). El directorio de la empresa está presidido por el Alcalde, existiendo un gerente que ejerce la dirección ejecutiva.

Los recursos económicos de EMSA provienen principalmente de la Tasa de Aseo Municipal, la cual es cobrada a través de la factura de la compañía de electricidad (ELFEC), que retiene un 3% de lo recolectado por dar este servicio, y se establece en categorías de usuarios en relación al rango de consumo de electricidad. Por otro lado, la empresa tiene contratos con instituciones públicas y privadas para la realización de servicios especiales: actividades comerciales, industriales, hospitales y con la municipalidad de Cercado para la limpieza de calles y de los Mercado Municipales. Según representantes de EMSA, la tasa de aseo (la más baja dentro de las tres ciudades principales del país) más el resto de los ingresos son en un 70% destinados al salario de los empleados, destinándose el resto a gastos generales y de mantenimiento, lo cual no permitiría la generación de un excedente para la realización de inversiones para la reposición de equipos.

La plantilla de la empresa se compone de 450 trabajadores y 6 jefes de departamento (Administración, RR.HH., Relleno Sanitario, Mantenimiento, RR.SS. y Servicios Especiales).

Los servicios de limpieza de calles los realizan 250 personas (95% mujeres), que sólo cubren el Casco Viejo y cuyo trabajo es completamente

manual. Existe una microempresa (Thawis) de 32 trabajadores con los que EMSA contrata la limpieza del entorno de los contenedores existentes.

El sistema de recogida cuenta con 143 trabajadores que dan cobertura aproximadamente al 88% del territorio, siendo los distritos 8 y 9 en los que la dificultad de acceso y la existencia de urbanizaciones recientes hacen más deficiente el servicio, que en algunos casos es cobrado en la factura de electricidad pero no realizado.

Existen tres sistemas para la recogida de RRSS en Cercado:

1. Centro y parte de Zona Norte y Noreste: han dispuesto unos 950 contenedores de 2,5 m³ en las calles en los que la población deposita la basura y cuyo contenido es recolectado por 3 carros de tecnología alemana (existen 5 pero tienen averías cuyo costo en la actualidad la empresa no puede asumir). En las zonas de mercados se han dispuesto 48 contenedores metálicos de gran capacidad que habitualmente se ven colmatados y con gran cantidad de suciedad en su entorno.
2. Zona Sur y extremo Norte: la recogida se realiza puerta a puerta con 23 carros volqueta (la mayoría de ellos con más de 15 años de antigüedad) en días alternos de la semana (la asiduidad varía entre 1, 2 o 3 días por semana).
3. Distritos 6, 8 y 14: existen microempresas (KAN-TUTA, MESPAL y SURUMI) que prestan su servicio desde hace más de 13 años (CEDIB, 2006) para la recolección de la basura, realizada principalmente con triciclos y carros manuales que permiten llegar a las zonas donde por seguridad el carro basurero no llega dada la difícil topografía. Desde estos sectores existen quejas por las malas condiciones de los contratos impuestos por

EMSA que no permiten adecuadas condiciones de trabajo a estas personas.

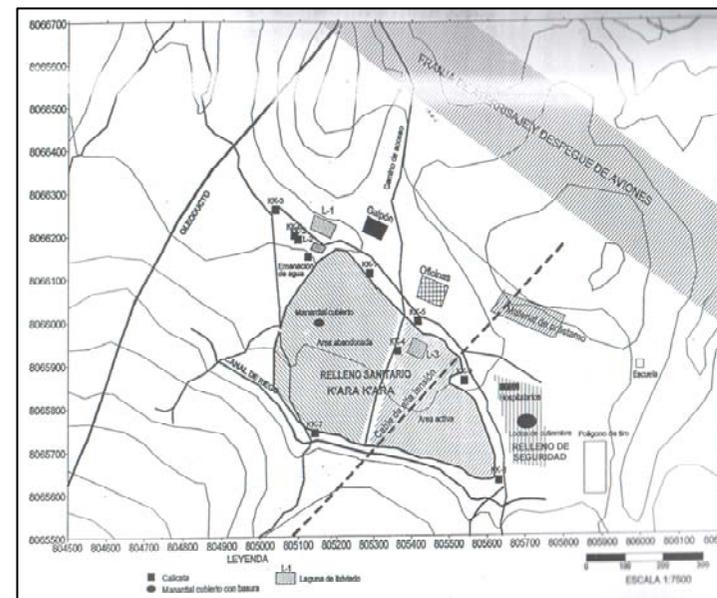
Para la recolección de Residuos Sanitarios existen también dos vehículos especiales que fueron donados por la cooperación Suiza (Swiss Contact).

Finalmente todos los residuos recolectados son depositados en el “Botadero de K´ara K´ara”. Fuente de gran cantidad de conflictos prácticamente desde su apertura, y que se encuentra desde hace tiempo en una situación de colapso. Fue construido en 1987, cuando aún no existía legislación sobre medioambiente en Bolivia, levantado sin que existiera un diseño para un manejo racional, sin cubrir el suelo con ningún tipo de material impermeable y sin disponer de medidas para el control de las sustancias contaminantes emanadas.

Está ubicado a unos 11 Km al sudoeste del centro de la ciudad en unos terrenos de 40 Has cedidos por la Universidad de San Simón en comodato por 25 años a la municipalidad, sobre el cauce de una torrencera afluente del Río Rocha y un manantial, y muy cerca de una escuela en la Comunidad de K´ara K´ara.

Se compone en la actualidad de una plataforma inactiva y una plataforma activa cuya altura alcanza cerca de los 20m, un galpón para vehículos de la DIRCAVI (Dirección de Vehículos Incautados), dos zonas de acumulación de botellas PET y neumáticos, y desde hace algunos años, por una fosa especial impermeabilizada para desechos hospitalarios, una fosa de confinamiento de hormigón para materiales peligrosos (pilas, baterías, etc) y 5 piscinas de 20x30x2m impermeabilizadas que recolectan parte del lixiviado y cuyo tratamiento se limita actualmente a la decantación y secado. (Fig. 4.3.4).

Fig. 4.3.4. Vertedero de K´ara K´ara



Fuente: EMSA 2001.



Vista aérea del vertedero. Se observan las viviendas dentro de la franja de seguridad que debería existir.

Desde el año 1994, existen denuncias por parte de los vecinos por la contaminación existente en el medio, tanto el aire como las aguas subterráneas. En 1999 la Cámara de Diputados interviene y se amonesta a EMSA, y en 2002 la Prefectura del Departamento lo declara en situación de "emergencia". Desde entonces la Municipalidad ha realizado una serie de convenios con una parte de los vecinos para impedir el cierre del botadero a cambio del pago de cuotas para obras de compensación. Tras largos años de lucha, en 2007 EMSA se compromete a presentar el proyecto de cierre definitivo y de apertura del nuevo relleno. Se realizó un Manifiesto Ambiental según el cual durante los siguientes 5 años se desarrollarían las actividades para el cierre técnico del botadero, que según informa EMSA ya han comenzado con el vallado de las instalaciones, la reforestación de la plataforma inactiva con 1500 plántones, la canalización y desviación del curso de agua de la torrentera y la colocación este año de 11 chimeneas para la combustión del gas metano. Estaba previsto que el cierre definitivo de estas instalaciones se produjese en diciembre de 2009, aunque en la actualidad no existe aún un lugar técnicamente habilitado para trasladar la actividad de disposición final de los residuos de Cercado.



Vistas del botadero de K´ara K´ara. Se observa la gran dimensión de la montaña de residuos, la cercanía de las viviendas y las circunstancias en las que se realiza la selección de basura en su interior. Muchas de las personas que residen ahí sobreviven gracias a esta actividad. Fuente: Elaboración propia.



El “Comité por el Cierre de K´ara K´ara” se conforma en Febrero de 2008, y desde entonces ha realizado múltiples acciones, la última de ellas ha sido una acción popular a nivel judicial contra las autoridades por incumplimiento de funciones y están exigiendo la declaración de K´ara K´ara como zona de “Desastre Ambiental”. Se ha conseguido así una resolución judicial según la cual el 1 de Enero de 2010 no debía entrar ningún carro basurero más al vertedero.

En la actualidad, y tras tensas negociaciones, los comunarios han autorizado prolongar la vida del botadero en base a las nuevas condiciones en las que se está operando y usando una nueva celda con condiciones adecuadas mientras se localiza y construye la nueva planta de tratamiento.

Existen además redes de colaboración establecidas entre EMSA e instituciones a nivel local, departamental, nacional e internacional para el desarrollo principalmente de programas de educación: OTBs, SEDUCA, Save de Children, LIDEMA, PCI, Swiss Contac y JICA. Estas dos últimas, correspondientes a la cooperación internacional suiza y japonesa, hacen también importantes aportaciones para la inversión en infraestructuras.

4.3.4. La red de recicladores del Cercado.

En Cochabamba existe una importante actividad en torno a la recuperación de materiales provenientes de la basura que está conformada principalmente por los recolectores, los centros de acopio y las empresas de reciclaje, con los que de diferentes maneras se relacionan ciertas entidades internacionales y locales.

Encontramos principalmente dos asociaciones de recolectores: Thawis, y la Asociación de Recicladores de K´ara K´ara “12 de Septiembre”, estos últimos trabajando en el interior del botadero. A pesar de estar asociados, los recolectores no cuentan hasta hace poco con ningún tipo de reconocimiento a nivel municipal, siendo su actividad “ilícita”

al estar prohibida explícitamente en las ordenanzas vigentes. Tampoco tienen espacios para realizar el trabajo de clasificación y almacenamiento. Se trata de personas que viven en condiciones de pobreza extrema en la ciudad, con suerte en viviendas o habitaciones alquiladas y cuyos ingresos apenas alcanzan para el mantenimiento diario. Realizan su actividad recorriendo las áreas donde existen contenedores para la recolección, dentro de los cuales seleccionan materiales reciclables que son llevados a los centros de acopio para su venta. Existe una cierta relación de “fidelidad” entre los centros de acopio y los recolectores, que se vinculan a aquel en el que encuentran unas mejores condiciones de venta. El nuevo reglamento aprobado en Julio de 2010 reconoce sin embargo su actividad y propone un nuevo modelo para que pueda ésta ser desarrollada a través de su registro en la empresa municipal y la adquisición de una credencial, aunque con autonomía para el desarrollo de su trabajo.

La más conocida de las asociaciones de recicladores es la de los Thawis. Fundada en el año 2000 como “Sindicato 5 de Octubre”, se hace más fuerte y patente su actividad a partir de la colocación de los contenedores de basura en la ciudad. Cuenta con 220 asociados que en el año 2006 realizan un congreso y se autoproclaman Asociación Departamental de Recicladores Thawis, consiguiendo la personería jurídica y estableciendo unos principios que se basan en: salud, seguridad alimentaria, trabajo y vivienda. Defienden el derecho al reconocimiento de su figura dentro de la legalidad del proceso de gestión y se encuentran en la cabeza de la Asociación de Inquilinos, que cuenta con un total de unos 3000 socios, al considerar ellos la falta de vivienda como el origen de su situación.

En el pasado algunas de estas asociaciones lograron alcanzar acuerdos con empresas de reciclaje para estipular los precios de los materiales, lo que les permitía cierta seguridad en los ingresos. Sin

embargo, dicho acuerdos no fueron renovados y en los últimos dos años los precios han descendido entre 5-10 veces, lo cual ha supuesto una auténtica condena para esta actividad. Achacan este hecho al aumento de la competitividad en el trabajo de recolección de materiales y a acuerdos entre los empresarios para bajar los precios de compra, aunque también han recibido la explicación de que la bajada del precio del petróleo ha hecho menos rentable el reciclaje de materiales.

Otro de los elementos fundamentales en la actualidad dentro del proceso de recuperación de materiales son los centros de acopio. Se ubican en locales y patios en planta baja donde acopian y clasifican materiales plásticos, vidrios, aluminio y papeles fundamentalmente, teniendo una actividad muy variable en función de los precios del material que lleva a abrir y cerrar los centros con cierta frecuencia.

Según el estudio realizado por Swiss Contact en 2008, en el Cercado existen unos 50 centros de acopio que se localizan mayoritariamente en las principales vías de acceso a la ciudad, conformando un recorrido en forma de "Y" entre las avenidas Simón López, Melchor Pérez de Olguín, 6 de Agosto; República, Aroma, 16 de Julio, Guillermo Urquidi y por último la Avda. Petrolera. Sobre esta Y existen una serie de "puntos calientes" (marcados en rojo en la Fig. 4.3.5.) en los que se concentran hasta 4 o 5 locales y que son las áreas de mayor actividad. Cercanos a ellos hay una serie de zonas complementarias con una actividad media (amarillo), y finalmente otros puntos en las áreas más centrales de la ciudad (naranja).

A pesar de constituirse como intermediarios, estos centros de acopio tienen poca capacidad de decisión sobre el mercado de los materiales, que está controlado por las empresas dedicadas al reciclaje. Algunos de ellos incluso son abiertos por estas empresas para la captación

de insumos, ofreciendo en este caso precios de compra más altos que el resto.

Fig. 4.3.5. Ubicación de los centros de acopio en el Cercado



Fuente: Informe del Estudio Análisis de mercado: Centros de Acopio. Swiss Contact 2008.

No cuentan con ningún tipo de asociación que los vincule, aunque entrevistas realizadas nos han permitido averiguar que pueden existir hasta cinco locales con un mismo propietario con empleados trabajando en ellos.

Según el mismo estudio, el "proceso de mercado" del reciclaje parte de la selección del material por los recolectores en los contenedores, que son comprados al peso en los centros de acopio, donde se almacenan hasta que el comprador (o el propietario) los recogen para su compra al por mayor por las empresas de reciclaje o por exportadoras de estos materiales.

En general, tanto la actividad de los recolectores como de los centros de acopio se caracterizan por su autonomía, no estando clara la voluntad de estos de incorporarse a un sistema más "organizado" y reglado para el manejo de los residuos reciclables.

En este sentido, la cooperación Suiza, ha desarrollado en los últimos años un interesante programa llamado Eco-vecindarios cuyo objetivo es establecer y fortalecer los sistemas de recolección vecinales, tratamiento, reciclaje de residuos sólidos y servicios ambientales desde la intervención de los vecinos a través de las OTB. Este trabajo se consigue apoyando la formación de sistemas de recolección diferenciada en los vecindarios, realizando diagnósticos ambientales para involucrar a los residentes, fortaleciendo a recolectores y centros de acopio y apoyando al aumento de volúmenes de materiales reciclables para así optimizar su venta. También realizan actividades de educación y concienciación, capacitación técnica y fortalecimiento institucional. En colaboración con ellos trabaja también la Fundación para el Reciclaje (FUNDARE) cuyo objetivo principal es "implementar un sistema auto sostenible de recolección y comercialización" de residuos reciclables y sensibilizar a los sectores de la sociedad civil, gubernamentales, empresariales y sociales.

Finalmente, en la cadena del reciclaje encontramos a las empresas de transformación de los materiales. Existen distintos rangos en relación a su volumen de trabajo, siendo las más importantes en este sentido COPELME y Vinto en el papel y Vidreolux en vidrio. En plástico y aluminio no existen empresas mayoritarias, siendo el mercado más distribuido, aunque destacaremos EcoPlastic, Papelera y Recíclame en plástico, dedicándose esta última también al aluminio.



Centro de Acopio de materiales reciclables de Avda. Melchor Pérez esquina Simón López.



Carros para la recogida de materiales del programa Eco-vecindarios de Swiss Contact.

4.3.5. Nuevo sistema de gestión de residuos para el municipio de Cercado: programa Ecovecindarios.

Desde que el 31 de Diciembre de 2009 se cumpliera el plazo para el cierre del vertedero de Kara Kara, comenzó un bloqueo de los caminos de acceso a dicho espacio por parte de los vecinos del entorno que impidieron la disposición de la basura de la ciudad durante cinco días. Finalmente el día 7 de Enero se consigue llegar a un acuerdo entre 33 Juntas Vecinales, el Ministerio de Medio Ambiente, la Prefectura y la Alcaldía, según el cual se ampliará el tiempo establecido para el cierre de las instalaciones en seis meses. Durante este tiempo se expropiarían 135 Has. en la zona de Arruman (distrito 9) y se habilitaría una celda de emergencia y un camino para poder comenzar a depositar la basura mientras se construye la nueva planta de tratamiento de residuos sólidos. (Los Tiempos, 7 de Enero de 2010).

Finalmente, y tras las elecciones municipales de abril de 2010 en las que llegó al gobierno el nuevo alcalde por el MAS Edwin Castellanos, el 7 de Julio de este año, día en que finalizaba el plazo del acuerdo anterior, Swiss Contact y la Alcaldía de Cercado suscribieron un convenio para implementar la gestión integral e integrada de residuos sólidos dentro del programa Ecovecindarios en un "modelo de gestión con roles complementarios, pero definidos y diferentes, donde unos trabajan con la gestión comunitaria (CIUDADANOS) y otros con la gestión pública (INSTITUCIONES)" (Ortuño, C. 2010). Según los medios bolivianos, el acuerdo establece que ambas instituciones sensibilizarán a la población e implementarán sistemas de recolección diferenciada de residuos sólidos. Se construirán plantas de tratamiento de residuos orgánicos, de residuos hospitalarios, de reciclaje, de tratamiento de lixiviados y de residuos electrónicos. Asimismo, se fortalecerán las capacidades técnicas de la Municipalidad para facilitar una mayor participación ciudadana, disminuir la

contaminación ambiental y mejorar la calidad de vida de los habitantes de Cercado. Swisscontact realizará una labor de asesoramiento técnico, formación y un aporte de 100.000 US\$ hasta 2012 para implementar el nuevo sistema.

Fig. 4.3.6. Nuevo sistema de gestión de residuos sólidos para Cercado.



Fuente: Swiss Contact. Agosto de 2010.

Para la correcta puesta en marcha, se elaborará un Programa Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos para los próximos cinco años. Se prevé la reestructuración de la Empresa Municipal de Servicio de Aseo (Emsa). En su lugar, se creará la Operadora Municipal en Gestión Integral de Residuos Sólidos (Omgirs), aunque que no se cambiará personal, sino que se adquirirán mejores equipos y se incrementará su presupuesto.

Como bases para el éxito de este nuevo sistema, se cuenta con la experiencia que durante estos años, y más intensamente en estos últimos meses, se ha desarrollado por parte del programa Ecovecindarios de SwissContact. Según informa Carola Ortuño, directora de proyectos de esta entidad, los resultados obtenidos hasta ahora han sido:

1. Se ha logrado la colaboración de representantes de distritos para iniciar la difusión y obligación de separar en origen la basura en 3 porciones (biodegradables, reciclables y basura) y 1 porción que es la peligrosa como las pilas y baterías.
2. Se han adecuado los camiones de EMSA para recoger y transportar de forma diferenciada los residuos sólidos, sin cambiar día, hora ni lugar, así es menos complicado para el ciudadano que solo debe –ahora- entregar por separado la basura.
3. Se han instalado 2 puntos verdes en los distritos (lugares limpios donde la gente puede llevar su basura separada sino alcanzó a entregar al camión), aunque aún no han llegado a los 14 distritos.
4. Se han creado sistemas descentralizados de compostaje algunos en barrios y otro muy grande en Kara Kara que es centro municipal de compostaje.
5. Se ha logrado reducir casi el 50% de la basura destinada a disposición final.



Imágenes del programa Ecovecindarios: vecinos entregando la basura a los camiones adaptados, y nuevos “puntos verdes” en la ciudad.



Fotos: Carola Ortuño. Swiss Contact. Agosto de 2010.

6. El trabajo libre de los recolectores entra en la zona central donde quedarán los contenedores, donde recogerán diferenciadamente y se quedarán los beneficios como parte de sus ingresos propios, con la condición de que se capaciten y que informen lo que colectan para la base de datos.

Según parece, se ha conseguido mucha colaboración de los ciudadanos y EMSA está haciendo un buen trabajo. Por estas fechas ya se va a comenzar a devolver el compost producto de la entrega separada de biodegradables al distrito 3, y cada día irán saliendo como 3 toneladas de compost para parques y remediación de suelos en Kara Kara, además ya se ha implementado en el distrito 4 y se está introduciendo en los distritos 1, 2 y 13., llegando a final de año a toda la ciudad.

En Julio de este año se ha presentado también el *Reglamento Municipal de la Separación en Origen y recolección diferenciada de los residuos sólidos urbanos en el Municipio de Cercado, Cochabamba*, por parte de la empresa municipal EMSA en coordinación con SwissContact para su aprobación por el Consejo Municipal, en el que se define claramente cuales son los principios que regirán desde ahora el nuevo sistema para la ciudad.

Es necesario señalar, que durante el desarrollo de esta investigación ha existido un importante apoyo y trabajo conjunto con dicha institución, con la que se ha encontrado una total sintonía desde el principio en relación a los planteamientos que para la resolución del problema de la basura en Cochabamba se realizaban por ambas partes.

4.3.6. Conclusiones

Como ya hemos mencionado, el estudio sobre la problemática de la gestión de residuos sólidos en el Cercado, dadas las circunstancias que en relación a este problema se dan en la actualidad, marcadas principalmente por la Orden Judicial que ordena el cierre del vertedero en Diciembre de 2009, ha llevado a una implicación de esta investigación en los procesos se producían en los entornos socio-institucionales vinculados a este tema. Es en ese contexto que se celebra el "*Seminario Taller sobre Propuestas para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos en el área Metropolitana de Cochabamba*", que se constituye como un punto central del trabajo. La participación en él nos lleva a resumir la problemática en tres puntos:

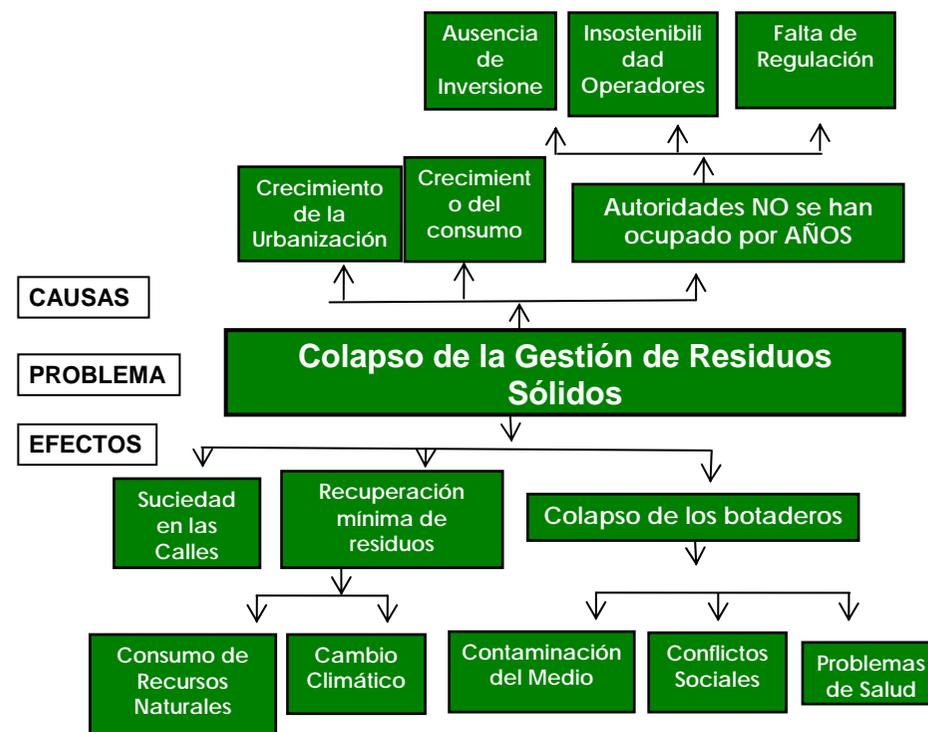
1. Deficiencia y falta de cobertura en los servicios de limpieza y recogida.
2. Falta de regulación en el sector de la recuperación de residuos sólidos que deriva en:
 - Los precios y la rentabilidad son controlados exclusivamente por el mercado.
 - Falta de seguridad y condiciones adecuadas de trabajo para recuperadores (Thawis) y centros de acopio.
 - No hay infraestructuras adecuadas para el tratamiento de residuos orgánicos.
3. Los lugares de disposición final no cuentan con las condiciones adecuadas para garantizar la seguridad ambiental y la salud de los habitantes del entorno.

También se elaboró un árbol de problemas (Fig. 4.3.7) en el que se refleja el problema central existente, así como sus causas y efectos.

Las dos jornadas del seminario llevaron a concluir en la necesidad de generar soluciones que se apoyen en programas educativos con contenidos basados en principios y valores y que hagan partícipes a las OTBs. Por otro lado se destacó el problema que supone la dependencia del reciclaje de los precios del mercado y la necesidad de generar mecanismos para el compostaje a distintos niveles (doméstico y municipal) para el 60% de los residuos que son de origen orgánico. Finalmente se señaló fundamental la coordinación y corresponsabilidad que deben asumir las instituciones y actores sociales implicados en el problema.

Por otro lado, durante el año 2010 se han sucedido una serie de acontecimientos que afortunadamente parece que están encaminando la resolución definitiva del conflicto de los residuos sólidos en Cercado. Entendemos que el nuevo sistema de Ecovecindarios, cuyo proceso incipiente hubo oportunidad de conocer durante la estancia en la ciudad, se basa en principios que encajan totalmente con aquellos en los que este trabajo se apoya, no sólo en lo que a soluciones tecnológicas y estrategias se refiere, sino sobre todo en relación a entender la necesidad de descentralizar una importante parte de dicha gestión a nivel de los distritos y, sobre todo, por dar un papel protagónico a los vecinos y sus representantes vecinales en dicho proceso.

Fig. 4.3.8. Árbol de problemas: Gestión de RRSS en Cochabamba.



Fuente: Elaboración propia. Septiembre 2009.

4.4. LA ENERGÍA ELÉCTRICA.

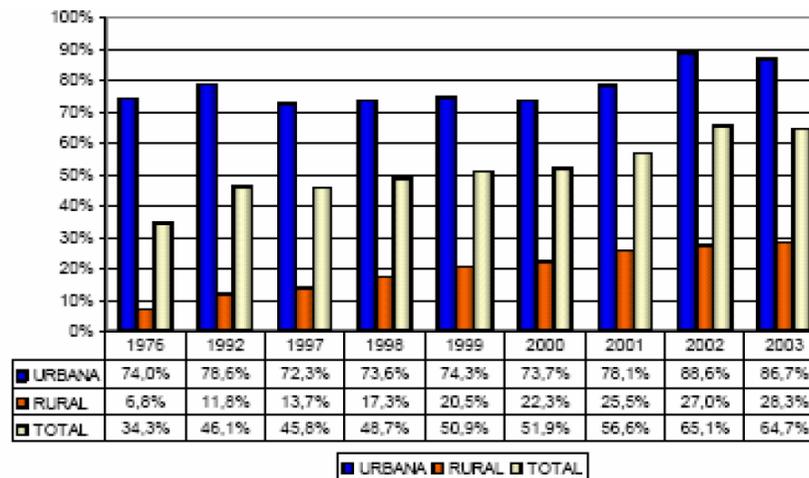
4.4.1. Los sistemas de energía eléctrica en Bolivia.

Bolivia es uno de los pocos países en Sudamérica que es autosuficiente energéticamente, aunque se tienen que importar ciertas cantidades de aceite diesel para abastecer al mercado interno. En el sector eléctrico la capacidad instalada, que en diciembre del 2004 según datos oficiales del VMEEAT era igual a 1449.8 MW, abastece el mercado interno con suficiencia, pero sin embargo el índice de cobertura en el área rural es muy bajo. Esto se debe, entre otras cosas, a la alta dispersión poblacional y las grandes distancias entre comunidades, que dificultan la extensión de redes eléctricas por los elevados costos que implican y que, además, no se rentabilizarían económicamente dados los bajos niveles de consumo eléctrico en estas áreas, que también se deben, como veremos, a los altos precios que para esta población representa la electricidad. (Canedo, W. 2005).

La cobertura de la electrificación rural según el Censo de 2001 era de 24,5%, y hasta el año 2005 se ha incrementado hasta el 33%, existiendo así casi 600 mil hogares rurales sin acceso a la electricidad. (Orellana, R.J. y Morales, M.E. 2009). En el sector urbano, de media en el año 2003 la cobertura alcanzaba el 86,7% de los hogares, siendo la media del país para ese mismo año del 64,7% (Cuadro 4.4.1).

El sector eléctrico boliviano está conformado por tres instancias: el Viceministerio de Electricidad, Energías Alternativas y Telecomunicaciones (VMEEAT) cuyas funciones son normativas, la Superintendencia de Electricidad como ente regulador y el Comité Nacional de Despacho de Carga (CNDC) que coordina la generación, transmisión y despacho de carga en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) a costo mínimo. La industria eléctrica boliviana se compone de tres etapas que deben estar

Fig.4.4.1. Evolución de la cobertura del servicio eléctrico.



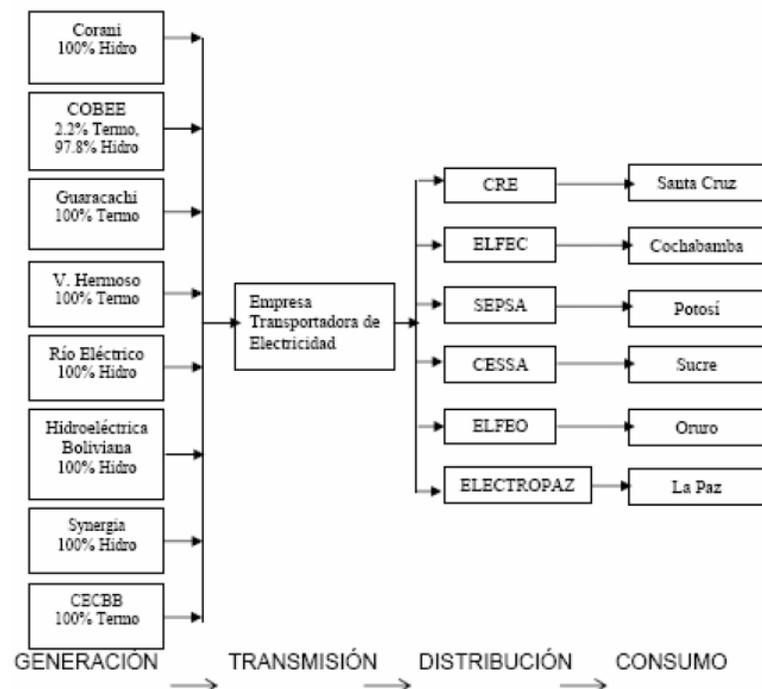
Fuente: VMEEAT en Canedo, W. 2005.

perfectamente coordinadas entre sí para poder atender la demanda de energía eléctrica en el país, estas etapas son: generación, transporte y distribución. Las tres etapas están desarrolladas por dos sistemas eléctricos reconocidos en la Ley de Electricidad, el *Sistema Interconectado Nacional* (SIN), que provee de energía eléctrica de manera simultánea a las ciudades más grandes del país, y los *Sistemas Aislados y Autoproductores*, estando cada una de las etapas a cargo de empresas privadas en ambos sistemas (Canedo, W. 2005).

El SIN provee energía eléctrica a las ciudades de Santa Cruz, Cochabamba, Potosí, Sucre, Oruro y La Paz. Las empresas que conforman el SIN se dedican a una sola actividad (generación, transmisión o distribución) y representan el 84% de la capacidad instalada y 89% de la producción de energía eléctrica del país. El SIN está formado por ocho empresas dedicadas a la generación de energía tanto termoeléctrica como

hidroeléctrica, la Empresa Transportadora de Electricidad (TDE) y nueve empresas distribuidoras, que operan en los departamentos, siendo la Empresa de Luz y Fuerza de Cochabamba (ELFEC) la que opera en esta región. (Orellana, R.J. y Morales, M.E. 2009).

Fig. 4.4.2. Estructura de la industria eléctrica en el SIN.



Fuente: UDAPE en Canedo, W 2005.

En los *sistemas aislados* las empresas pueden estar integradas verticalmente. Los sistemas aislados más importantes operan en las ciudades de Trinidad, Cobija y Tarija; además de otros sistemas en: Yacuiba, Villamontes, Bermejo, Camiri, Guayaramerín y Riberalta. Adicionalmente, existen los sistemas aislados menores que generalmente

trabajan con termoelectricidad en poblaciones pequeñas del oriente. Los *autoprodutores* son agentes que tienen su propia generación, que se destina principalmente al consumo del productor, aunque también se les permite vender. Destacan en este sector ciertas industrias que, dada la potencia que requieren para su actividad, precisan de servicios especiales (son los denominados *consumidores no regulados*) a los que se les permite contratar directamente con los generadores de energía. En el caso de los autoprodutores que se encuentran dentro de esta categoría, destacan las empresas petroleras, las mineras y los ingenios azucareros del oriente, que suponen el 6,47% de la generación eléctrica a nivel nacional.

Marco Regulatorio

Desde 1985, Bolivia dio inicio a un proceso de liberalización de su economía mediante las llamadas reformas de primera generación a través del Decreto Supremo 21060. Las reformas de segunda generación que afectan directamente al sector energético se inician en 1994 con la promulgación de la Ley de Capitalización (21 de marzo de 1994), Ley del Sistema de Regulación Sectorial (28 de octubre de 1994) y principalmente la Ley de Electricidad (# 1604 del 21 de diciembre de 1994) en sustitución al Código de Electricidad.

Hasta 1994 el sector eléctrico se regía por el Código de Electricidad, D.S. 08438 del 31 de julio de 1968, el cual respaldaba una estructura con integración vertical, caracterizada principalmente por ser un monopolio natural y estatal, ya que la principal empresa era ENDE, de propiedad del Estado. El Código otorgaba a la Dirección Nacional de Electricidad, como entidad técnica autárquica, la responsabilidad de regular, fiscalizar, coordinar y fomentar las actividades de la industria eléctrica en el país (Canedo, W. 2005).

El proceso de capitalización del sector eléctrico en Bolivia consta de dos etapas. Una primera entre 1994 y 1999 en el que las cuatro empresas generadoras que participaron de ese proceso disfrutaban de la exclusividad de la producción de energía. Éstas fueron Corani y Cobee en la producción básicamente hidroeléctrica y EGSA y Valle Hermoso en la producción térmica, que en la actualidad, y gracias al monopolio natural que les proporcionó ese periodo de exclusividad, controlan el 80% de la generación de energía. En 1999 entraron cuatro nuevas empresas a la producción dentro del SIN, tres hidroeléctricas y una térmica. Las generadoras del SIN están obligadas a satisfacer la demanda y cubrir los requerimientos mínimos de reservas para garantizar la seguridad del suministro. Por otro lado, y para evitar problemas de concentración, se ha establecido que ninguna generadora podrá poseer capacidad instalada mayor al 35% de la capacidad total del sistema (Arze, C. y Poveda, P. 2006).

Tal y como observamos en el cuadro 4.4.1., en la primera etapa de la capitalización hubo importantes inversiones de dinero público que se destinaron principalmente al sector de la generación y transmisión de energía, que a partir de 1997 se reducen para aumentar las inversiones destinadas a la implementación de programas de electrificación rural. Es curioso comparar estos datos con los de la Fig. 4.4.1., ya que observamos cómo en estos primeros años de privatización la cobertura eléctrica del país incluso sufre un retroceso, que en las zonas urbanas no se vería compensado hasta el 2001.

Otro tema importante en relación a los cambios producidos como consecuencia del proceso de privatización en el sector eléctrico boliviano, es en lo relativo a las tarifas. De media, los precios del kWh subieron un 43% desde la capitalización en 1994 hasta el 2003. Si analizamos esta subida

discriminándola por rubros, observamos que los precios del sector doméstico del área urbana subieron un 84% y un 55% los de las ciudades intermedias del área rural, mientras que las subidas en alumbrado público e industria fueron mucho menores, e incluso hubo grandes descensos de los precios para la minería (-65%) y los consumidores no regulados (-71,4%), siendo por tanto muy favorecidos en este sentido los grandes consumidores en detrimento de los consumidores domésticos. Es por ello que, aunque la capitalización haya en algún sentido mejorado la cobertura de energía eléctrica, el elevado costo que supone no permite a grandes capas de la población pagar por este servicio, especialmente en las áreas rurales. Como ejemplo, en 2003 el consumo anual promedio de una familia fue de 210 Bs mensuales, mientras que el ingreso promedio es de 750 Bs, lo que supondría que el gasto en electricidad, como promedio, sería del 28% de los ingresos (Arze, C. y Poveda, P. 2006).

CUADRO 4.4.1. INVERSIÓN PÚBLICA EN ELECTRICIDAD (mill US\$)								
Inversión por actividad	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Generación	6.91	26.82	19.45	0.08	0.36	0.0	0.1	0.01
Transmisión	14.98	10.71	5.75	5.85	2.33	1.92	0.92	0.64
Electrificación Rural	8.6	2.44	1.19	7.07	6.21	4.41	6.98	8.06
Energías Alternativas		0.03	0.07	0.84	0.87	0.76	0.08	1.81
Otras energías	0.35	0.65	0.24	0.03	0.1	0.83	0.11	0.04
Ejec. Municipios		5	4.29	6.34	4.82	3.3	4.57	4.88
Total	30.84	45.64	31.22	20.19	14.69	11.22	12.76	15.6

Fuente: Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo, en Canedo, W. 2005.

Matriz energética de Bolivia

El país dispone de diversas fuentes de energía primaria para la producción de electricidad, entre las que destacan por su abundancia y competitividad el gas natural y la fuerza hídrica, aunque otros derivados del petróleo y la biomasa adquieren cierto protagonismo en Sistemas Aislados.

La potencia instalada de generación es predominantemente térmica (902 Mw en 2004) y aproximadamente el doble que la hidráulica (490,7 Mw en 2004), sin embargo en relación a la producción, no existe mucha diferencia entre los valores relativos a una y otra, que en los años hidrológicos medios, se reparten aproximadamente el 50% de la demanda para cada una. Las centrales hidroeléctricas se encuentran principalmente en la zona Occidental (La Paz y Cochabamba), mientras que las plantas térmicas se localizan más en la zona Oriental (Cochabamba, Santa Cruz y Sucre) cerca de las áreas productoras de gas. Las perspectivas de evolución del mercado generador muestran cierta tendencia al incremento de la producción termoeléctrica debido a la alta disponibilidad de gas natural existente en la región oriental del país, aunque existe por parte del gobierno actual una política de explotación del potencial hidroeléctrico nacional con proyectos de exportación también a mayor escala, con un plan de referencia existente hasta el año 2020. Dado que las generadoras hidroeléctricas se caracterizan por sus bajos costos variables, dentro del SIN se cubre con su oferta la base de la demanda, mientras que las generadoras termoeléctricas siempre cubren las demandas marginales, al tener costos de producción elevados que se derivan principalmente del costo del combustible. (Arze, C. y Poveda, P. 2006).

Fig. 4.4.3. Sistema Interconectado Nacional



Fuente: Superintendencia de electricidad en Canedo, W. 2005.

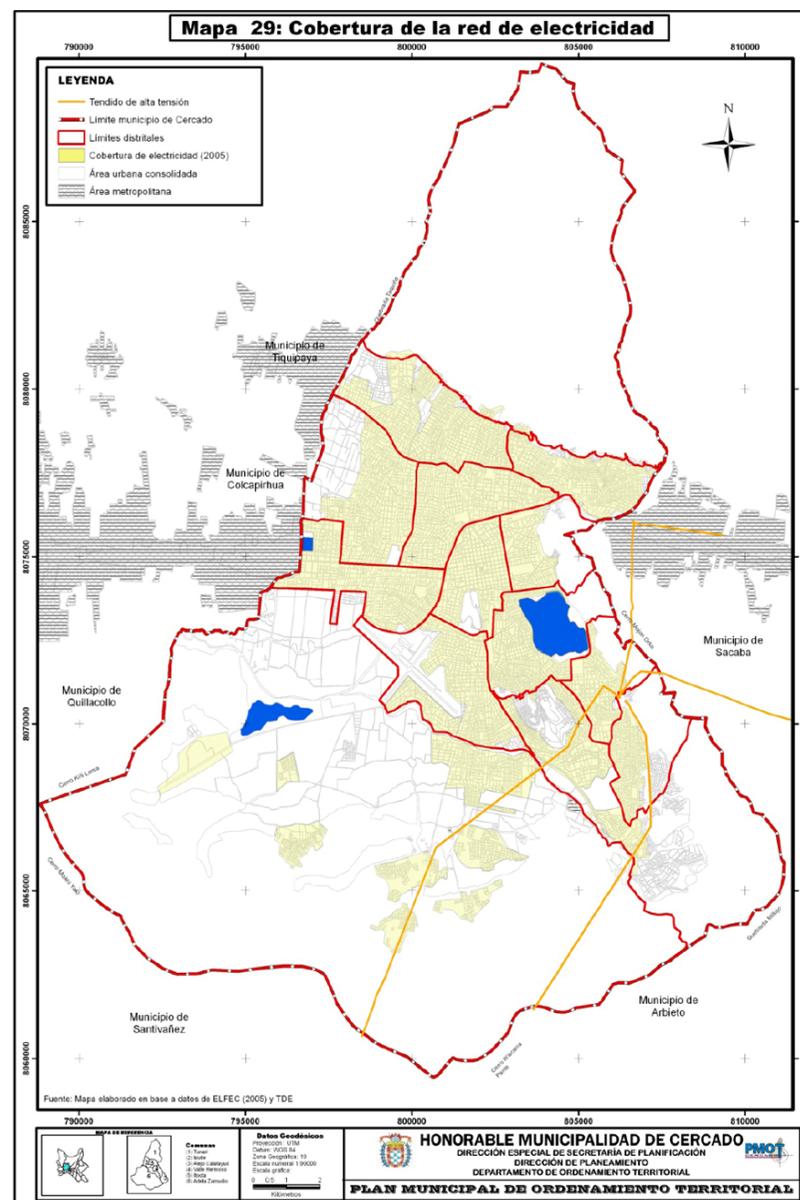
4.4.2. La energía eléctrica en Cochabamba

El departamento de Cochabamba se caracteriza por ser exportador de hidroenergía; importador de gas natural y petróleo y autosuficiente en biomasa. Aquí encontramos 3 centrales de producción hidroeléctrica: Corani (55 MW), Santa Isabel (90 MW) y Kanata (8 MW) y una termoeléctrica en Valle Hermoso (37 MW), todas ellas situadas en torno a la capital, la ciudad de Cercado.

En relación a la demanda la máxima fue de 91 MW en el año 2004 y la venta anual de electricidad dentro del SIN de 609 GWh para ese mismo año, por detrás tan sólo de Santa Cruz y La Paz, lo que supone el 18,9% del consumo total del país en el SIN siendo la cobertura del 69,1 %, con un 89,4% de los hogares para el área urbana y un 39,1 % para el área rural. En relación a las tarifas, ELFEC se sitúa como la segunda más cara para la categoría residencial (7.58 cUS\$/kWh), la tercera más cara en la categoría general (10.73 cUS\$/kWh), y contrariamente, la tercera más barata para la industrial (4.74 cUS\$/kWh) dentro de las seis empresas distribuidoras del SIN (Canedo, W. 2005).

En la ciudad de Cercado, el servicio eléctrico es el que cuenta con mayores índices de cobertura en relación a todos los demás. En general en la mayoría de su territorio encontramos índices superiores al 90%, a excepción de su límite Sur, en el distrito 9, donde existen zonas en las que la cobertura puede llegar a índices por debajo del 50% de los habitantes con servicio. Sin embargo sí que encontramos otro tipo de problemas que afectan directamente a la seguridad de los pobladores, sobre todo en la zona sureste de la ciudad. Se trata de la existencia de una estación transformadora en el distrito 7 que comunica hasta 4 líneas de alta tensión. En la actualidad, estas líneas atraviesan zonas completamente pobladas, siendo las avenidas principales las que normalmente se sitúan

Fig. 4.4.4. Cobertura de la red de electricidad



Fuente: HAMC. PMOT. 2009.

inmediatamente debajo. Se trata de una situación de riesgo para la población, que se empeora con el hecho de que se aprovechan estas áreas en su calificación como supuestas zonas de equipamientos que realmente no pueden ser aprovechadas. Una vez más, el PMOT no prevé ningún tipo de intervención en este sentido.



Espacio calificado como equipamiento en el que se sitúan líneas de alta tensión que atraviesan las áreas pobladas.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. Potencial de aprovechamiento de las energías renovables en Bolivia.

Tal como se mencionó anteriormente, Bolivia es autosuficiente en el tema energético pero paradójicamente tiene una cobertura de electrificación rural muy baja y las familias rurales dependen en gran parte de la biomasa como energía principal. La baja cobertura de electrificación rural y la alta dispersión geográfica fueron las principales razones para pensar en el uso de fuentes renovables para el suministro energético de estas áreas. En este sentido, las principales fuentes que tienen un buen potencial de utilización son la solar, hidráulica, biomásica y en menor grado la eólica y geotérmica (Canedo, W. 2005).

Es por ello que el desarrollo del mercado de energías renovables ha estado orientado en mayor grado a la electrificación rural y ha tenido un pilar fundamental en las instituciones de Cooperación Internacional, que a través de programas de difusión, asistencia técnica y de transferencia tecnológica han logrado incentivar el mercado nacional principalmente en los tomadores de decisión. En general, la oferta tecnológica en Bolivia para la utilización de energías renovables tiene un buen grado de desarrollo, pero requiere actualizar sus vínculos comerciales con los productores de nuevas tecnologías para ofertar equipamiento con mejores niveles de rendimiento y precios optimizados (Canedo, W. 2005).

En general podemos ver cómo la energía hidráulica es de ellas la que presenta un mayor peso dentro de la matriz energética nacional, a pesar de no estar explotado todo su potencial, siendo éste también importante en relación a la energía solar y más excepcional para la eólica. En general el uso de biomasa ha sido tradicionalmente muy extendido, sobre todo en las zonas rurales y principalmente para usos domésticos.

Energía hidráulica

El potencial hidroenergético de Bolivia se resume en:

Potencial Bruto	334 100	Mw ²
Aprovechable	39 870	Mw
Inventariado	10 700	Mw
En operación	470	Mw (al año 2006) ³

Es decir, que apenas el 1% del potencial aprovechable está siendo explotado en la actualidad, existiendo por tanto un gran potencial por explotar, que encuentra sin embargo las limitaciones relativas principalmente a la alta dispersión poblacional y a la falta de promoción de tecnologías adecuadas a las condiciones de aprovechamiento (Canedo, W. 2005). En general, el aprovechamiento hidroenergético en centrales de gran potencia (mayor a 10 MW) encuentra la competencia de centrales térmicas de gas natural con gastos operativos relativamente bajos y rapidez para su ejecución. En general, son los sistemas aislados construidos para pequeños aprovechamientos en lugares donde no hay redes de gas los que presentan ésta como la solución más atractiva.

Según un estudio realizado en relación a la potencialidad de las energías regenerativas para el Departamento de Cochabamba en el año 1992, sus reservas hidroenergéticas alcanzaban el 11% del potencial nacional. En este sentido, el proyecto de mayor envergadura en curso que encontramos en la actualidad es el ya mencionado Proyecto Múltiple Misicuni, en el que se prevé una producción de 80 Mw (210 Gwh/año) en su

primera etapa, y hasta 120 Mw (500 Gwh/año) cuando el proyecto esté concluido.

Existen también interesantes proyectos de mini (50-500 Kw.), micro (5-50 Kw.) y pico (<5 Kw.) centrales hidroeléctricas que se están desarrollando principalmente en zonas rurales de todo el país. La principal característica de estos proyectos es que son en muchos casos autoconstruidos por los propios beneficiarios bajo inspección de los técnicos. Se encuentra a veces la complejidad relativa a los problemas de accesibilidad de algunas zonas y la necesidad de implementar procesos formativos, pero se genera un grado de autonomía importante de estos pobladores en relación a su suministro energético. En el departamento de Cochabamba existen actualmente unos 18 proyectos en este sentido que se enmarcan dentro del "Programa Nacional de Mini-Hidro Energía".

Energía Solar

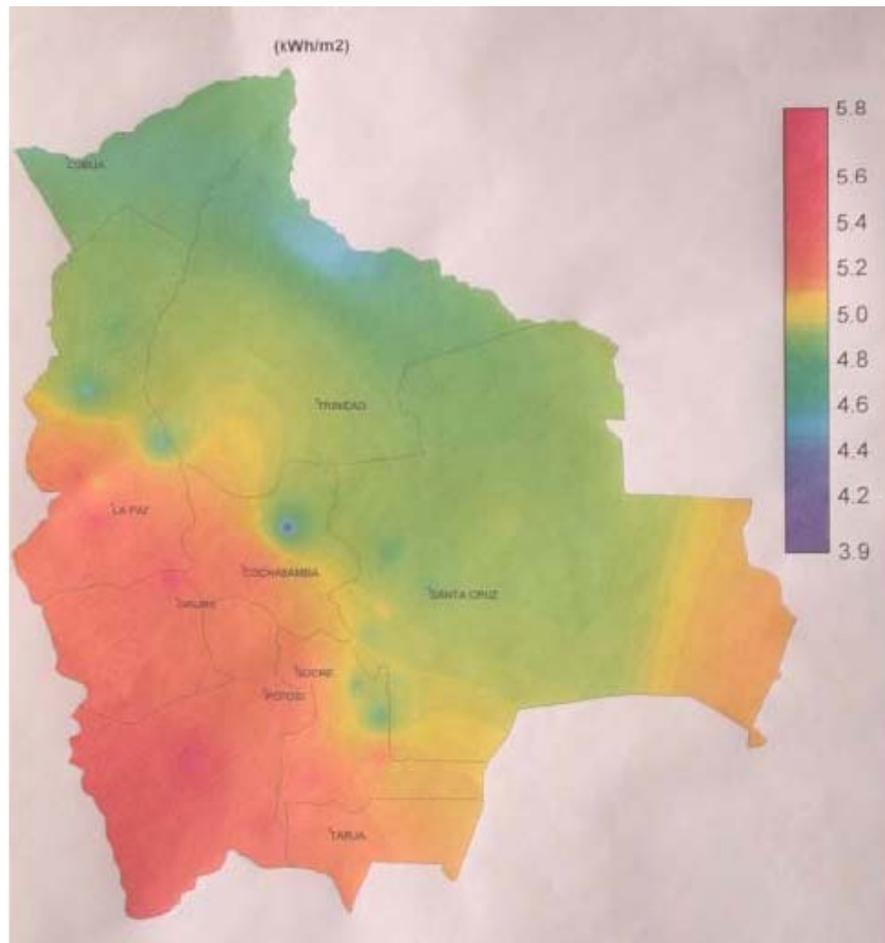
Gracias a su posición geográfica cercana a la línea del Ecuador, la radiación solar se convierte en uno de los recursos energéticos renovables más importantes con los que cuenta Bolivia, existiendo por tanto un potencial grande de energía aprovechable.

A pesar de no existir mucha información meteorológica, gracias a una serie de interpolaciones y datos de países limítrofes se ha conseguido modelar un mapa de la radiación promedio anual para todo el país (Fig. 4.4.5.). Podemos observar en él cómo el mayor potencial se presenta principalmente en la zona Altiplánica, debido probablemente a que la Amazonía cuenta con muchos días de espesa nubosidad y lluvias a lo largo del año.

² Fuente: Inventario de potencial hidroenergético de Bolivia 1987 (ENDE)

³ Fuente Anuario estadístico del sector eléctrico boliviano 2006 (VMEEAT)

Fig. 4.4.5. Radiación Solar promedio anual (Kwh/m²)



Fuente: Atlas de radiación solar de Bolivia con SIG; CINER.

Las primeras aplicaciones de energía solar fotovoltaica se desarrollan al inicio de los años 90 en proyectos implementados por la Cooperación Española en torno al Lago Titicaca, a los que siguieron otros

que hicieron que en la primera mitad de esta década se llegaran a instalar unos 5000 sistemas. En la segunda mitad se da un salto cualitativo en este sentido que permite llegar al siglo XX con un ritmo de unos 2000 sistemas instalados al año, lo cual hasta la fecha representa más de 1000 Kw. en unos 25000 sistemas, la mayoría de ellos en áreas rurales (Orellana, R.J. y Morales, M.E. 2009).

Existe la limitante de que no hay hasta ahora fabricación local de los componentes de los sistemas, principalmente los paneles, por lo que son necesariamente importados del exterior. Existen cinco empresas dedicadas a este sector de la importación y algunas a la fabricación de reguladores, adaptadores para aparatos y baterías. También se cuenta en Bolivia con una veintena de empresas dedicadas a ofrecer y montar equipos, comprando los diferentes componentes en el mercado local y que complementariamente realizan otras actividades del sector energético y comercial.

En relación a los sistemas termosolares, comenzaron a introducirse a través del ámbito académico en los años 80. Han existido algunos programas para su incorporación domiciliar y en escuelas y hospitales, algunos con mejor suerte que otros. Bolivia posee en este sentido grandes ventajas que derivan de dos hechos principalmente: el primero, que la época de lluvias está concentrada en los meses de verano, siendo los meses de invierno (con mayor demanda de agua caliente) en los que se cuenta mayormente con los días despejados; en segundo lugar, es la zona más fría del país, el occidente, la que concentra la gran mayoría del potencial de energía solar.

Por otro lado, el sistema más extendido para la obtención de agua caliente son unas duchas eléctricas que incorporan una resistencia en la salida del agua. Además del importante gasto energético que suponen, con 4000 w de potencia, son instalaciones muy precarias e inseguras, y que en

ocasiones ni siquiera cuentan con una conexión a tierra. A pesar de ello, son pocos los sistemas termosolares que encontramos instalados, debido quizá al costo de instalación que requieren, muy alejado de las posibilidades de mayoría de la población, y que se encuentra en torno a los 1300 US\$ para un tanque de 150 l, en contraposición con el bajo costo de los sistemas de duchas termoeléctricas, unos 8 US\$.

La configuración típica de los sistemas termosifón producidos en Bolivia consiste de 2 colectores planos de 2 m² cada uno, tubería de cobre dentro la superficie colectora, un tanque de acumulación de 150 o 200 litros y tuberías galvanizadas de 25 mm de diámetro aisladas con fibra de vidrio. En los lugares donde existe energía eléctrica, los sistemas incorporan una resistencia eléctrica para calentar el agua en días nublados (Canedo, W. 2005).

En Cochabamba, las áreas con mayor potencial solar se encuentran en la mitad suroccidental del Departamento, encontrándose una zona especialmente baja al noreste de la Ciudad de Cercado, justo al otro lado de la cordillera del Tunari. Sin embargo la presencia de esta cordillera detiene la llegada de las nubes hasta la ciudad, descargando antes y haciendo certera la afirmación anterior de que es en el verano donde casi exclusivamente se concentran las lluvias.

Los valores máximos de radiación registrados para la Zona Central de Cochabamba se encuentran entre los 7,6 – 7,0 Kwh./m².día, situándose las mínimas en unos 4,6 Kwh./m².día para todo el Departamento, con un total de entre 2.600 – 2.800 horas-sol/año (CBP, 1992).

Energía eólica

La instalación desde unos años atrás de estaciones meteorológicas por todo el país hasta alcanzar en la actualidad las 201 ha permitido por fin este año presentar el Primer Atlas Eólico de Bolivia, realizado por TDE

(Empresa Transportadora de Energía) en colaboración con el IFC a través de una consultora que con esta información ha podido contrastar un modelo virtual desarrollado. Según expresa la empresa en su boletín oficial:

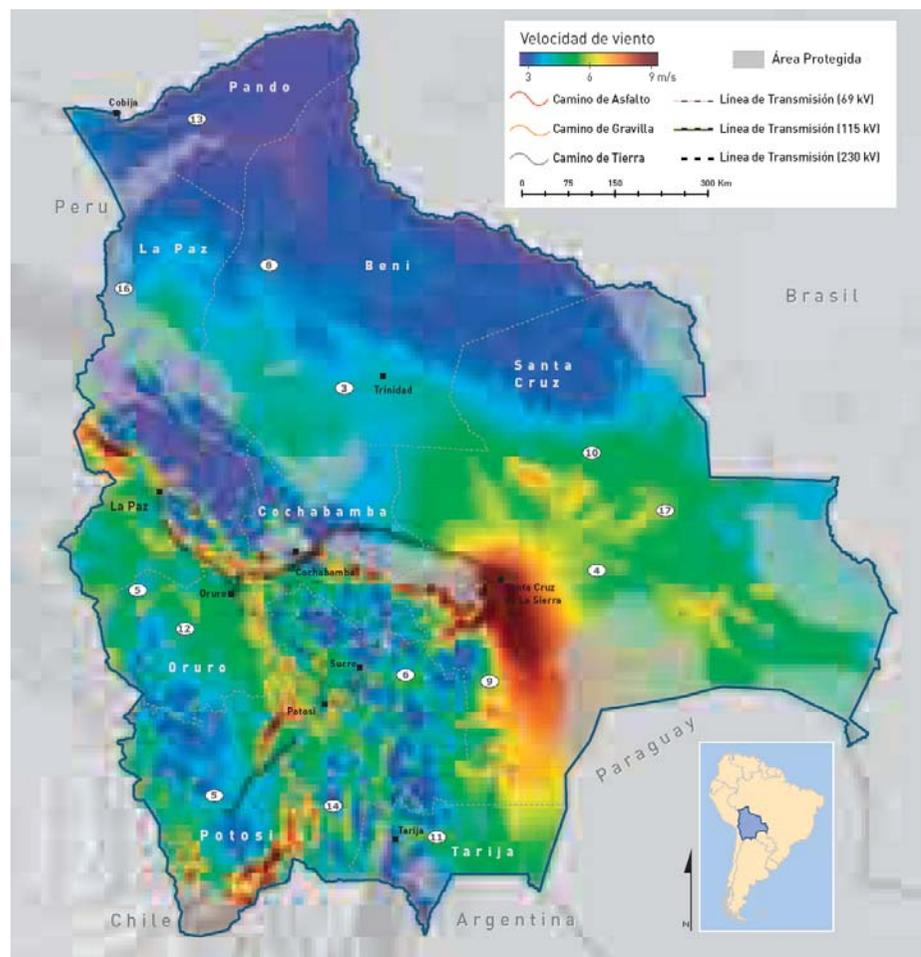
“El Atlas Eólico de Bolivia, crea las oportunidades para el aprovechamiento de la energía eólica en las poblaciones rurales con aerogeneradores de electricidad, bombas de agua y molinos, e inclusive, el aprovechamiento comercial a mayor escala al existir en el país zonas con gran potencial como Santa Cruz, las provincias de Nor y Sur Lípez en Potosí, en un corredor entre Santa Cruz, Cochabamba y La Paz, un corredor norte sur entre las orillas del lago Titicaca, Oruro y el oeste de la ciudad de Potosí.”

Para una adecuada solución técnica – económica de generación eléctrica con sistemas eólicos es recomendable que la mínima velocidad de viento sea mayor o igual a 3.5 m/s, observándose en las áreas anteriormente mencionadas velocidades que alcanzan hasta los 9 m/s.

En Cochabamba existen experiencias en la Zona de Pilancho, donde la velocidad media anual es de 4,6 m/s, con pequeños sistemas de 200 a 500 W de potencia que sirven para usos domésticos (Canedo, W. 2005). Como ya hemos mencionado existe un corredor con importante potencial entre Santa Cruz-Cochabamba-La Paz, pero cuya factibilidad debe ser contrastada en relación a la existencia de áreas protegidas en su límite norte.

No existen en Bolivia industrias dedicadas a la construcción de aerogeneradores, habiendo sido construidos los existentes en talleres locales siguiendo modelos académicos de iniciativa universitaria y algunos importados, pero siempre fueron para potencias menores a 1 Kw destinadas a usos domésticos.

Fig. 4.4.6. Mapa de velocidad del Viento



Fuente: Boletín Informativo TDE en Línea. Julio 2009.

4.4.4. Conclusiones

En general vemos cómo el problema de la cobertura de energía eléctrica ha estado en Bolivia principalmente concentrado en las áreas rurales, mientras que en las áreas urbanas desde los años 70 encontramos índices por encima del 75% de la población servida.

El proceso de privatización no supuso una modificación de estos parámetros, ya que a pesar de contar, sobre todo en los primeros años, con importantes sumas de dinero público en inversiones, éstas se destinaron principalmente al sector de la generación y transmisión, cuyas nuevas empresas capitalizadas gozaban además de cinco años de “monopolio” exclusivo. Sin embargo, sí ha existido una modificación en lo que se refiere a la estructura tarifaria, que ahora pesa mucho más sobre los consumidores menores y encuentra importantes ventajas para los grandes consumidores, la minería y la industria.

En relación a las fuentes energéticas, Bolivia no sólo es autosuficiente en relación a los niveles de consumo actuales, sino que además goza de grandes potenciales tanto en gas natural como en energías renovables. En este sentido, la energía hidráulica es la única renovable que en la actualidad está siendo explotada a nivel de centrales de producción de energía de gran envergadura, suponiendo como media el 50% de la energía eléctrica producida en el país. Sin embargo, cuenta también con grandes potenciales a menor escala que son explotados sobre todo en comunidades rurales. Es en este campo donde las renovables están encontrando una mayor productividad.

Como hemos visto, la baja densidad y dispersión que encontramos en las zonas rurales bolivianas hacen de los sistemas autónomos de pequeña escala la solución más rentable. Se han generado así numerosos proyectos de producción eléctrica en base a paneles fotovoltaicos y mini-centrales hidroeléctricas. También encontramos algunas experiencias en el

campo de los aerogeneradores domésticos, aunque los últimos estudios señalan la posibilidad de uso de esta energía también a nivel comercial en ciertas zonas del país.

En general, destacamos la posibilidad que las experiencias existentes demuestran de instalación de sistemas prácticamente autoconstruidos de mediana escala tanto en energía hidroeléctrica como de aerogeneradores y, aunque es un campo muy incipiente, de aprovechamiento de energía solar para termotanques y cocinas solares.

4.5. ALGUNAS CONCLUSIONES SOBRE LA SITUACIÓN DE LOS SERVICIOS BÁSICOS EN EL CERCADO.

El problema central que se deriva de la situación de los servicios básicos en la ciudad de Cercado es el nivel de segregación que suponen en relación a la población de las zonas peri-urbanas, principalmente de la Zona Sur, con respecto a la Zona Norte y Zona Central de la ciudad, y esto repercute directamente en condiciones marginales de habitabilidad para la población más empobrecida. Como respuesta a ello, estos sectores de la población, mayoritariamente indígenas, cuentan con una importante capacidad de autoorganización en base a los principios de la cultura andina, lo que los convierte en interesantes modelos de gestión urbana con base en sistemas de organización autóctonos.

Por otro lado, la concentración de población en las ciudades que las dinámicas económicas han impulsado desde la segunda mitad del siglo XX, ha generado grandes crecimientos que no han gozado de principios de ordenación y planeamiento a nivel territorial. Es más, han sido orquestados por los "loteadores", propietarios de terrenos o usurpadores de terrenos comunales que realizan procesos de "loteamiento" o parcelación en base a criterios de rentabilidad económica sobre el territorio no urbanizado.

Es así como, después de que en 1962 el Plano Regulador de la ciudad de Cercado estableciera un modelo urbano basado en la cuadrícula de ensanche, el proceso de relocalización de los mineros generó grandes masas migrantes cuya ubicación superó prontamente el área urbana establecida, y desde entonces, tanto el Plan Regulador de 1981, como las posteriores Ordenanzas Municipales, se concentran en "embolsar los rebalses urbanos que se habían extendido a lo largo de la conurbación existente" (PMOT, 2009). Y marcamos esta cita porque entendemos que el actual PMOT, en proceso de aprobación, no va más allá de lo que en este párrafo denota respecto a los planes anteriores.

No existen planteamientos a nivel territorial reflejados en el nuevo Plan Municipal de Ordenamiento Territorial (PMOT) que supongan una aportación para la creación de modelos urbanos que soporten los servicios públicos necesarios. Y esto se convierte en un grave inconveniente cuando uno de los obstáculos más importantes que existen a la hora de resolver los problemas que en este capítulo hemos puesto de manifiesto respecto a los servicios básicos se encuentra precisamente en la falta de espacios dentro del límite municipal donde ubicar estas infraestructuras, tanto si las soluciones se plantean centralizada como descentralizadamente. El Estado, en cualquiera de sus formas, es el que, tal y como define la Constitución Boliviana, tiene la responsabilidad de proporcionar estos servicios a la población, y por otro lado, es el que tiene la competencia exclusiva de la ordenación del territorio, la asignación de usos al suelo y, en último término, la expropiación de terrenos para fines de interés público. Sin embargo, hasta ahora, estas herramientas apenas se han puesto en marcha para permitir una solución estructural de la cobertura de los servicios básicos en esta ciudad.

Por ser más explícitos, el PMOT no señala ubicación ni delimitación de uso de suelo para un nuevo vertedero municipal, ni para ningún tipo de

infraestructura a nivel de distrito o de municipio que haga las funciones de estación de transferencia. Tampoco se incorporan reservas de suelo para la ubicación de plantas de tratamiento de aguas con criterios hidráulicos coherentes, y lo mismo ocurre con los tanques altos necesarios para el suministro del agua potable. Es nuevamente la población la que se ve obligada a llegar a acuerdos con privados o a dedicar espacios reservados a equipamientos públicos para tales fines con el objetivo de llegar a soluciones para los problemas que enfrentan cotidianamente.

Entendemos que los procesos de autoorganización emprendidos por la población de los barrios de la Zona Sur son un ejemplo de gestión a ser impulsados y extendidos, y que es en base a ellos que se puede crear una estructura de gestión de la ciudad, pero existen fondos públicos, manejados por las instituciones, que también deben revertir sobre esta población, y que además el Estado, dentro del sistema de poderes que la economía impone en la actualidad, tiene el deber de intervenir como fiscalizador para la consecución de modelos urbanos que aseguren mínimas condiciones de habitabilidad en todas las áreas de la ciudad.

5. EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y SERVICIOS BÁSICOS

5.1. MODELOS DE DESARROLLO URBANO

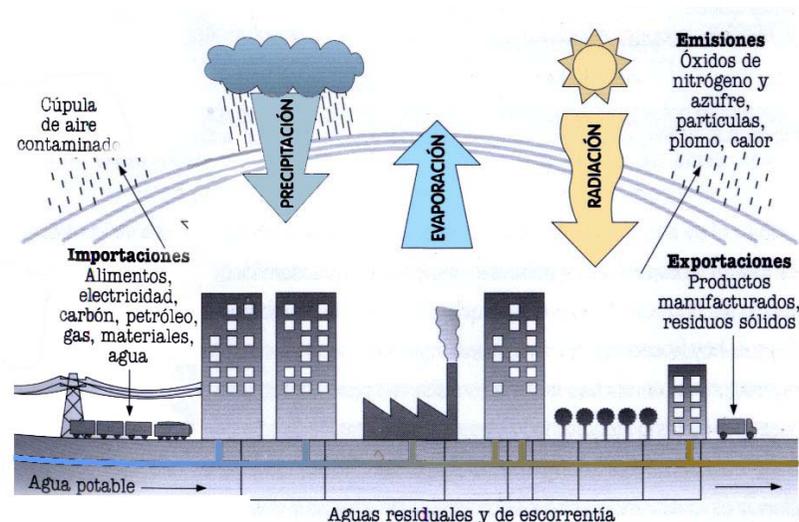
5.1.1. Equilibrio ecológico, desarrollo y sostenibilidad

Nos gustaría iniciar este capítulo, en el que trataremos de generar un marco referencial para las propuestas que lanzaremos a continuación, a partir de la definición de una serie de conceptos que entendemos se sitúan en la base de este discurso. Podemos definir la *ecología* como la disciplina científica que estudia a los seres vivos y sus interacciones, entre ellos y con la matriz física que constituye su biotopo. Así mismo entendemos por *ecosistema* a un sistema ecológico formado por un conjunto de especies que interactúan en el seno de una matriz ambiental (Terradas, J. 2001). En este sentido, la ciudad se constituye como un ecosistema con una fuerte carga socio-económica que se sustenta en la predominancia del hombre sobre el resto de especies. En general, los *ecosistemas urbanos* son sistemas abiertos de intercambio con su entorno, alejados del equilibrio y que se organizan a costa de provocar incrementos de la entropía (o desorden) del medio que los rodea. En termodinámica se hablaría de *estructuras disipativas* que se convierten en sumideros de materiales y energía procedente del medio natural, que posteriormente son devueltos a él en formas no aprovechables.

A este intercambio de un ecosistema con su medio se le denomina *metabolismo material y energético* (Fig. 5.1.1.). La energía y los materiales pueden llegar a las ciudades de forma espontánea, como la radiación solar, el viento, la lluvia, o por el hombre en forma de petróleo, gas, alimentos, materiales de construcción... Como salidas tenemos la energía emitida en forma de calor, productos manufacturados, los gases contaminantes, los residuos sólidos y líquidos... Encontramos así dentro de este metabolismo el

denominado endosomático y el exosomático. Por *metabolismo endosomático* entendemos todos aquellos procesos de uso y transformación de los materiales y la energía que tienen lugar a través del cuerpo de los organismos que forman parte del ecosistema (comer y beber, hacer la fotosíntesis, generar residuos animales o de personas, etc). Pero en la ciudad se desarrollan otra serie de procesos de transformación material y energética que se relacionan con la elaboración de todo tipo de instrumentos y artefactos (desde un edificio a un lápiz). Todo ello constituye el *metabolismo exosomático*, que mientras más desarrollada industrialmente sea una sociedad, más distará en relación a la energía y materiales que mueve del *metabolismo endosomático* (Terradas, J. 2001).

Fig. 5.1.1. Metabolismo urbano.



Fuente: Terradas, J. 2001.

Finalmente, los ecólogos definen como la *capacidad de carga del medio* a la población máxima de una determinada especie que los recursos del medio son capaces de soportar en un tiempo indefinido, sin una crisis de productividad del sistema. Esta última frase es la que contiene la clave. En la actualidad nos encontramos en una crisis económica, energética, hídrica, ambiental... en definitiva en una crisis de "productividad del sistema" que, bajo nuestro punto de vista, se basa en una crisis del modelo económico postfordista sobre el que el "desarrollo", principalmente en el mundo occidental, se ha sustentado durante años. Pero, ¿por qué se produce esta crisis? entendemos que no proviene, o al menos no sólo, de un problema de superpoblación de determinadas áreas que haga imposible mantener una relación de equilibrio con el medio, sino más bien del concepto de desarrollo y crecimiento infinito sobre el que dicho modelo se sustenta obviando el hecho de que se basa en un sistema físico finito, la Tierra.

Las políticas de libre mercado han favorecido el incremento de la explotación intensiva de los recursos naturales, principalmente en los países más empobrecidos que sustentaban una economía precaria en la exportación de materiales no procesados, a favor de su importación e incorporación de valor añadido en los países industrializados. En general la relación entre crecimiento económico y calidad ambiental no está adecuadamente dirigida, y a largo plazo no es ni económicamente eficiente ni ambientalmente sostenible. Estas dinámicas, basadas en un horizonte de beneficio a corto plazo, tienden además a destruir las condiciones necesarias para la producción (agua limpia, suelo no contaminado, fuerza de trabajo saludable...) de las que a su vez depende el bienestar (Crespo C. 1999).

En general, las políticas económicas y de protección ambiental de la última década se han basado en la idea de que el crecimiento económico es

un remedio tanto contra la pobreza como contra la degradación ambiental, de manera que el Desarrollo Sustentable y el crecimiento del PIB no entran en conflicto. En países en vías de desarrollo como Bolivia, ese crecimiento económico que supuestamente sirve como remedio a los problemas ambientales se ha basado fundamentalmente en la explotación de los recursos naturales. Se hace evidente que el modelo neoliberal obvia un enfoque integral y equitativo del desarrollo.

Según Carlos Crespo, uno de los rasgos del capitalismo global es la incertidumbre. Se trata de un modelo que precisa de una flexibilidad productiva y laboral que permita adaptarse fácilmente a las variaciones de los requerimientos del mercado, y por lo tanto un modelo en el que no se puede planificar a largo plazo, lo que Richard Sennet denomina "*No long Term*". Las políticas ambientales para garantizar un desarrollo sustentable, y por tanto lo que llamamos la equidad intergeneracional, requieren de un enfoque a largo plazo. La pregunta es, ¿cómo conseguir propósitos a largo plazo en una sociedad de corto plazo? Se presenta bastante complejo, y mucho más cuando los órganos de gestión dependen de la clase política, aquella cuyos objetivos han de resolverse en cuatro o cinco años, es decir, en un periodo electoral.

5.1.2. La (im)posibilidad de la "ciudad sostenible"

Desde sus orígenes, las ciudades occidentales nacen como espacio de intercambio de productos, delimitados y protegidos en los que existe una especialización del trabajo que permite la acumulación de excedentes y con ello el comercio. Son espacios cerrados, dependientes en gran parte del suministro que desde el exterior se produce. En términos ecológicos se les denomina sistemas *heterotróficos*, es decir, que dependen básicamente de la producción primaria que se realiza en otros lugares.

Se estima que la humanidad se apropia en la actualidad del 40% de la producción primaria del planeta, la mitad de la cual va a parar a las ciudades, que ocupan el 2% del territorio. Las ciudades apenas son fuentes de agua, energía o alimentos, pero precisan un flujo continuo de ellos que se obtiene a base de la construcción de grandes infraestructuras.

En general, las relaciones de simbiosis existentes entre los diferentes elementos de un ecosistema natural tienden a producirse mayoritariamente en sentido vertical (la evaporación y la lluvia, la descomposición de la materia y el crecimiento de los frutos, etc.). Sin embargo, las grandes concentraciones urbanas precisan trasladar horizontalmente sobre el territorio importantes flujos de materia y energía, y esta acción genera importantes impactos. Podemos afirmar que el grado de (in)sostenibilidad de un sistema urbano está en función de sus dependencias y sus impactos, y que esta función viene definida por el modelo de desarrollo sobre el que se gestiona. Pero, ¿es posible hacer funcionar a una concentración humana de grandes dimensiones minimizando tanto sus dependencias e impactos como para poder llevarlos a denominar sostenibles? En principio no.

El fenómeno urbano crece exponencialmente y en el punto de desarrollo que los modelos urbanos han alcanzado, no se puede hablar ya de una contraposición entre ciudad compacta y ciudad difusa. Quizá una manera acertada de denominar a los territorios habitados actuales sea como grandes concentraciones urbanas dispersas en el territorio. Dentro de un modelo económico hegemónico a nivel global, las ciudades se convierten en polos de atracción que representan la oportunidad para poder sobrevivir dentro de ese sistema. Concentran los flujos económicos, el poder y la educación, tres elementos claves de la supervivencia. Sin embargo, se han adoptado modelos de ocupación extensiva del territorio, que hacen aún más compleja la gestión de estas grandes concentraciones.

El origen de estas dinámicas podríamos situarlo en la industrialización. La civilización industrial permitió que la especie humana utilizara una energía exosomática muy superior a la ingerida en forma de alimentos, y es este uso exosomático de la energía el que ha permitido acrecentar los niveles de extracción y transporte horizontal de materiales, rompiendo las dinámicas de funcionamiento de los ecosistemas naturales y originando los problemas de contaminación por todos conocidos (Naredo, J.M. 1999).

La industrialización ha supuesto una aceleración de procesos extractivos y de generación de residuos cuya concentración en base a los flujos generados por las áreas urbanas hace imposible su asimilación por parte del medio. Los problemas derivados de estas concentraciones y de la contaminación generada llevaron a los primeros ambientalistas, los higienistas, a empezar a pensar en mecanismos de externalización de estas cargas nocivas. Así, por ejemplo, se implantaron los sistemas de alcantarillado para sacar fuera de las ciudades los residuos líquidos. Más adelante, el movimiento moderno, y especialmente Le Corbusier, propusieron la zonificación de las funciones de la ciudad como mecanismo para resguardar a las zonas residenciales de las industriales, generadoras de fuerte contaminación. Según Francisco Sabatini, esta externalización tiene un papel explicativo central en el origen y acumulación de los problemas urbanos. Por un lado, las dinámicas económicas tan sólo incorporan los costos de los procesos de extracción para analizar la rentabilidad de los emprendimientos, pero nunca los de reposición. En general, fuera de la complejidad técnica y de medición que estos procesos representan, las externalidades son hechos político-distributivos cuyo sólo reconocimiento como problema depende del peso social de quienes lo sufren. En general, el negocio inmobiliario suele privatizar para su beneficio las externalidades positivas y “socializar” las negativas, en una suerte de

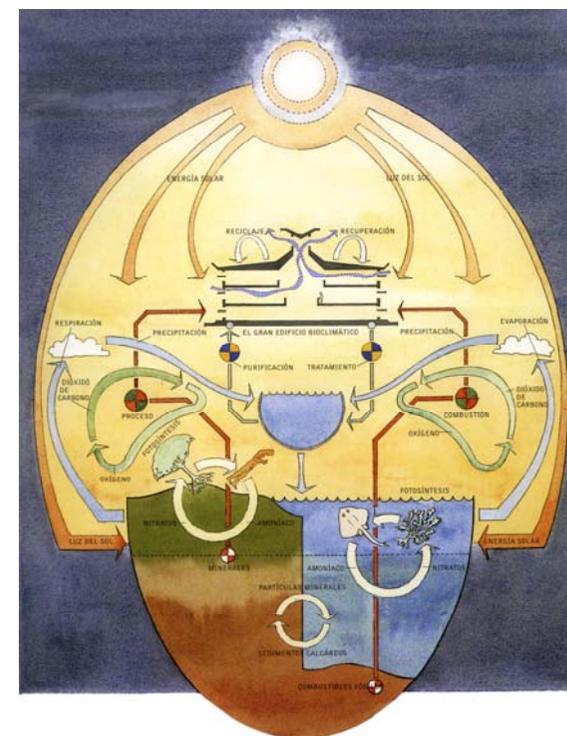
exportación en la que la planificación urbana de la zonificación resulta una importante herramienta. El caso de la ciudad de Cercado es un ejemplo de cómo la población más pobre, los usos productivos más nocivos y los vertederos son externalidades negativas que la zonificación se ha encargado de situar, todos juntos, en las zonas más desfavorecidas del territorio, la Zona Sur. Es lo que Sabatini denomina *espirales de segregación*, basadas en las relaciones que se generan entre la segregación espacial y funcional, la aglomeración de actividades excluidas en ciertas zonas de la ciudad y el deterioro generalizado de la calidad de vida que tiende a reforzar a la segregación como solución a los problemas. En general, el tamaño de las ciudades es una condición clave, aunque no la causa única, para que estos procesos se produzcan. Otra de las bases se haya en la mercantilización del territorio y en la primacía del valor de cambio frente al valor de uso.

En este capítulo trataremos de realizar propuestas en las que, asumiendo la realidad de la dimensión de una ciudad como Cercado, se propongan mecanismos de gestión de los servicios básicos (agua, energía y residuos) que permitan cerrar los ciclos metabólicos en una mayor medida dentro de territorios de menor escala. De este modo, se entiende que la descentralización de la gestión de los servicios permitiría, por un lado, una mayor autonomía administrativa y metabólica, así como una gestión integral en relación a los ciclos naturales, y por otro, dar la posibilidad de acceder a estos servicios a poblaciones cuyas condiciones geográficas, junto con la falta de voluntad política, les hacen lejanas a soluciones a nivel municipal.

5.1.3. Criterios ecológicos para la gestión urbana

Como conclusiones a su libro *Ecología Urbana*, Jaume Terradas plantea una serie de consideraciones generales para esbozar un modelo de gestión urbana, algunas de las cuales nos parecen útiles. Se propone, por ejemplo, la necesidad de incorporar a nuestra conciencia el impacto que la cultura urbana genera sobre el territorio, de manera que se reduzca la carga que representa para tratar de alcanzar un cierto grado de equilibrio natural. También se habla de la necesidad de desarrollar sistemas urbanos equilibrados y policéntricos que traten de reforzar en sentido positivo la relación existente entre la ciudad y el territorio.

En general hay que incorporar lo “finito, cíclico e integral” como base para la organización y gestión de la vida urbana, minimizando la necesidad de transporte e incorporando al interior tanto los procesos de producción como los de tratamiento de los residuos, de manera que consigamos revertir el concepto de nocividad a ellos asociado.



5.2. AUTONOMÍA METABÓLICA PARA LA GESTIÓN DEL AGUA EN ASENTAMIENTOS HUMANOS Y SU APLICACIÓN AL CERCADO.

En este capítulo vamos a tratar de realizar un acercamiento a la gestión integral de los recursos hídricos de una manera lo más autónoma posible para unidades de menos de 10.000 habs. (aprox.), centrándonos sobre todo en las posibilidades existentes en los barrios de las zonas periféricas de ciudades en países empobrecidos, concretamente en Cochabamba, donde existen importantes carencias en este sentido.

Partiremos del conocimiento de los ciclos naturales del agua, la incidencia del ser humano en ellos y la oferta y demanda existente. A partir de estos puntos, definiremos en qué consiste básicamente la gestión integral de recursos hídricos y cómo se manifestaría de manera autónoma en asentamientos de tamaño medio, para a continuación entrar punto por punto en cada una de las diferentes facetas de esa gestión integral, principalmente en lo referente a usos domésticos del agua y a la influencia de los asentamientos humanos en esos ciclos.

Trataremos en esta línea de establecer principios fundamentales que puedan servir de base para la intervención en asentamientos humanos a la hora de resolver problemáticas relacionadas con la gestión del agua, que básicamente se estructurarán en tres:

- Incidencias de la urbanización en el ciclo del agua.
- Consumo de agua: posibilidades de ahorro y reciclaje.
- Tratamiento biológico de aguas residuales domésticas.

Finalmente encontramos en los ANEXOS dos estudios de caso realizados en barrios de la periferia de la ciudad de Cercado en los que se han aplicado los principios aquí expuestos para resolver dos situaciones habituales en este contexto.

El primero de ellos, titulado “Diseño de Sistema de Agua y Saneamiento” para la Comunidad María Auxiliadora es una propuesta para la construcción de un sistema de suministro de agua y tratamiento de aguas residuales a través de humedales artificiales en una Comunidad de Vecinos del distrito 9 en la Ciudad de Cercado. Se trata de una Comunidad liderada por mujeres con un importante nivel de autogestión en relación a la incorporación de equipamientos y servicios básicos para su barrio que solicitó la colaboración para incorporar mejoras y poder ampliar el sistema existente, siempre con criterios de sostenibilidad ecológica. En base a ello, y a las posibilidades de financiación disponibles, se ha realizado un proyecto estructurado en fases que responde a la demanda existente en relación a la incorporación de vecinos en la Comunidad.

El segundo ejemplo se titula “Proyecto de ordenación urbana de áreas libres para su uso como equipamientos y espacios verdes” para la Junta Vecinal de Alto San José. Se trata de un barrio situado sobre una ladera de la Serranía de San Pedro en el distrito 14 que surge del loteamiento de terrenos fuera del límite urbano de la ciudad. Se realiza una reserva de espacio para equipamientos y espacios verdes que se sitúa sobre una torrentera, resultando casi impracticables y peligrosos. La Junta Vecinal solicita la colaboración para realizar la ordenación de estos terrenos de manera que, incorporando una gestión integral del drenaje urbano, se permita su aprovechamiento para ciertos equipamientos y espacio libres y coadyuve a evitar situaciones de peligro en caso de lluvias.

Ambos ejemplos resultan muy característicos dentro de la realidad de Cercado y muy ilustrativos de propuestas para la resolución de conflictos habituales siguiendo criterios de gestión integral y autónoma de los servicios básicos.

5.2.1. El agua en la Tierra

Por todos es conocido que se trata de un elemento fundamental para el soporte de la vida en la Tierra. Muchos seres viven en su seno, y el resto estamos formados en un alto porcentaje por agua (en el caso del ser humano en torno al 70%).

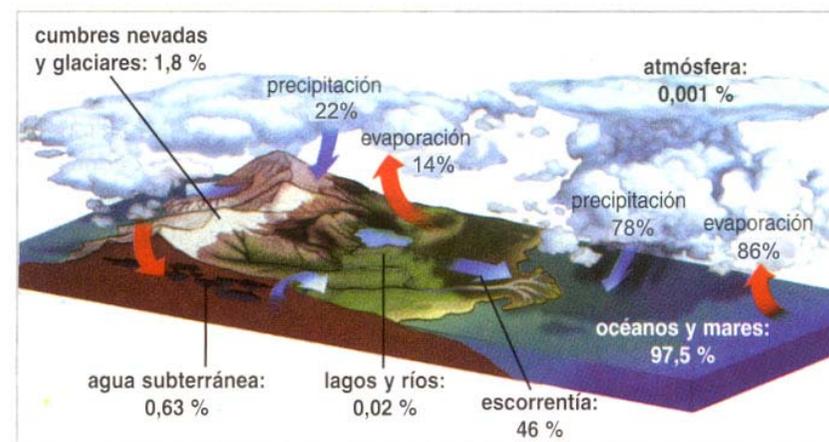
Como ya mencionábamos en el capítulo anterior, en general el planeta está constituido en gran medida por agua, sin embargo en torno al 97% de ella es salada y se encuentra en mares y océanos. Del 3% restante, la gran mayoría se encuentra en los glaciares y casquetes polares, siendo en torno al 1% la que se haya en ríos, lagos y aguas subterráneas. De estas últimas la mayoría son aguas excesivamente profundas y por tanto, inaccesibles. (Bertoni, J.C. 2009). Finalmente deduciremos que tan sólo el 0,01% del total del agua en el planeta es accesible para las personas formando parte de flujos más o menos superficiales, de la atmósfera o de la materia viva.

El agua la encontramos, como vemos, en diferentes lugares y estados por los que va fluyendo, estableciendo lo que denominamos el *ciclo hidrológico o ciclo del agua*. Impulsada por la energía absorbida del sol, el agua se evapora y pasa a formar parte de la atmósfera. En torno al 86% se evapora desde los mares y el 14% desde la superficie terrestre a través de la evapotranspiración. El agua va ascendiendo, el proceso de evaporación consume parte de esa energía y va descendiendo así su temperatura mientras que se va generando un proceso de condensación que culmina con la precipitación del agua en forma de lluvia (Poch, M. 1999). Estas precipitaciones se producen también de manera diferenciada en los océanos, que reciben el 78% de las aguas, y la tierra, que recibe el 22% (Fig. 5.2.1.).

Por un lado, este ciclo absorbe, transporta y cede energía de los lugares más cálidos a los más fríos, convirtiéndose el ciclo hidrológico en un

importante elemento de moderación de temperaturas. Por otro lado, es necesario mencionar que las proporciones mencionadas son a nivel global, existiendo también un importante flujo de materia agua de unos lugares a otros, siendo este proceso variable en las diferentes regiones, algunas con muy pocas precipitaciones, como los desiertos, y otras con muchas como la Amazonía.

Fig. 5.2.1. Ciclo Hidrológico



Fuente: Elaboración propia a partir de Juan Carlos Bertoni. 2009.

En este fluir del agua entre unos estados y otros, y a lo largo de lo que denominaremos la cuenca de un río¹, aún en ausencia de ningún impacto del hombre el agua va adquiriendo diferente composición química y biológica en relación a la composición del territorio por el que fluye. Suele disponer de una serie de cationes (calcio, magnesio, sodio y potasio) o aniones como bicarbonatos, e incluso algunos metales imprescindibles para el funcionamiento de los ecosistemas fluviales (Poch, M. 1999).

¹ Cuenca: conjunto de territorios cuyas aguas van a parar a un mismo río.

La intervención del hombre en el Ciclo del Agua

La vida de las personas sobre la Tierra siempre ha estado unida a los flujos de agua en base a la necesidad que de ella tenemos. Se han ido introduciendo modificaciones en sus ciclos para poder utilizarla en nuestro provecho, modificando no sólo sus flujos sino también sus características. Tradicionalmente, la capacidad de modificación del ser humanos era reducida y asimilable por los ecosistemas del entorno. Sin embargo, las importantes concentraciones de población han generado una degradación del medio acuático cuyos ecosistemas ya no son capaces de asimilar, y que, a pesar de la tecnología, está limitando incluso nuestra capacidad de consumo de agua para beber.

Podemos sintetizar estas injerencias del ser humano en el ciclo natural del agua en tres (Poch, M. 1999):

- Modificación de flujos: principalmente embalses, que disminuyen fuertemente la velocidad y generan un aumento localizado de la sedimentación. También los procesos de urbanización tienden a venir asociados a obras hidráulicas, de impermeabilización y drenaje que modifican los flujos naturales.
- Detracción de caudales: de aguas superficiales o subterráneas que son desviadas para su utilización para riego, usos industriales o consumo humano.
- Aportación de caudales: procedentes del alcantarillado o del retorno de las detracciones. En ambos casos normalmente se realiza un aporte de sustancias que resultan contaminantes, ya sea por exceso de nutrientes como por la incorporación de materia orgánica, químicos, metales pesados, etc.

Distribución del agua en la Tierra

Es importante tener en consideración un punto que ya hemos mencionado con anterioridad: el agua no se reparte homogéneamente por toda la superficie de la Tierra, ni en todos los lugares se consume la misma cantidad de agua.

En el cuadro 5.2.1. podemos observar cómo se distribuye en las diferentes regiones el agua en el mundo, y la disponibilidad en relación al número de habitantes. En términos globales, el continente Americano, y especialmente su región del Sur, tiene una importante disponibilidad de agua dulce por habitante, 35.808 m³/hab. año.

Cuadro 5.2.1. Recursos accesibles renovables anualmente (2000).

Región	Población (*) [millones]	Recursos Totales [km ³ /año]	Recursos relativos [%]	Recursos por habitante [m ³ /hab. año]
Oceanía y Pacífico	25,4	911	2,1	35.869
América del Sur	345,7	12.380	28,3	35.808
Europa del Este	217,1	4.693	10,2	21.622
América del Norte	409,9	6.709	15,2	16.368
América Central y Caribe	72,4	787	1,8	10.867
Africa	793,3	3.950	9,0	4.980
Europa del Oeste y Central	510,8	2.181	5,0	4.270
Asia Central	78,6	289	0,6	3.881
Asia del Sud y del Este	3331,9	11.720	26,8	3.518
Cercano Oriente	257,1	491	1,1	1.909
Total	6.042,2	43.764	100,0	7.243

(*): base FAOSTAT 2000

Fuente: FAO, 2003. en Bertoni, J.C. 2009).

Según la WMO, el umbral mínimo de disponibilidad del recurso debe ser de 1.000 m³/año por persona. Por debajo, se sufre una escasez crónica que impide el desarrollo y afecta seriamente a la salud humana. Aparentemente no existe en ningún continente esta situación, pero si

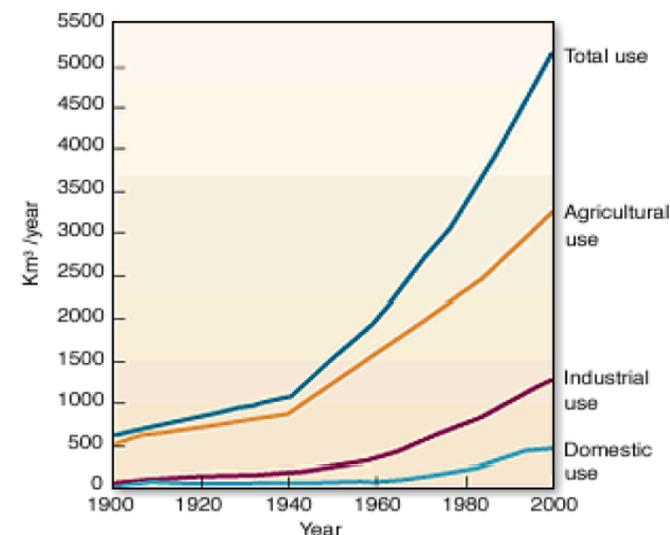
analizamos por países, existen algunos con gran disponibilidad como Canadá (94.353 m³/hab.año) frente a la zona del Oriente Medio en el que existen situaciones como la de Kuwait (10 m³/hab.año). Por otro lado se dan casos de países en los que existen áreas con importantes recursos hídricos pero poco pobladas, y áreas muy pobladas con situaciones críticas de abastecimiento. Esta situación se da en países como Perú y Bolivia, que en la cuenca amazónica cuentan con una importante riqueza de agua, pero que no son las zonas más pobladas, frente a toda la zona altiplánica que sufre de importante escasez.

El consumo de agua

Como podemos observar en la figura 5.2.2., el consumo de agua ha crecido de manera muy importante desde la segunda mitad del siglo XX, calculándose que aproximadamente cada 20 años se duplica el consumo de agua en la humanidad. Los recursos hídricos están bajo una presión creciente por el aumento de la población, las actividades económicas y la intensa competencia por el agua entre los distintos tipos de usuarios. Los consumos de agua han aumentado dos veces más rápido que el crecimiento de la población, de manera diferenciada en unos países y otros, tal y como observamos en la Fig. 5.2.3., y actualmente 1/3 de la población mundial vive en países que sufren crisis de mediana a alta envergadura por escasez de agua.

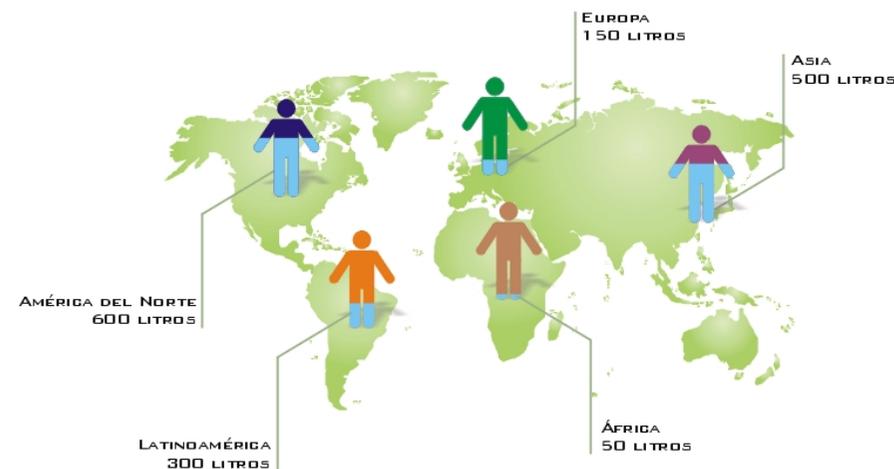
En Europa se prevé que en el año 2050 se igualen los volúmenes utilizados y disponibles (esta relación en 1970 era de 1 a 9) y la ONU calcula para ese mismo año que más de 5 mil millones de seres humanos puedan estar en peligro por la escasez de agua.

Fig. 5.2.2. Evolución del consumo. S XX.



Fuente: Juan Carlos Bertoni. 2009.

Fig. 5.2.3. Consumo de agua por habitante al día



Fuente: Juan Carlos Bertoni. 2009.

5.2.2. Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH)

Desde finales de los años 90 se impone mundialmente una nueva visión del agua en la que empieza ésta a considerarse como un bien finito y vulnerable. Se genera así un nuevo paradigma que trata de fortalecer las políticas públicas en relación a la gestión de los recursos hídricos a partir de un aprovechamiento y gestión integral de los mismos. La primera conferencia de la ONU sobre el agua se celebra en Argentina en 1977, pero será en 1992, en la Conferencia Internacional sobre Agua y Medioambiente cuando se definan los *"Principios de Dublín"*:

1. *El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para mantener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.*
2. *El desarrollo y gestión del recurso hídrico debe fundamentarse en una propuesta participativa, involucrando a usuarios, planificadores y tomadores de decisiones en todo nivel.*
3. *Las mujeres tienen un papel central en la provisión, gestión y salvaguardia del agua.*
4. *El agua tiene un valor económico en todos sus usos competitivos. Debe ser reconocida como un bien económico y además como un bien social".*

La GIRH se basa en el reconocimiento de que los diversos usos del agua son interdependientes entre sí, pasando necesariamente de una visión sectorial a una visión integral. Por otro lado se denota la necesidad de llegar a acuerdos sociales que permitan una gestión y planificación del recurso para poder hacer un uso sostenible del mismo, dentro del marco de la ordenación del territorio (Bertoni, J.C. 2009).

Existen también los Principios Orientadores de la GRH (Veiga da Cunha, 1980) en los que, entre otras cosas, se menciona el hecho de que la demanda creciente de recursos hídricos acentúa su incompatibilidad con la propiedad privada, siendo el Estado quien debe autorizar su empleo y proporcionar los mecanismos institucionales para la participación de la población en su gestión. Los Comités de Cuenca se convierten entonces en los órganos gestores y de participación para la GRH, siendo la cuenca la unidad básica de gestión.

Planificación para la GIRH. Metodología Cap Net – GWP

Basándose en los principios descritos, la Global Water Partnership y la Cap-Net desarrollan una metodología de planificación para la GIRH. Esta metodología se basa en la complejidad e importancia de los problemas y en la multiplicidad de actores implicados a la hora de plantear "una mirada estratégica que busca solucionar las causas de los problemas hídricos y no solamente sus síntomas" (Bertoni, J.C. 2009). En general entendemos que esta propuesta metodológica, si bien goza de ciertas especificidades propias de la GRH, es fácilmente adaptable a la gestión de otro tipo de recursos, siempre que esta trate de realizarse dentro de una visión integral y participativa.

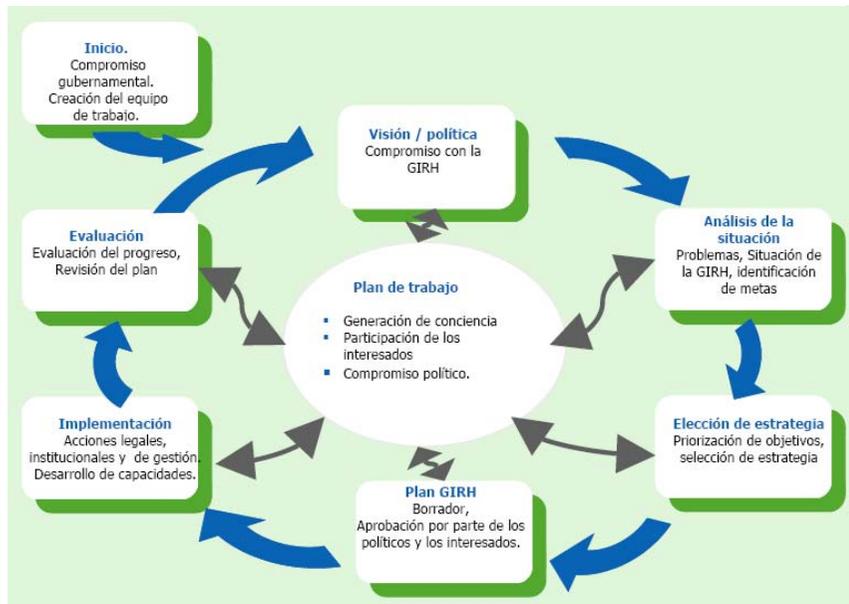
Tal y como observamos en el esquema de la Fig. 5.2.4., se parte de la configuración de un grupo de trabajo, formado por una institución o entidad (normalmente la administración pública) que lidera e impulsa el proceso, un órgano de decisión con representación de todos los sectores y un equipo técnico. Éstos desarrollan un Plan de Trabajo que servirá como guía de todo proceso. A partir de ahí, para que sea un proyecto realmente consensuado, será necesario trabajar cada etapa con dinámicas que permitan la participación activa de todos los implicados.

El proceso de planeamiento parte de la elaboración de una “Visión”, es decir, una proyección, medible en la medida de lo posible, de la situación deseada en un tiempo futuro. En relación a esta “Visión” se realiza un análisis de la situación existente y se identifican las metas que es necesario alcanzar, así como los factores determinantes.

Elegido un escenario futuro que parezca el más probable en relación a los factores y variables detectados, se plantean las estrategias a seguir para alcanzar la visión, así como las acciones concretas que esa estrategia requiere para su implementación. Todo ello conformará el borrador del Plan, que será discutido por el órgano de decisión hasta alcanzar con él el consenso de todos los actores.

La implementación del Plan requerirá a su vez de un continuo sistema de evaluación que permita redefinir y adaptar el Plan a lo largo del tiempo.

Fig. 5.2.4. Planificación para la GIRH.



Fuente: GWP-Cap Net. 2005.

GIRH en sistemas autónomos.

La metodología descrita ha sido elaborada principalmente para llevar a cabo la planificación en cuencas hidrográficas, que normalmente cuentan con una multitud de usos diferentes a lo largo del flujo de agua que suelen entrar en conflicto.

Como mencionábamos al principio, tradicionalmente no ha existido una preocupación excesiva por los desequilibrios generados en relación a la gestión del agua puesto que la incidencia de la actividad humana sobre el medio era lo suficientemente baja como para poder ser integrada por el sistema acuático. Sin embargo, las primeras aglomeraciones humanas empiezan a generar importantes impactos en áreas localizadas que afectan la calidad del medio receptor (Poch, M. 2003).

En nuestro caso, la investigación se centra en la gestión del agua en asentamientos humanos a mediana escala (siempre por debajo de los 10.000 hab.). De alguna manera lo que se propone es considerar la aglomeración urbana como un conjunto de unidades en las que, gestionando el servicio para permitir la actividad humana, se respeten los ciclos naturales a pequeña escala, evitando así el grave impacto que representa para el medio cuando se centralizan los efectos de dicha actividad. Por otro lado, como veremos a continuación, hay una estrecha relación entre los usos y las calidades del agua. Si se tratan de manera específica puede existir una complementación entre ambos aspectos que resulta altamente compleja cuando se mezclan sin criterios ambientales.

Como base para este trabajo, entendemos que la injerencia del hombre en el ciclo del agua a través de los asentamientos se basa en tres cuestiones:

1. Modificación de flujos de agua a causa de la urbanización.
2. Consumo de agua.

3. Disposición de aguas residuales.

La consideración a nivel local de estos tres aspectos tratando de respetar en la mayor medida los ciclos naturales del agua nos permitirá, dentro de un concepto integral de gestión del recurso, aprovechar las potencialidades existentes y generar un menor perjuicio. Además, el tratamiento a pequeña escala facilitará el uso de los propios mecanismos naturales, sin necesidad de incorporación de complejas tecnologías que, por otro lado, encarecen en gran medida los sistemas y los hacen dependientes de agentes externos.

5.2.3. Calidad y usos del agua

El concepto de calidad del agua es complejo y difícil de definir, y está estrechamente unido al criterio bajo el cual queramos realizar ese análisis. Es decir, será muy variable si lo pregunta un campesino que quiere usarla para regar, una persona preocupada por su estado ecológico, alguien que la saca de un pozo para beber o un técnico que quiere hacerla pasar por un proceso de tratamiento (Poch, M. 2003).

En general relacionamos el concepto de calidad con las sustancias presentes en el medio acuático, por lo tanto será necesario saber qué sustancias buscamos y en qué cantidad, ya que dependiendo de la concentración en la que dichas sustancias se encuentren nos pueden resultar perniciosas. Finalmente precisaremos de una referencia para discernir si esos parámetros obtenidos resultan contaminantes o no, y para qué actividad.

Este último punto puede ser resuelto en base a criterios propios, guías, o mayoritariamente, existen en los países normativas que nos delimitan en función a los distintos usos, qué parámetros hemos de controlar y cual es el umbral de aceptación.

Legislación en materia de Usos del Agua

En el caso de la legislación boliviana es la Ley 1333 de Medio Ambiente en su *Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica* el que establece dichos parámetros de control. En su Cap. III Art. 4 clasifica los cuerpos de agua en:

- Clase "A": Aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable para consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con simple desinfección bacteriológica en los casos necesarios verificados por laboratorio.
- Clase "B": Aguas de utilidad general, que para consumo humano requieren tratamiento físico y desinfección bacteriológica.
- Clase "C" Aguas de utilidad general, que para ser habilitadas para consumo humano requieren tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica.
- Clase "D" Aguas de calidad mínima, que para consumo humano, en los casos extremos de necesidad pública, requieren un proceso inicial de presedimentación, pues pueden tener una elevada turbiedad por elevado contenido de sólidos en suspensión, y luego tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica especial contra huevos y parásitos intestinales.

Este reglamento establece también en su Anexo A cuáles son los valores máximos admisibles para los parámetros de control en relación a esta clasificación y los usos compatibles con cada una de las clases establecidas.

Parámetros de control de la calidad del agua

El número de indicadores que pueden ser utilizados para determinar las calidades del agua es muy amplio. Manuel Poch (2003) realiza una clasificación de los mismos en una serie de categorías:

- Parámetros físicos: se han definido metodologías que permiten sistematizar y cuantificar dichos parámetros. Los más destacados son turbidez, sólidos en suspensión, color, olor y sabor, temperatura y conductividad.
- Parámetros químicos: pH, dureza, oxígeno disuelto, indicadores de materia orgánica (DBO, DQO, COT), nutrientes, pesticidas, metales pesados u otras sustancias concretas que se establezcan como parámetros de medición (aluminio, arsénico, calcio, cobre, cloruros...).
- Indicadores biológicos: estudio de los organismos presentes y sus relaciones para obtener una estimación de la calidad del agua. Se trata de indicadores que han de ser establecidos a nivel local, puesto que presentan gran variabilidad.

Será necesario establecer, en función de los usos a los que se destine el agua, qué tipo de parámetros será necesario considerar y en qué valores serán admisibles o no. Se adjunta en el Cuadro 5.2.2. una clasificación extraída del documento *Water Quality Assessment* publicado en colaboración con la UNESCO, la OMS y el UNEP (Poch, M. 2003), en el que se relaciona la importancia (según puntuación) de cada indicador en relación al uso que queramos hacer del agua. Los valores admisibles, si bien son similares, van a depender de la legislación de cada país.

Cuadro 5.2.2. Indicadores para evaluar la calidad del agua

	Estado ecológico	Pesquerías	Fuente de agua potable	Baño	Riego
Variables generales					
Temperatura	***	***		*	
Color	**		**	**	
Olor			**	**	
Sólidos en suspensión	***	***	***	***	
Turbidez/transparencia	*	**	**	**	
Conductividad	**	*	*		*
Sólidos disueltos totales		*	*		***
pH	***	**	*	*	**
Oxígeno disuelto	***	***	*		*
Dureza		*	**		
Clorofila	*	**	**	**	
Nutrientes					
Amonio	*	***	*		
Nitrato/nitrito	**	*	***		
Fósforo/fosfato	**				
Materia orgánica					
Carbono orgánico total	**		*	*	
DQO	**	**			
DBO	***	***	**		
Iones principales					
Sodio	*		*		***
Potasio	*				
Calcio	*				*
Magnesio	**		*		
Cloro	**		*		***
Sulfato	*		*		
Elementos traza					
Metales pesantes		**	***		*
Arsénico y selenio		**	**		*
Contaminantes orgánicos					
Aceite e hidrocarburos		*	**	**	*
Pesticidas		**	**		
Tensioactivos		*	*	*	
Indicadores microbiológicos					
Coliformes fecales			***	***	***
Coliformes totales			***	***	*
Patógenos			***	***	*

Fuente: Water Quality Assessment. OMS, UNESCO y UNEP en Poch, M. 2003.

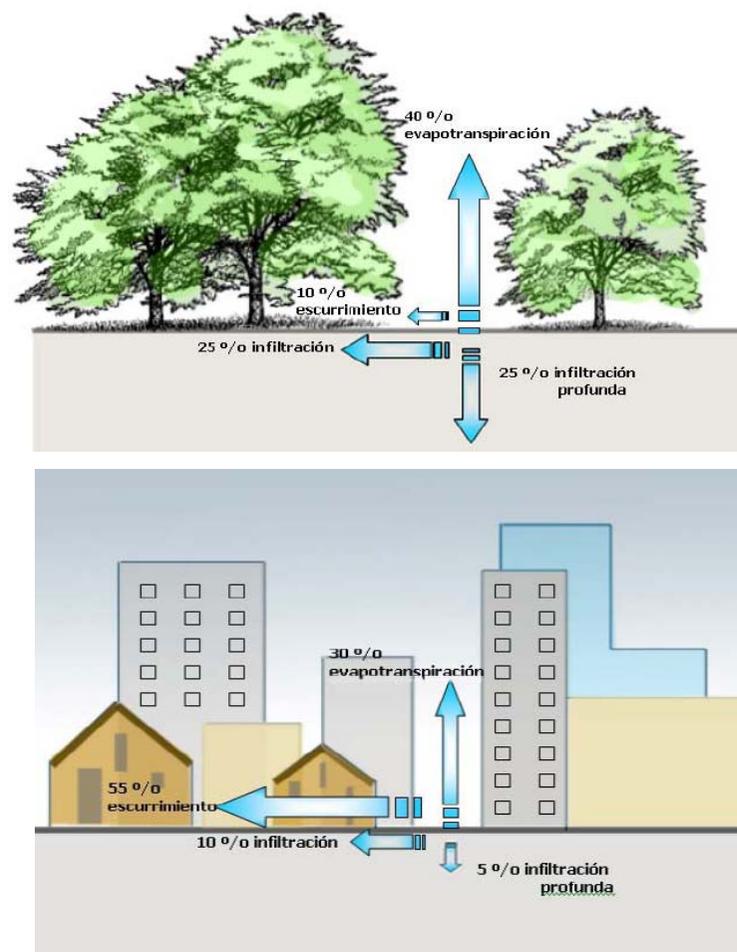
5.2.4. Gestión integral del drenaje urbano: asentamientos de bajo impacto.

Como explicábamos en el punto anterior, uno de los tres factores de injerencia de los asentamientos humanos en los recursos hídricos se produce por la modificación de los flujos naturales que se generan a causa de la urbanización.

Esta modificación parte de la impermeabilización de las superficies urbanas y la conducción del agua de lluvia por sistemas de drenaje artificial (alcantarillado). Esta impermeabilización trae consigo la disminución de la infiltración del terreno, y por tanto de la humedad del suelo y de la capacidad de recarga de los acuíferos por infiltración profunda de aguas subterráneas, y por otro lado, un importante aumento del escurrimiento superficial, y consecuentemente del caudal máximo de escorrentía, con repercusión para la contaminación de las aguas y la frecuencia de las crecidas (Fig. 5.2.5).

Los sistemas de alcantarillado urbano aparecen en Europa en el siglo XIX bajo criterios sanitarios, construyéndose sistemas unitarios cuyo objetivo era sacar el agua contaminada del interior de las ciudades, que empieza desde entonces a generar una gran contaminación en las zonas de descarga. En la primera mitad del siglo XX aparecen los primeros sistemas separativos, que tratan ya de establecer una diferenciación que permita el tratamiento de las aguas servidas sin ser afectadas por las variaciones de volumen consecuencia de las precipitaciones. Sin embargo, se generan ahora problemas de contaminación por lavado de las superficies con las lluvias, además de continuar representando una modificación de los parámetros hidrológicos (coeficiente de escorrentía y frecuencia de las crecidas). En general, la impermeabilización superficial y conducción de aguas de lluvia en colectores multiplica por 10 los caudales y aguas abajo sigue representando un gran impacto.

Fig. 5.2.5. Modificación hidrológica por urbanización



Fuente: Ing. Bonifacio Fernández. 2009.

Ya en la segunda mitad del siglo XX comienza a hablarse de *Técnicas de gestión del escurrimiento urbano* (TGEU), consistentes en mecanismos de infiltración, almacenamiento y tratamiento local que trata de devolver el agua a las condiciones originales. En la actualidad se da un paso más allá en las denominadas *urbanizaciones de bajo impacto* que tratan, no ya de restituir las condiciones hidrológicas originales, sino de alterarlas lo menos posible a causa de la urbanización. Las bases para la planificación de asentamientos de bajo impacto son tres:

- Minimizar la impermeabilización
- Tratamiento local de la contaminación
- Conservación y mejora de la red natural.

A continuación describiremos algunos de los dispositivos de control en origen que se utilizan para lograr cada uno de estos objetivos.

1. Minimizar la escorrentía efectiva (impermeabilización)

La impermeabilización de la superficie es una de las principales causas de que exista un aumento de la escorrentía y por tanto de los grandes caudales de agua que se generan en zonas más bajas. Para evitar este proceso nos encontramos con dos herramientas:

- Planificación de la urbanización: se trata de realizar un trazado urbano que considere y respete en la medida de lo posible los flujos naturales del agua. Respetar los cauces naturales y áreas inundables, disponer áreas verdes como espacio de escorrentía y drenaje e incorporar dispositivos intermedios de almacenamiento para el control del caudal de escorrentía. (Fig. 5.2.6.).

Fig. 5.2.6. Planificación de asentamientos de bajo impacto.



Fuente: Ing. Bonifacio Fernández. 2009.

- Diseño de elementos constructivos: de modo que se permita la infiltración al terreno en los lugares donde se produce la precipitación. Los más comunes son los pavimentos permeables, los *Rain Gardens*, o jardines de infiltración que se constituyen como áreas ajardinadas a las que se hace llegar el agua de superficies impermeables y cuya permeabilidad permite la absorción del agua, y finalmente, la configuración de cunetas (o medianeras) filtrantes para las vías de circulación.

Fig. 5.2.7. Cunetas Filtrantes



Fig. 5.2.8. Jardines de Infiltración

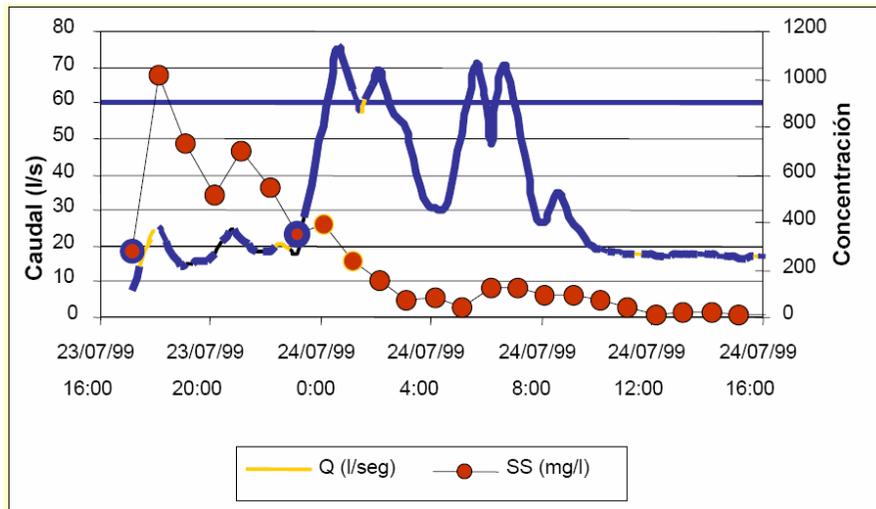


Fuente: Ing. Bonifacio Fernández 2009

2. Tratamiento local de la contaminación

Cunado llueve, las primeras aguas son las que limpian las superficies del polvo y las partículas acumuladas. Tal y como observamos en la gráfica de la Fig. 5.2.9, estas primeras aguas tienen aún poco caudal pero una alta concentración de sólidos suspendidos (SS) debido precisamente a ese arrastre de partículas que realizan. Este agua tiene por tanto un alto grado de contaminación y es importante incorporar sistemas para captar al menos los primeros 10-20 mm de lluvia y almacenarlos para que sedimenten para posteriormente ser incorporados al suelo.

Fig. 5.2.9. Caudal de agua y concentración de SS en 24h de lluvia.



Fuente: Ing. Bonifacio Fernández 2009.

Fig. 5.2.10. Sistemas de captación para sedimentación.



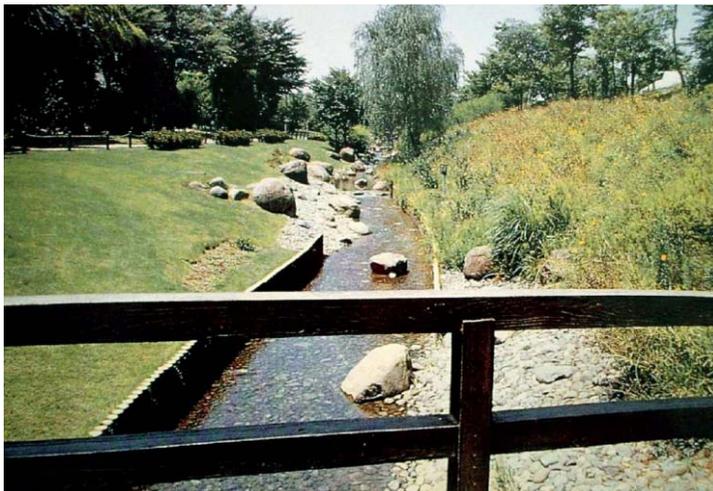
Fuente: Ing. Bonifacio Fernández 2009

3. Conservación y mejora de la red natural de drenaje

En relación con sus cualidades topográficas y geológicas, en todos los terrenos se producen sistemas naturales de drenaje en sus partes más deprimidas que conducen el agua hasta otro lugar o directamente funcionan como espacios de infiltración. Es importante reconocer estos espacios y tratar de no modificar sus cualidades, sobre todo no encerrando ni enterrando colectores de drenaje. Una herramienta muy útil es incorporar en estas áreas espacios verdes inundables con canales abiertos que conserven las propiedades originales y funcionen principalmente en épocas de lluvias, como flujo natural de agua.

Es además necesario considerar en el planeamiento tiempos largos de retorno en relación a áreas inundables ($Tr = 100$ años), de manera que en caso de fuertes lluvias excepcionales no se produzcan problemas de inundación por ocupación de estas zonas con la edificación.

Fig. 5.2.11. Integración de colectores naturales de agua de lluvia



Fuente: Ing. Bonifacio Fernández 2009.

5.2.5. Consumo de Agua Dulce

Como ya hemos explicado, el consumo de agua dulce en el mundo ha experimentado importantes incrementos en las últimas décadas, no sólo debido al aumento de la población, sino también al aumento del consumo per cápita, vinculado por un lado a los hábitos domésticos, pero también a los usos productivos, principalmente la agricultura intensiva. De hecho, la exportación de productos agrícolas es un modo de exportación de agua de unos territorios a otros, y se encuentra estrechamente ligada a la industria del *agrobussines*.

Tradicionalmente, los asentamientos humanos tendían a situarse cerca de fuentes de agua que permitieran su abastecimiento. A pesar de que las obras de ingeniería hidráulica han sido realizadas desde los tiempos del imperio romano, será en el siglo XIX que las concentraciones urbanas precisarán de las grandes obras de almacenamiento y transporte existentes en la actualidad, siendo en 1804 que se dispuso el primer sistema de distribución de agua tratada en Europa.

Las fuentes de agua para el abastecimiento pueden ser subterráneas o superficiales, y la disponibilidad del recurso dependerá principalmente de:

- Aguas superficiales: la existencia de caudales cercanos con cantidad y calidad adecuadas y la estacionalidad de los regímenes pluviales. Esto condicionará la necesidad de realización de obras de control, retención y captación (principalmente de embalses).
- Aguas Subterráneas: espesor y profundidad del acuífero, capacidad de recarga y calidad de sus aguas (salinidad, contaminación...).

En relación a la calidad de las aguas, vendrán condicionadas por la geología del terreno y la existencia de vertidos contaminantes. Este punto es espacialmente delicado en el caso de aguas subterráneas, ya que si

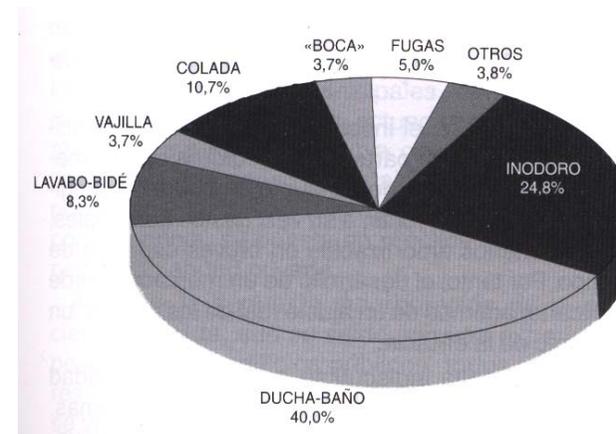
existe una fuente contaminante cercana, debido a los largos tiempos de retención de esta agua, será difícil detectar el problema y quizá cuando se haga, el acuífero pueda estar contaminado en un grado irrecuperable.

Como consecuencia, las posibilidades para permitir un abastecimiento sostenible del agua para los asentamientos parten, por un lado, de ubicar dichos asentamientos en lugares donde exista un recurso suficiente y renovable para la población, y por otro lado, de cuidar no interferir ni en la renovación ni en la calidad del recurso, por ejemplo, no urbanizando las zonas de recarga o evitando cualquier tipo de contaminación del subsuelo.

Existen sin embargo otros mecanismos que pueden permitirnos una necesidad de menor consumo de agua dulce en base al ahorro y reutilización de las aguas, tanto dentro de la edificación como complementando los usos domésticos con otros usos como el riego.

Tal y como observamos en la gráfica de la Fig. 5.2.12. la mayor parte del agua que consumimos en las viviendas se usa en la ducha y el inodoro. Si conseguimos, por ejemplo, eliminar el consumo de agua dulce de calidad para los inodoros, podemos llegar a ahorrar hasta un 25% del agua.

Fig. 5.2.12. Consumo de agua en hogares.

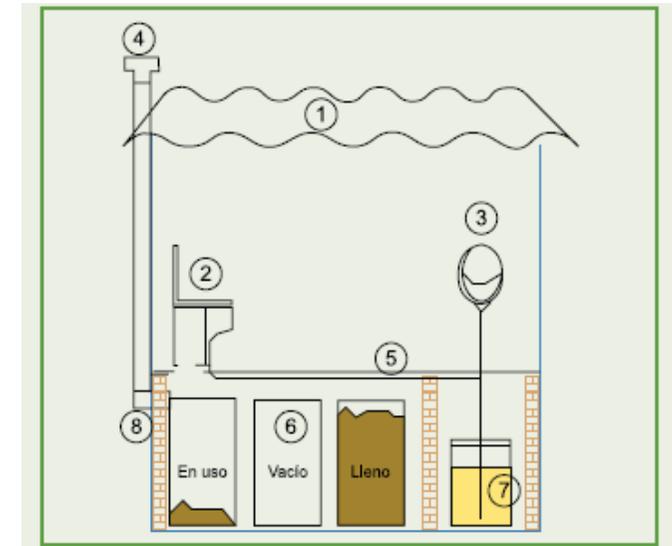


Fuente: Palma Carazo, I.J. 2003.

Sistemas de ahorro de aguas domésticas

Como hemos visto, gran cantidad de las aguas consumidas en el hogar se van por el inodoro, que por otro lado es un uso muy poco exigente respecto a la calidad. En lugares donde existen problemas de abastecimiento de agua, como las áreas periurbanas de algunas ciudades bolivianas, comienzan a difundirse los denominados BAÑOS ECOLÓGICOS o BAÑOS SECOS. Se trata de una tecnología de baños en los que en lugar de utilizar agua para retirar las excretas, estas se van acumulando en un depósito, separadas de la orina, y se le va añadiendo un material secante (Fig. 5.2.13). Se precisa de una taza que permita dicha separación, construida sobre una plataforma bajo la cual se colocan los depósitos. Una vez que estos están llenos, será necesario esperar (dependiendo de las condiciones de temperatura) entre 6 meses y un año para que se realice la descomposición. Transcurrido este periodo, las excretas se han convertido en abono orgánico que podrá ser utilizado para mejorar la tierra. La orina también podrá ser utilizada como fertilizante mezclada con agua en una relación de 1 litro por cada 5-10 litros de agua, después de un mes de reposo.

Fig. 5.2.13. Esquema de infraestructura de baño seco.



Fuente: Agua Tuya. 2007.



En la foto de la derecha, baño seco construido por la ONG Aldea SOS en sus instalaciones a las afueras de Cochabamba. En la foto de la izquierda se observa la taza necesaria para un baño seco, y junto a ella el material secante, que puede ser serrín, ceniza u otros.

También es posible ahorrar el agua necesaria para el inodoro a través de la reutilización de agua dentro de la vivienda o de la reutilización del almacenamiento de aguas de lluvia para tales fines.

El ingeniero Ignacio J. Palma Carazo realiza una interesante tesis de doctorado en relación al reciclaje de aguas en la arquitectura. De él podemos extraer varios esquemas de dispositivos que permitirán realizar dicho reciclaje. En la Fig. 5.2.14. podemos observar los requerimientos existentes y los mecanismos necesarios a la hora de reutilizar las aguas de lluvia dentro de la vivienda para diferentes usos. Así mismo nos muestra mecanismos para incorporar en los baños de manera que el agua del lavabo sea directamente almacenada en el tanque del inodoro. Existen gran cantidad de ejemplos y experiencias en este sentido. Podemos ver en las ilustraciones también un inodoro con lavamanos incorporado fabricado por la cooperación japonesa en Bolivia (JICA).



La cooperación japonesa está realizando investigaciones para el ahorro de agua en asentamientos humanos, fruto de los cuales se realiza este inodoro que incorpora el lavamanos sobre el tanque de agua.

Fig. 5.2.14. Sistemas de reutilización de agua de lluvia.

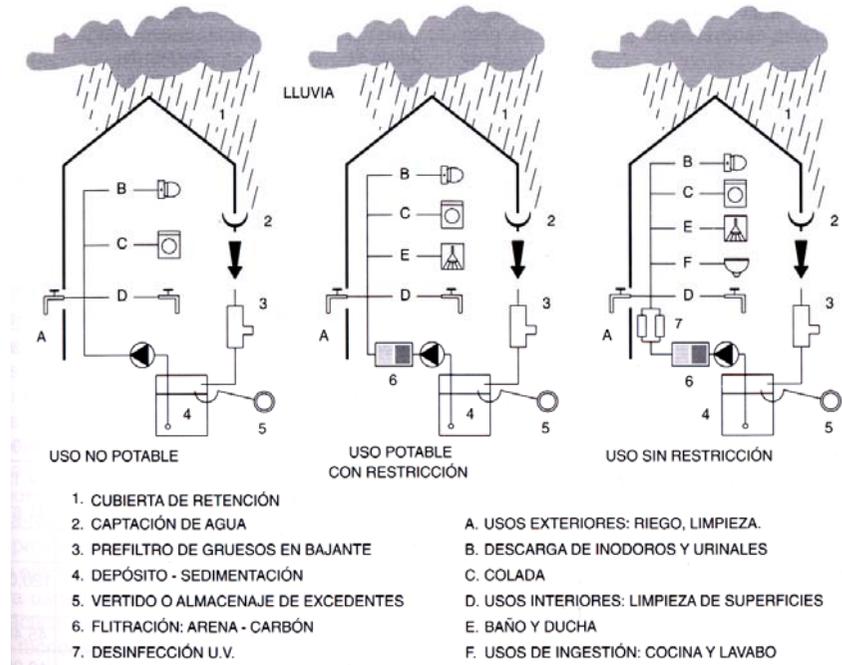
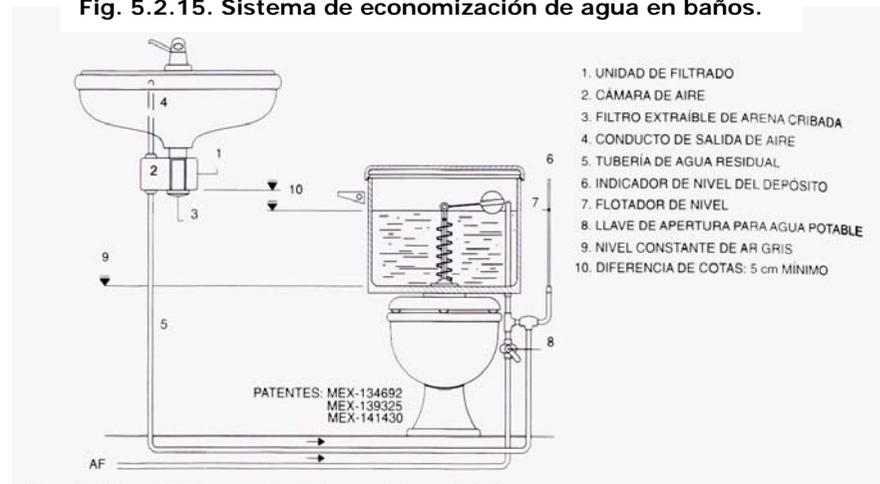


Fig. 5.2.15. Sistema de economización de agua en baños.



Fuente de ambas figuras: Palma Carazo, I.J. 2003.

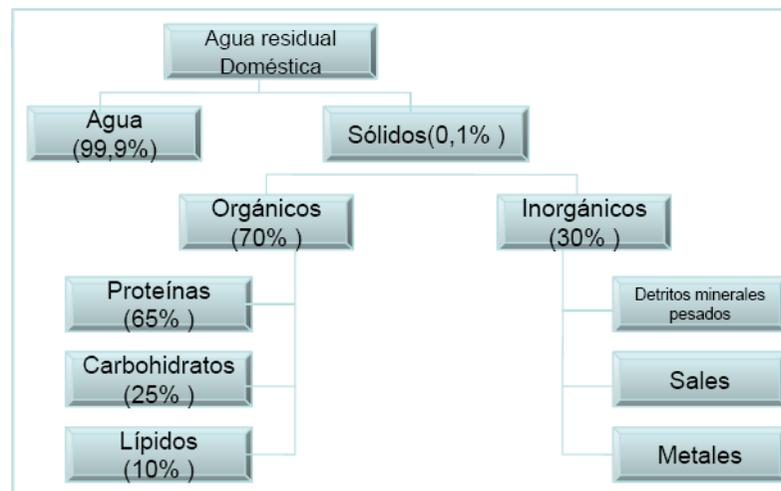
5.2.6. Tratamiento de aguas residuales domésticas.

El tercero y uno de los más graves problemas que encontramos en relación a la incidencia del ser humano en los ciclos hídricos se encuentra relacionado con la disposición de aguas residuales sin tratamiento en los cauces de los ríos, provocando una contaminación que no sólo afecta a la salud de las personas, sino a todos los ecosistemas del entorno.

En países como Bolivia, y ciudades como Cochabamba, las carencias relacionadas con el suministro de agua, por ser este un recurso necesario para la vida, son mucho más manifiestas, e incluso capaces de generar mayores movimientos populares tanto para exigir su disposición como para organizarse la población y así conseguir autogestionar un sistema.

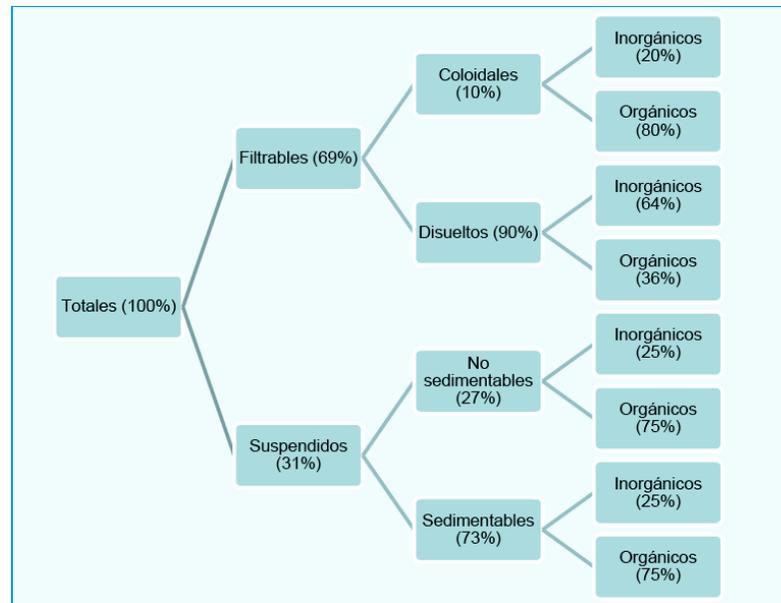
Sin embargo, la incorporación de sistemas de alcantarillado para aguas residuales, así como la construcción de plantas de tratamiento es un problema que, revistiendo una importante gravedad, no es sentido con tanta urgencia como debería tanto por los poderes públicos como por la población, y es responsable directo del aumento de la mortalidad infantil en las zonas donde no existe este servicio. Por otro lado no es una problemática exclusiva de países empobrecidos, ya que en España existen también gran cantidad de poblaciones que, si bien cuentan con sistemas de alcantarillado, carecen de plantas de tratamiento, y cuando las hay, en muchas ocasiones han dejado de estar en funcionamiento a causa de averías cuyos costos los municipios no pueden sufragar, o tratan tan sólo una parte de las aguas residuales que les llegan, principalmente en las épocas de lluvias, como consecuencia del aumento de los caudales.

Fig. 5.2.16. Composición de las aguas residuales domésticas.



Fuente: Tebbutt 1977 en Centro AGUA 2009.

Fig. 5.2.17. Sólidos presentes en aguas residuales.



Fuente: Metcalf y Eddy 1991 en Centro AGUA 2009.

Composición de las aguas residuales domésticas

Tal y como observamos en el esquema de la Fig. 5.2.16, las aguas residuales domésticas cuentan con un contenido en sólidos que apenas llega al 0,1%, pero cuya composición, sobre todo por la presencia de patógenos, lo hace muy contaminante. La mayoría son compuestos orgánicos, aunque también hay un 30% de minerales, sales y metales. Todos estos sólidos se presentan principalmente como partículas disueltas, tanto orgánicas como inorgánicas. También encontramos partículas coloidales, y otras suspendidas, principalmente sedimentables.

Dentro de las bacterias que pueden encontrarse en esta agua también existen distintos tipos, parasitarias (tifus, cólera...) y saprofitas, y dentro de estas las hay aerobias, anaerobias, facultativas y autótrofas (Centro AGUA, 2009).

Esta composición de las aguas residuales domésticas, cuya especificidad en cada caso es necesario definirla a través de análisis de laboratorio, es la que determina los tratamientos necesarios para llegar a un grado de depuración que permita su vertido. Esta cualidad del efluente de vertido será especificada en la reglamentación pertinente, en el caso boliviano el *Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica* de la Ley 1333, y en otros casos como el español, la adaptación reglamentaria de la directiva europea 2000/60/CE.

A pesar de que la composición es variable, internacionalmente se han establecido unos valores de vertido por persona al día, lo que se conoce como "habitante equivalente" (Cuadro 5.2.3.), en relación a los parámetros que habitualmente son analizados para determinar los tratamientos necesarios. La composición típica de las aguas residuales domésticas, desde las más fuertes a las más débiles, la encontramos en el cuadro 5.2.4.

CUADRO 5.2.3. Parámetros de vertido de un habitante equivalente (H.E.)			
Parámetro	Expresión	Unidad	Cantidad
Materia Orgánica	DBO ₅ *	gr/hab.día	60
Sólidos Totales	ST	gr/hab.día	90
Nitrógeno	N	gr/hab.día	15
Fósforo	P	gr/hab.día	4

Fuente: Centro AGUA 2009.

CUADRO 5.2.4. Composición Típica de las aguas residuales urbanas				
Componente	Unidad	Fuerte	Media	Débil
Sólidos Totales	mg/l	1200	720	350
DBO ₅	mg/l	400	220	110
DQO	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno Total	mg/l	85	40	20
Nitrógeno Orgánico	mg/l	35	15	8
N-amoniaco	mg/l	50	25	12
Coliformes Totales	NMP/100ml	10 ⁷ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁶ -10 ⁷

Fuente: Centro AGUA 2009.

* DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno, es decir, oxígeno consumido en 5 días por los microorganismos que desarrollan el proceso de oxidación de la materia orgánica. Funciona como indicador para medir la cantidad de esta materia que contienen las aguas.

Esquema de tratamiento de aguas residuales

Para tratar adecuadamente las aguas residuales y alcanzar los niveles de depuración fijados por la reglamentación, se pueden establecer diferentes combinaciones de las operaciones unitarias desarrolladas que conforman el diagrama de proceso de una planta de tratamiento. Además de las operaciones de separación de sólidos, el tratamiento de la materia orgánica se realizará mediante un tratamiento biológico, que conformará el elemento central de la planta (Poch, M. 2003). El proceso suele seguir el siguiente esquema:

- Pretratamiento: se trata de la retención de sólidos suspendidos mediante procesos de filtración, sedimentación y desengrasado.
- Tratamiento Base: es en el que se produce propiamente la depuración de las aguas. Consta a su vez de un *tratamiento primario* (normalmente de descomposición anaerobia), uno *secundario* (descomposición anaerobia y aerobia) y, a veces, uno *terciario* (eliminación de bacterias).
- Regeneración: puede complementarse el proceso con mecanismos más o menos tecnificados de depuración para una calidad que permita reutilizarla para determinados usos.

A continuación realizaremos un breve repaso por los sistemas y mecanismos que posibilitan cada una de las fases del tratamiento de las aguas residuales domésticas.

Pretratamiento

El objetivo principal de esta fase es eliminar sólidos arrastrados por las aguas para facilitar los procesos de descomposición biológica posterior y evitar obturaciones.

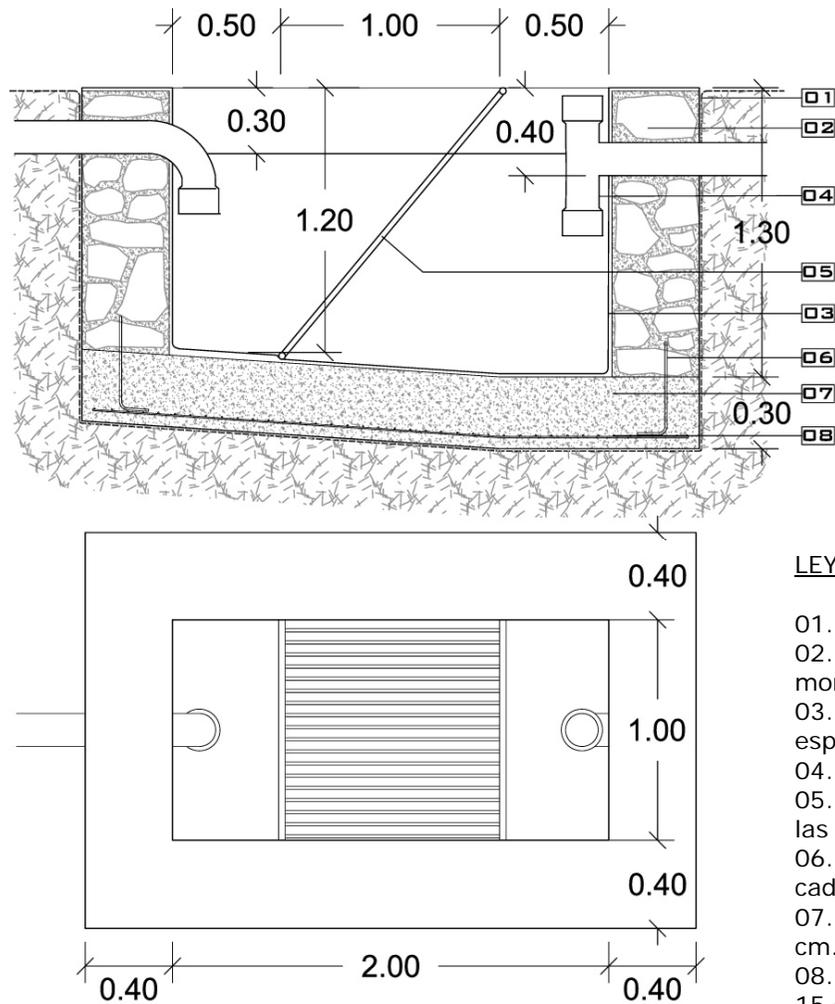
El primer paso, denominado desbaste, suele realizarse mediante una o varias rejillas inclinadas colocadas en una arqueta accesible. La separación entre rejillas (preferiblemente unidireccionales) suele ser de unos 20 mm y, dependiendo de la instalación, pueden ser de limpieza manual o automatizada.

Seguidamente podemos colocar un desarenador, en el que se hará fluir el agua a baja velocidad para facilitar la decantación de las partículas sólidas más pesadas. Así mismo es bueno incorporar un sistema de separación de grasas y aceites (separador de grasas), cuyo proceso se favorece si se incorpora un caudal controlado de aire.



Rejas de desbaste de limpieza manual de la EDAR (estación de depuración de aguas residuales) de Alba Rancho (Cbba. Bolivia).

Fig. 5.2.18. Diseño de cámara de desbaste de bajo costo con separación de grasas.



LEYENDA

- 01. Recubrimiento plástico.
- 02. Muro de piedra tomada con mortero de cemento.
- 03. Recubrimiento de 3 cm de espesor de mortero de cal.
- 04. Tubería de 6" de PET.
- 05. Rejilla con una separación entre las barras de 2cm.
- 06. Anclaje en L de 0,50 x 0,20 m cada 30 cm de acero Ø 10 mm.
- 07. Losa de hormigón armado de 30 cm. de espesor.
- 08. Mallazo de acero de Ø 6 mm cada 15 cm.



Cámara De desbaste.
EDAR de Punata, Departamento de
CBBA. Bolivia.

Fuente: Elaboración propia.

Tratamiento Base: depuración de AR

Como hemos visto, engloba tratamientos primarios, secundarios e incluso terciarios en los que se produce la decantación y biodigestión (anaerobia y aerobia) de la materia orgánica, e incluso procesos de desinfección bacteriana. Estos procesos se pueden realizar mediante mecanismos de depuración intensiva (tecnificados), o los denominados extensivos o *naturales*, que constituyen el objetivo de nuestro estudio. Realizaremos una breve descripción de los primeros para entrar en una definición más en profundidad de los segundos.

TÉCNICAS DE DEPURACIÓN INTENSIVA DE AGUAS RESIDUALES:

Se trata de instalaciones mecanizadas en las que se intensifican los procesos de depuración incorporando sistemas forzados de aireación y circulación de las aguas y una biomasa activa de microorganismos que producen las reacciones de biodegradación (Poch, M 2003).

Encontramos principalmente dos tipos de procesos (Fig. 5.2.19.):

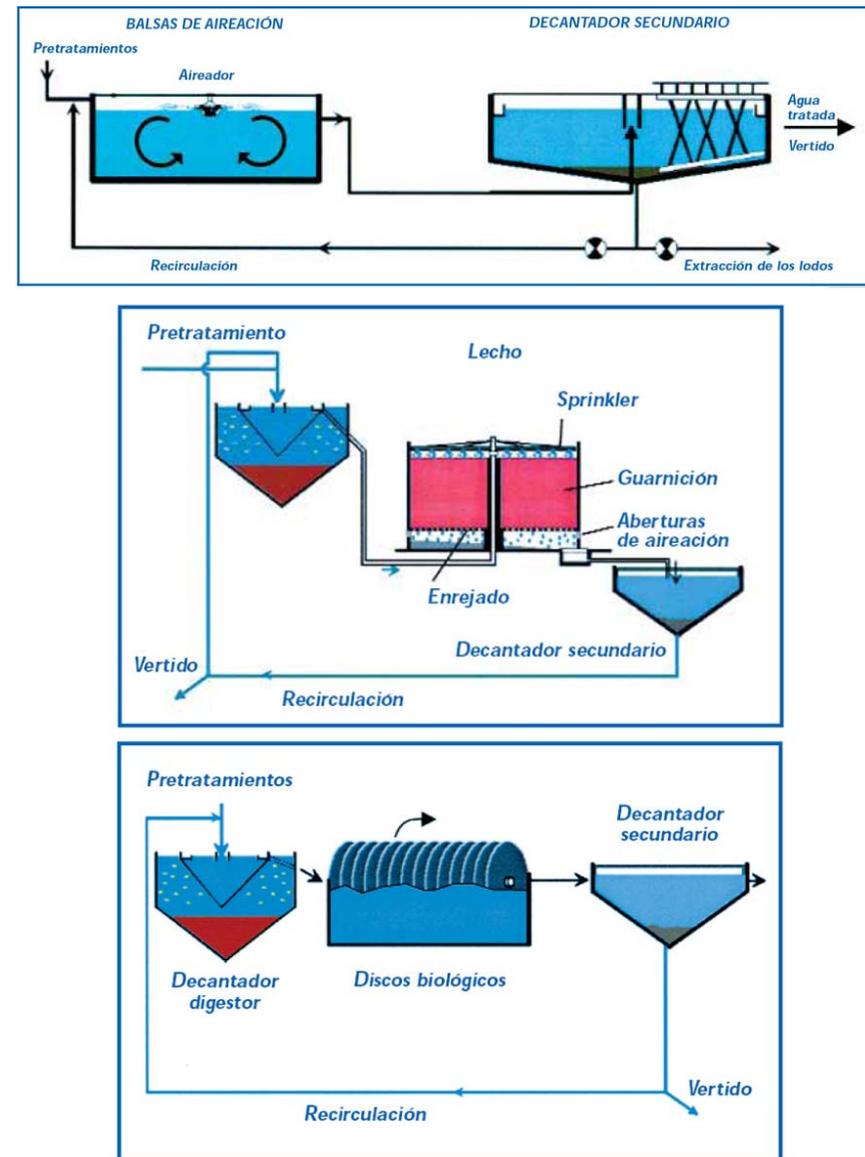
1. Biomasa en suspensión: lodos activados.

Consiste en mezclar y agitar aguas residuales brutas con lodos líquidos con una importante actividad bacteriológica. La degradación aerobia de la contaminación se efectúa mediante la mezcla de los microorganismos depuradores y el efluente, produciéndose la oxidación bacteriana del residuo orgánico seguida de un proceso de separación de sólidos en suspensión y agua tratada.

2. Biomasa fijada: lecho bacteriano y discos biológicos.

En ambos casos, los microorganismos quedan fijados en el biorreactor al adherirse sobre un soporte inerte formando una biopelícula. Se realiza también un aporte de oxígeno mediante ventilación mientras el agua se hace circular a través del reactor, de manera que los microorganismos fijan

Fig. 5.2.19. Sistemas Intensivos: lodos activos, lecho bacteriano y discos biológicos.



Fuente: *Guía de procesos extensivos de depuración aguas residuales*. UE.

el sustrato y evacuan los productos de su metabolismo, que son eliminados en los flujos líquidos y gaseosos. Los lechos bacterianos pueden ser *Filtros sumergidos*, que se caracterizan por estar formados por un relleno sólido poroso que se sitúa en el interior de la columna inundada, o el caso de *filtro percolador*, en el que el líquido se distribuye por la parte superior mediante un sistema de alimentación giratorio, percolando en el reactor. En el caso de los *discos biológicos*, se compone de discos giratorios semisumergidos que fijan la película biológica donde residen los microorganismos y cuya rotación permite la constante oxigenación de la biomasa.

TÉCNICAS EXTENSIVAS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES:

Los tratamientos de aguas residuales descritos hasta ahora se caracterizan por una intensificación del proceso biológico natural que permite una reducción del espacio necesario para llevar a cabo este proceso de depuración. Sin embargo, este incremento del rendimiento no se obtiene sin costes, sino que requiere de la construcción de instalaciones de un importante impacto, altos presupuestos, y un mantenimiento y gasto energético también considerables (Poch, M. 2003).

No obstante, existen otro tipo de sistemas alternativos a estos que suponen un menor impacto debido a que no precisan de la instalación de reactores sino que aprovechan las posibilidades de depuración de los medios naturales, aunque es necesario contar con mayores extensiones de terreno que permitan su instalación, ya sean en el suelo o con sistemas acuáticos.

En general, los tratamientos anteriores incorporaban tanto los procesos primarios como los secundarios en la misma instalación. En el caso de procesos extensivos, será necesario contar con estas fases diferenciadas para lograr una adecuada depuración de las aguas, incorporándose a veces tanques sépticos para una primera etapa.

- *Sistemas de aplicación al suelo: Filtros verdes.*

Consisten en la aplicación del agua residual sobre un terreno cultivado. Una parte del agua se evapora y el resto percola horizontal y verticalmente. El tratamiento de las aguas se realiza gracias a la combinación de diferentes fenómenos de filtración, adsorción, precipitación, degradación microbiana y asimilación por las plantas. Hay que tener en cuenta que no se trata de aplicar las aguas residuales sobre un terreno de forma descontrolada. Será necesario tener muy en cuenta el riesgo sanitario de que estos aportes puedan acceder a aguas subterráneas (tanto por contaminación bacteriana como por nitrificación excesiva de las aguas) y el tipo de aguas residuales que tratemos, fácilmente biodegradables y con bajos contenidos en metales pesados o sustancias tóxicas. Podemos distinguir dos tipos: filtros tipo I, cuyo objetivo es simplemente tratar el agua, en los que realizaremos un tratamiento primario y posteriormente utilizaremos árboles de hoja caduca en el terreno; y los filtro tipo II que son aquellos en los que la aplicación de las aguas tiene como destino además la producción agrícola. En este caso, este uso se dará una vez realizados tratamientos primarios y secundarios, e incluso procesos de desinfección cuando sean los cultivos para consumo humano.



Filtro verde construido como solución temporal y que servirá para el destino final de aguas tratadas en la solución definitiva. Comunidad María Auxiliadora. CBBA.

Sistemas acuáticos: lagunaje y humedales artificiales.

En general estos sistemas funcionan por la combinación de dos procesos: los de biodegradación (aerobia y anaerobia) por el desarrollo de estos microorganismos en el medio acuático y los de adsorción por parte de las *plantas fitodepuradoras* cultivadas en este seno. Éstas son plantas tolerantes a la contaminación que suelen vivir en el agua con alguna parte en el aire. Existen cuatro tipos: flotantes (macrófitas), sumergidas (algas), de hojas flotantes (brasenia) y emergentes (junco, carrizo, enea...). Su función suele ser también múltiple: generan oxígeno que es transmitido al medio acuático a través de las raíces, hacen de soporte a la biopelícula donde se desarrollan los microorganismos, sirven también como filtro físico y, además, tienen gran capacidad de asimilación de nutrientes.

o Lagunajes.

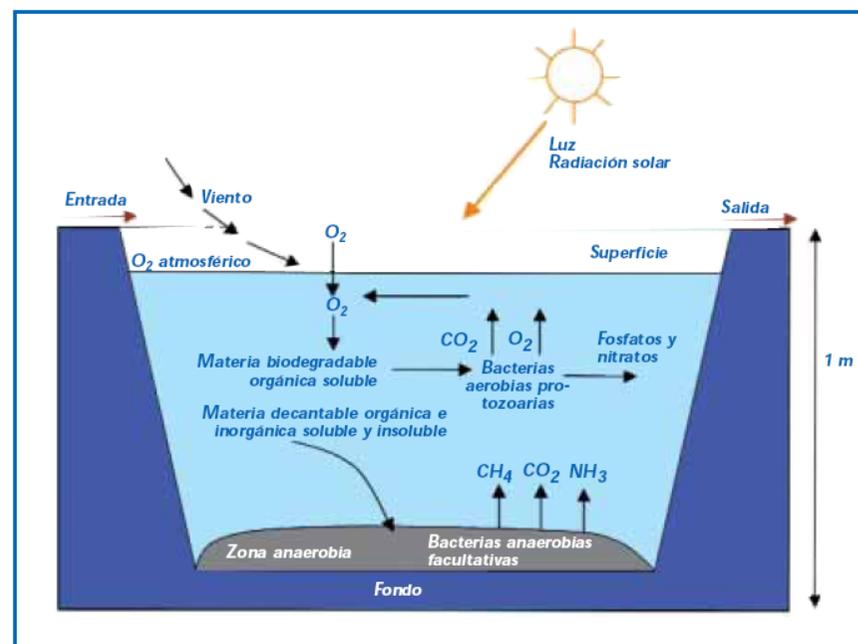
La base del proceso es la utilización de lagunas naturales como reactores biológicos donde se producen los efectos de depuración gracias a un tiempo de retención de las aguas. En general, en la parte superior se producen algas que generan oxígeno gracias a los procesos de fotosíntesis. Este oxígeno es utilizado por las bacterias heterótrofas aerobias para degradar la materia orgánica soluble. En la zona inferior, la concentración de oxígeno se reduce y se acumula una gran cantidad de materia orgánica sedimentable que es fermentada en condiciones anaeróbicas (Fig. 5.2.20.). Normalmente se disponen varias balsas de entre 1-2,5 m de profundidad, estancas, y en serie, al menos en dos fases, aunque lo óptimo son tres, en cada una de las cuales los procesos suelen ser diferenciados:

- Lagunas anaerobias: si no existen procesos de degradación previa, en las lagunas de la primera fase, dada la concentración de materia en sus aguas es difícil que penetren los rayos solares y se produzca la fotosíntesis, por lo que los procesos de degradación son

principalmente anaerobios. Precisa de unos 6 m²/HE, correspondiente a unos 8,5 g DBO₅/m² día.

- Lagunas facultativas: responden al paradigma del proceso descrito en el esquema de la fig. 5.2.20 y suelen corresponder a la segunda fase del proceso.
- Lagunas de maduración: finalmente el agua, bastante limpia de materia orgánica, puede pasar por una tercera laguna de menor profundidad (0,5 m) en la que los rayos UVA realicen la función de desinfección y eliminación total de las bacterias que pudieran permanecer. Estas dos últimas lagunas deben ser iguales y la superficie total igual a 5 m²/HE. Se pueden introducir aireadores que optimizan los procesos.

Fig. 5.2.20. Mecanismos de depuración en las balsas de lagunaje natural



Fuente: *Guía de procesos extensivos de depuración aguas residuales*. UE.



Tratamiento Primario: Laguna Anaerobia

La EDAR de Punata cuenta con tres tipos de lagunas en las que se pueden observar los diferentes estados por los que pasan las aguas residuales hasta llegar a su depuración. En este caso, este agua era reutilizada para el riego de campos de trigo, alfalfa, maíz y patata. En las imágenes inferiores se observa el agua limpia al final del proceso y los campos de cultivo.



Tratamiento Secundario: Laguna Facultativa



Tratamiento Terciario: Laguna de Maduración.

o Humedales artificiales de flujo subsuperficial:

Se trata de filtros conformados por plantas emergentes cultivadas sobre un sustrato poroso en una excavación estanca, que experimenten un tratamiento físico (filtración), químico (adsorción) y biológico (degradación) y que realizan la labor de depuración gracias a una importante capacidad de asimilación de nutrientes y al desarrollo de fauna bacteriana tanto en las raíces como en el sustrato, que sirve a su vez de filtro mecánico. Se denominan de flujo subsuperficial ya que el agua circula por debajo de la superficie del sustrato, en dirección horizontal o vertical. Siempre que no se sitúen sobre un terreno impermeable, habrá que realizar procesos intensos de compactación y/o aislamiento con láminas impermeables, lo cual encarecerá los costos.

- Humedales artificiales de flujo vertical:

El efluente bruto se reparte por la superficie del filtro, fluyendo de arriba abajo experimentando así el tratamiento de depuración. Las aguas depuradas son evacuadas por una red inferior de drenaje.

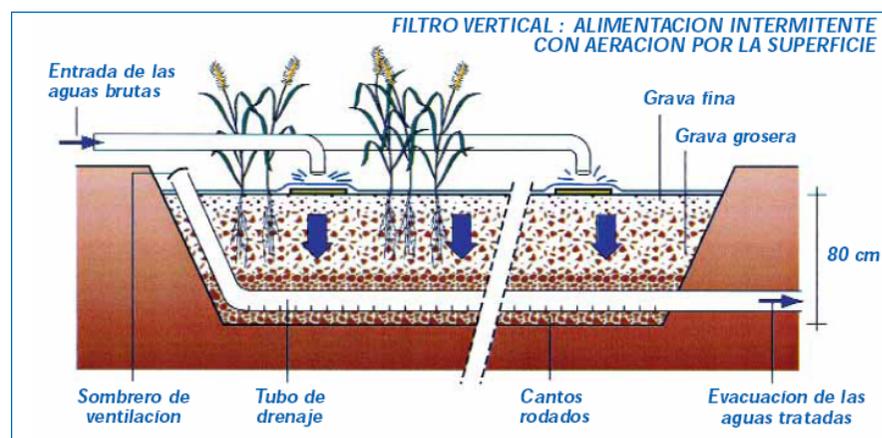
Funcionan estos humedales por tongadas (unas 8 veces cada día, con capas entre 5-10 cm de agua cada vez), de modo que son inundados uniformemente de manera intermitente a lo largo del día. También es necesario construir balsas paralelas (al menos dos, aunque lo óptimo son tres) de modo que se permitan periodos de reposo semanales gracias al funcionamiento alterno de las mismas.

Constan de una red superior de distribución (tuberías de Ø5cm separadas 60 cm y con aberturas a un lado cada 60 cm) y una red inferior de drenaje (tuberías de Ø5-10cm cada 1m). El sustrato debe tener una profundidad total de 80-100 cm, conformado por diversas capas, empezando por una capa de arena (15 cm), una de grava fina (60 cm), grava gruesa (10cm) y finalmente la grava drenante (15cm).

Todo ello sobre un lecho impermeabilizado. En este sustrato se plantarán las especies vegetales (junco, carrizo, enea...).

Estos humedales precisarán de un motor para la distribución del agua y la temporización de los periodos, aunque si el terreno es en pendiente puede diseñarse para que naturalmente se consiga establecer el proceso. La superficie requerida es de 1-2 m²/HE, aprox.

Fig. 5.2.21. Humedal artificial de flujo vertical.



Fuente: Guía de procesos extensivos de depuración aguas residuales. UE.



Humedal Vertical construido por el Centro AGUA en una Comunidad agraria del Municipio de Punata (CBBA).

- Humedales artificiales de flujo horizontal:

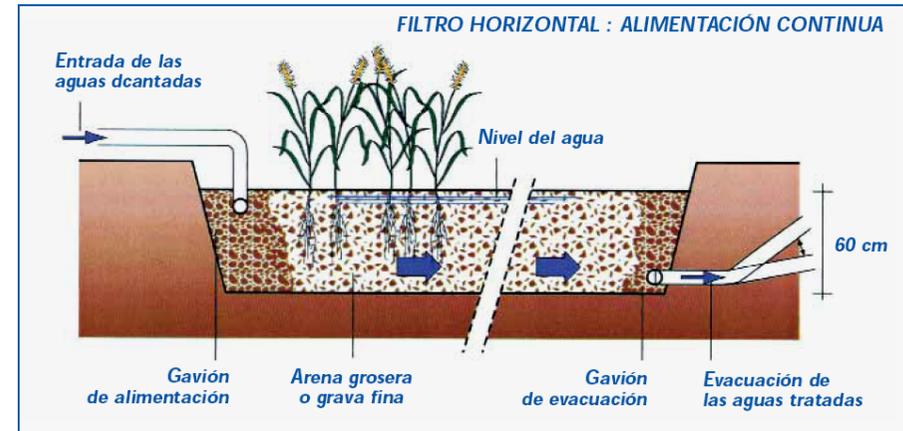
En este caso, el fluido parte de un extremo del humedal, donde es distribuido por una tubería de Ø10 cm, y, a través de un flujo pistón, llega hasta el otro extremo, donde es drenado por otra tubería que permite la evacuación del efluente.

La grava más gruesa se dispondrá en los primeros y en los últimos 50 cms. del humedal, donde se encuentran las tuberías de distribución y evacuación del agua tratada, de manera que el reparto sea homogéneo. En toda la parte central se dispondrá grava de menor tamaño. En este caso, el nivel del agua debe permanecer todo el tiempo unos 5 cm por debajo de la superficie del sustrato, no siendo visible, y hemos de disponer una pendiente suficiente para que se produzca el flujo del agua de un extremo al otro a la velocidad adecuada. Siempre que la superficie total necesaria sea mayor de 500 m² será preciso realizar varios módulos, que además tendrán que cumplir una relación largo ancho entre 2-1 y 4-1. La profundidad del medio será de 60-80 cm. La plantación se realizará con una densidad de unas 4 plantas/m².

En los humedales horizontales el flujo es constante, lo cual facilita las labores de instalación puesto que no precisa de ningún dispositivo, eléctrico o mecánico, para controlar el tiempo de aplicación. Sin embargo, la superficie requerida para obtener los mismos resultados de depuración será mayor, unos 2,5-5 m²/HE, y sólo podrán utilizarse después de un tratamiento primario adecuado.

Tanto en humedales horizontales como en verticales, será preciso realizar labores de mantenimiento en el sentido de comprobación del funcionamiento de mecanismos, deshierba y sesgado (sólo en ocasiones), etc. así como análisis del agua que aseguren que el vertido cumple con los requerimientos de depuración solicitados.

Fig. 5.2.22. Humedal artificial de flujo horizontal.



Fuente: *Guía de procesos extensivos de depuración aguas residuales*. UE.



Los humedales cuentan con dos ventajas principales: menores costos de implantación y mantenimiento, y la integración paisajística y ecológica en el medio.

5.2.7. Propuestas para la GIRH en la ciudad de Cercado.

Siempre que se trata de realizar propuestas en relación a la intervención en el medio natural para la obtención de los servicios necesarios en un asentamiento humano, será preciso adaptar las posibles soluciones existentes al contexto ambiental del lugar en el que trabajemos. Es decir, no existen soluciones *sostenibles universales*, sino que será necesario adaptarnos siempre a los requerimientos de cada población y a las condiciones ambientales del medio en el que se ubican.

En este sentido, en el capítulo 4 hemos tratado de realizar un análisis de las carencias existentes en el asentamiento de la ciudad de Cercado en relación al abastecimiento del agua y de las redes de alcantarillado, así como de las condiciones con las que el medio cuenta en relación a los recursos hídricos.

En general nos encontramos con dos situaciones bien diferenciadas en relación al abastecimiento de los servicios:

- Zona Norte y Centro. En las que existe una cobertura casi total de los servicios de abastecimiento y alcantarillado, a excepción de los asentamientos irregulares del distrito 13, en la base de la cordillera del Tunari. Estas zonas son las que cuentan además con posibilidades de extracción de agua a través de pozo por situarse sobre la parte del acuífero en la que existe mayor disponibilidad de agua y de mejor calidad. La urbanización creciente, sobre todo en la zona norte, está generando problemas por la impermeabilización de la zona de recarga del acuífero y el aumento de la escorrentía hacia las zonas más bajas.
- Zona Sur. Graves situaciones en relación a la salubridad por falta de acceso a los servicios básicos de abastecimiento de agua y alcantarillado. Gran cantidad de pozos excavados, pero que en su

mayoría no cuentan con agua de calidad, que se ven además afectados por la situación de contaminación de suelos como consecuencia de la ubicación y mala gestión del vertedero de K´ara K´ara y de la planta de tratamiento de aguas residuales de Alba Rancho. Existe, no obstante, una importante red social de sistemas autogestionados a través de los comités de agua. Problemas de drenaje urbano debidos a la falta de una planificación urbana adecuada y a la topografía compleja de estas zonas.

En base a la situación presentada, trataremos de dar pautas de intervención que entendemos podrían resultar adecuadas para cada uno de los aspectos de la GIRH que hemos analizado aplicados al caso de Cercado.

Gestión del drenaje urbano

La GIRH en el Cercado, y particularmente del sistema de drenaje, pasa por entender que el asentamiento se ubica sobre un valle muy fértil en el que aún existe una importante actividad de producción agropecuaria, de la que además depende en gran parte el abastecimiento alimenticio de la población urbana. En este sentido, será necesario prever la necesidad de aprovechamiento de los recursos hídricos en condiciones de calidad para estos usos productivos.

Afortunadamente, la red de drenaje urbano mantiene gran parte de los cauces naturales según su estructura original. El problema quizá se haya en que en su mayoría han sido canalizados y en que, además, no existe un mantenimiento adecuado de los mismos.

En ese sentido, es de vital importancia realizar las operaciones necesarias de limpieza de los canales así como la habilitación de espacios adecuados para la disposición de residuos sólidos y escombros de obra,

impidiéndose la disposición de estos materiales sobre las propias torrenteras. Por otro lado, es preciso disponer mecanismos sencillos de filtrado de las aguas generadas por las actividades de limpieza de autos y los lavaderos en los bordes de las torrenteras. Entendemos que la erradicación de estas funciones supondría graves perjuicios a la población de los sectores más vulnerables, sin embargo no sería complejo realizar pequeñas obras de adecuación de estos espacios en las que se incorporen sistemas de filtración de las aguas residuales, ya sean con humedales o simplemente con lechos de grava o arena que sirvan como sustrato para la filtración de las aguas, dispuestos previamente a la zona de desagüe.

Por otro lado, es importante conservar en condiciones naturales las torrenteras de aquellas zonas que están sufriendo procesos de ocupación urbana y que en su mayoría no están atendiendo a criterios hídricos en la ordenación territorial. El PMOT prevé incluir estas áreas en la nueva mancha urbana sin que haya existido un proceso de revisión sobre el planeamiento que de estos crecimientos han realizados los loteadores. Entendemos que son terrenos que en su mayoría no han sido ocupados todavía, y en los que es necesario realizar un proceso de readaptación de las urbanizaciones a las complejas topografías existentes, haciendo además cumplir las consideraciones legales en relación al trazado viario y a la reserva de las áreas de protección de las torrenteras, para evitar así posteriores problemas de inundaciones. No tiene sentido que estos espacios sean destinados a la reserva de suelo para equipamientos, ya que no es seguro ubicar ningún tipo de edificio público sobre estas áreas.

En este sentido, la incorporación de mecanismos de almacenamiento y control de la escorrentía en las zonas altas, así como el diseño de secciones viarias en las que se considere la infiltración como principio de diseño constructivo proporcionará una solución a los problemas derivados de la urbanización incluso en los casos en los que encontremos

problemas por estructuras urbanas ya ejecutadas. También es importante conservar los cauces de las torrenteras de la forma más natural posible, incorporándolas dentro de espacios verdes que puedan ser inundados en épocas de lluvia. Un ejemplo de este tipo de intervenciones lo encontramos en el trabajo expuesto en el Anexo.

Es preciso también realizar definitivamente la evaluación de la situación de las redes de microdrenaje existentes en el centro y el norte, detectando las zonas en las que el dimensionado de la sección ha quedado obsoleto e interviniendo para configurar una red con un dimensionado de las secciones de tubería coherente. En este sentido, tanto en las zonas que cuentan con redes de microdrenaje como en las que no, no debería continuarse con la tendencia actual de asfaltar calles de manera masiva sin que existan mecanismos para el control de la escorrentía ni para el desagüe de las aguas pluviales en épocas de lluvia. Entendemos que en las zonas que aún no cuentan con estos sistemas, la solución óptima pasa por introducir los mecanismos ya mencionados de infiltración en el territorio y conducción natural de las aguas, sin necesidad de transporte del agua de escorrentía.

Finalmente es necesario realizar un proceso de recuperación de los ecosistemas de los Ríos Rocha y Tamborada, controlando los vertidos de aguas residuales domésticas e industriales, y permitiendo que puedan seguir sirviendo como flujo de suministro a las zonas de producción agropecuaria. Para ello, sería importante disponer de sistemas de control de la contaminación de las aguas de lluvia en las zonas de recogida y puntos de descarga de la red de drenaje urbano, incluyendo los canales de riego y las torrenteras que forman en la actualidad parte de este sistema.

Abastecimiento de agua potable para el Cercado

Como hemos visto en el capítulo 4, la falta de suministro de agua es un problema que afecta a más de la mitad de las viviendas del Cercado, principalmente a aquellas en las que reside la población más vulnerable.

Se trata de un problema de gran complejidad que lleva arrastrándose desde hace muchos años, y al que las soluciones temporales que la población ha ido encontrando en base a la autogestión le han proporcionado una base social importante.

Entendemos que en este sentido, es muy complicado encontrar en la actualidad soluciones de descentralización y autogestión total del sistema, debido principalmente a la falta de recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, en toda la zona Sur. El agua proveniente de la represa de la Angostura resulta excesivamente salina y, por lo tanto, los procesos de depuración tendrían unos costos demasiado elevados. En relación al abastecimiento a través de pozos, como hemos visto la Zona Sur se encuentra sobre la parte del acuífero donde existe menos profundidad (es decir, menos capacidad de reserva) y en la que la composición de los suelos le dan también una salinidad al agua que no la hace potable en todos los casos. Sin embargo, esta es en la actualidad la única fuente de agua para una gran parte de las familias.

Entendemos por tanto que la resolución del problema del agua en Cercado necesita de medidas a corto, medio y largo plazo de manera que se vayan realizando inversiones coherentes y que formen parte de la solución definitiva del conflicto.

Creemos que, para las zonas donde en la actualidad no existe ningún tipo de fuente de abastecimiento y se suministran exclusivamente con agua de los carros aguateros, es primordial que dichos carros pasen a ser suministrados a través del agua extraída de fuentes con controles de

calidad. Es preciso por tanto que ese servicio sea público, con precios controlados y/o subvencionados por el Estado y agua con garantías de calidad.

A la vez, es necesario ir cumplimentando la construcción de redes vecinales y los depósitos de almacenamiento en las zonas desabastecidas. En este sentido, parece interesante la propuesta planteada desde los comités de agua de mantener el control de la gestión de las redes vecinales. Este sistema propone que exista un suministro a través de la empresa pública SEMAPA a los mega tanques que se están construyendo en las zonas más altas, y que desde estos, a través de macromedidores, se distribuya el agua a los tanques de cada uno de los comités, de manera que existe un mayor control y autonomía por parte de la población en relación a la gestión del servicio y al mantenimiento de las redes.

Del mismo modo, es necesario reconocer la dependencia que en la actualidad tiene la ciudad de Cercado con respecto a las fuentes de agua dulce que se encuentran fuera de los límites del municipio, principalmente aquellas situadas al otro lado de la cordillera del Tunari. Las obras que se están llevando a cabo para la represa de Misicuni permitirán el abastecimiento de las poblaciones del área metropolitana de Cochabamba y en concreto de la Zona Sur a través de las nuevas líneas de conducción y de los mega-tanques que están en construcción.

Finalmente, sería interesante que existieran ayudas a la introducción de sistemas de ahorro de agua, como baños secos o sistemas de reutilización, que en la actualidad se realizan en base a la iniciativa privada y sólo cuentan con aportes de la financiación extranjera en algunas ocasiones. Se trata de interesantes oportunidades para la creación de puestos de trabajo y economías sociales que precisan aún de ciertos impulsos por parte de la administración.

Gestión de las aguas residuales en Cercado

Se trata de otro de los graves conflictos que afecta a más del 60% de la población de Cercado, responsable en gran medida de problemas de salubridad de una parte importante de la ciudad.

En relación a la situación de la planta de Tratamiento de Alba Rancho, creemos que sería posible optimizar el funcionamiento de sus instalaciones sin precisar grandes inversiones. Teniendo en cuenta que la superficie aproximada requerida en el tratamiento de aguas residuales a través del sistema de lagunaje (que es el más extensivo, y el que se utiliza en la actualidad) es de unos 15 m²/HE (con una altura de 1m de profundidad en las lagunas), y que en el caso de las lagunas de aireación esta dimensión se reduce hasta los 1,5-3 m²/HE, sin necesidad de inversiones excesivamente grandes se podría realizar una readaptación de la planta existente de manera que se aumentara su capacidad al menos al doble de la actual, es decir, hasta los 800 l/s, lo que supondría aproximadamente 2/3 de las aguas residuales generadas en la actualidad.

Por otro lado, entendemos que existen áreas de la ciudad, especialmente en el distrito 9, en las que tanto la disponibilidad superficial como la cercanía de áreas de producción agropecuaria harían posible la incorporación de sistemas extensivos de depuración de aguas residuales de pequeña escala, integrándolos dentro de las áreas verdes de la urbanización y directamente conectados al suministro de agua de las áreas productivas. Para ello sería preciso, en primer lugar, realizar un planeamiento urbano en el que se tuvieran en cuenta estas premisas a la hora de realizar la configuración de los usos del suelo, y en segundo, se realizara una reserva suficiente de espacio para este fin. La normativa actual establece en el 44% la reserva de superficie de las nuevas urbanizaciones para espacio público, entendiéndose por ello tanto los espacios

libres y el viario como los equipamientos. Entendemos que, por un lado, no existe un mecanismo adecuado que ponga en relación estas reservas con la densidad poblacional del área en cuestión, y por otro, que si incorporamos los sistemas de tratamiento de aguas residuales dentro de estos espacios nos resultan del todo insuficientes. Es necesario mencionar que el PMOT propone para la Zona Sur sistemas descentralizados de reinfiltración de aguas residuales al terreno tras tratamientos primarios (a los que denominan *reinfiltración de aguas verdes*) como la solución para la gestión del alcantarillado en estas áreas. Sin embargo no se establecen herramientas ni mecanismos que permitan la incorporación de las áreas necesarias para estos usos en la urbanización. Es más, se prevé incorporar a la mancha urbana nuevas áreas en las que, según el trazado urbano existente en la planimetría, sería muy complejo, e incluso imposible en algunos casos, incorporar estas tecnologías de tratamiento de aguas.

Entendemos que los humedales artificiales constituyen un sistema que puede ser integrado dentro de las áreas urbanas y que se adecua muy bien a las condiciones ambientales y socioeconómicas de la Zona Sur en relación a la depuración de aguas residuales, constituyendo además potenciales fuentes de generación de empleo y producción gracias al aprovechamiento de las cualidades de las aguas residuales una vez que han sido adecuadamente tratadas, pero que es fundamental tener en cuenta estas circunstancias a la hora de realizar la distribución de los usos del suelo en el territorio urbano, precisando reservar para estas infraestructuras áreas con una dimensión suficiente y ubicadas en las zonas más bajas conectadas a las áreas productivas o a los sistemas de drenaje urbano.

En este sentido, en el ANEXO 1 podemos encontrar un ejemplo de diseño de planta de tratamiento para el barrio de María Auxiliadora en el que, además, se ha debido adaptar la solución al espacio existente.

5.3. PLANIFICACIÓN PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (GIRS).

En este capítulo trataremos de realizar una definición detallada de lo que significa una adecuada Gestión Integral de los Residuos Sólidos (GIRS) y las posibilidades que para su aplicación existen en el municipio de Cercado. Estudiaremos para ello cuáles son las estrategias a seguir, los componentes de un sistema de GIRS así como las diferentes tecnologías aplicables.

Repasaremos también algunas experiencias exitosas que dentro del territorio boliviano que se están desarrollando para la GIRS en algunos municipios y los estudios que para la ciudad de Cochabamba se han realizado desde hace algunos años, para finalmente lanzar las premisas de una propuesta de GIRS para el Cercado desde la perspectiva de este trabajo.

5.3.1. Definición de la GIRS. Marco Teórico.

Definimos como residuos sólidos aquellos que se producen por las actividades del hombre y los animales, ya sea en el ambiente doméstico (papel, plásticos, restos de comida...), en los comercios (principalmente embalajes), oficinas, en las instalaciones industriales, equipamientos, etc.

En general una inadecuada gestión de los residuos sólidos puede llegar a ser peligrosa principalmente para los operarios del sistema, pero también para la ciudadanía en general, ya que los residuos suelen contener importantes concentraciones de agentes patógenos que provocan serias enfermedades, así como la presencia de insectos, ratas y otras especies que se convierten en transmisoras de estas enfermedades. Además, se generan sustancias, principalmente gases y líquidas, muy contaminantes para el medio.

Es por ello que desde los años 60 se comenzaron a desarrollar estrategias y sistemas, además de herramientas legales, para la definición de una adecuada gestión de los residuos sólidos, denominada gestión integral, que se define como la selección y aplicación de técnicas apropiadas, tecnologías y programas de gestión para conseguir objetivos y metas específicos en la gestión de residuos. La jerarquía en la política de gestión de residuos definida en los noventa aparece en la Fig. 5.3.1. (Kiely, G. 1999).

Fig. 5.3.1. Jerarquía estratégica para la GIRS



Estrategias para la GIRS: las 3Rs y "BASURA 0"

Se conoce con el nombre de "Basura 0" a un movimiento creciente en muchos lugares del planeta inspirado por la meta de la eliminación total de lo que denominaríamos estrictamente *basura*, es decir, residuos que ya no pueden ser reincorporados a la cadena productiva. Se trata en realidad de un objetivo casi inalcanzable pero que inspira una serie de estrategias encaminadas a la reducción máxima de los residuos destinados sin remedio a la evacuación final y del consumo de materias primas necesarias para el

sistema productivo. En esta misma línea se mueven las políticas definidas como de las “3 Rs”: reducir, reutilizar, reciclar.

- *Reducir:*

Las medidas de alivio de la contaminación tomadas en un principio por el sector industrial se dirigían fundamentalmente a las soluciones de “fin de tubería”, es decir, a minimizar el impacto de las consecuencias de su actividad. Sin embargo, desde los años 70 se muestra la limitación de estos métodos y, en el caso de la GRS, se reconoce como la única solución posible la minimización en la producción de los residuos (Kiely, G. 1999).

El objetivo prioritario en una política de GIRS debe ser este, reducir al máximo la cantidad de residuos, que minimiza el consumo de materias primas, de la energía necesaria para su transformación así como los costos derivados del sistema de tratamiento y eliminación. Para ello es necesario implicar a todos los sectores de la cadena: agricultura, industria, comercio, consumidores... de modo que los mecanismos de producción y consumo se realicen en base a la menor producción de residuos.

Este tipo de estrategias parten de la *evaluación del ciclo de vida* de un determinado producto, en la cual se estiman los efectos ambientales que están implicados desde el proceso de adquisición de la materia prima, hasta la producción del objeto y su eliminación. En general se habla de la *reducción en origen* como una serie de medidas que permiten la reducción de la producción de residuos que incluyen: modificación de los procesos productivos, eficiencia en los usos, modificación de hábitos de consumo... un ejemplo muy claro de ello sería el uso de menos embalajes.

- *Reutilizar:*

Se trata de dar un nuevo uso a un producto que se genera como residuo de alguna actividad. Este nuevo uso puede ser cumpliendo la misma función que en usos anteriores, como lo sería la reutilización de ciertos envases como por ejemplo las botellas de vidrio, o dando una utilidad determinada al residuo de una actividad, como podría ser la

transformación en etanol del suero que surge como subproducto residual en la producción de queso (Kiely, G. 1999).

- *Reciclar:*

El reciclaje consiste básicamente en la elaboración de nuevos productos a partir de la transformación de la materia que componía un producto que ya es considerado un residuo. Las áreas más aptas para el reciclaje son el papel, el vidrio, los metales y los plásticos, y pueden llegar a suponer hasta el 40% de los residuos generados en una ciudad.

Origen, Clasificación y Composición de los Residuos Sólidos Urbanos

La composición de los RSU es una cuestión muy variable en función de varios aspectos: el origen de los mismos, la región y el grupo socioeconómico del que procedan, o incluso la estación del año en que nos encontremos. Según la OMS, la clasificación según el origen y los tipos de residuos sólidos será la que observamos en el cuadro 5.3.1.

CUADRO 5.3.1. Origen y tipos de residuos.		
Fuentes	Lugar de origen	Tipos de residuos
Domésticos	Viviendas unifamiliares y bloques residenciales	Alimentos, papel, embalaje, vidrio, metal, cenizas, basura doméstica peligrosa.
Comercial	Tiendas, restaurantes, mercados, oficinas y hoteles.	Alimentos, papel, embalaje, vidrio, metal, cenizas, basura doméstica peligrosa.
Industrial	Fábricas, industrias ligeras y pesadas, refinerías, plantas químicas, generadoras de energía.	Residuos de procesos industriales, químicos, metales, maderas, plásticos, aceites, residuos peligrosos.
Construcción	Obras de edificación y urbanismo	Tierra, cemento, madera, acero, plástico, vidrio, vegetación.

En general, la composición de los residuos industriales será característica en cada región según el tipo de industria existente, aunque la OMS establece la clasificación genérica de residuos industriales no peligrosos, peligrosos y de hospitales (Kiely, G. 1999).

Las basuras domésticas y comerciales suelen ser recogidas y tratadas dentro del mismo sistema y en su composición suele distinguirse entre residuos orgánicos e inorgánicos. Entendemos por residuos orgánicos los residuos animales y vegetales, madera y restos de jardín, productos textiles no sintéticos, papel y cartón, y siendo estrictos, los plásticos, en base a su composición química con contenido de carbono también serían materiales orgánicos. Dentro de los inorgánicos están los metales, vidrios, pétreos, tierras, y una serie de materiales no clasificados, voluminosos y/o especiales como los residuos electrónicos, electrodomésticos, mobiliario, escombros de obra, etc.

Como hemos dicho, tanto la composición como la cantidad de residuos serán muy variables, aunque sabemos que en general los países más empobrecidos suelen tener una menor producción de residuos *per cápita* y, normalmente, con un alto contenido en residuos orgánicos, como es el caso de Bolivia.

Componentes de un Sistema de GIRS

Podemos definirlos como las diferentes fases que es necesario incorporar para conseguir un sistema que permita la gestión integral de los residuos. Distinguimos usualmente:

o *Clasificación y separación.*

Consiste en separar los residuos según una determinada clasificación para tratarlos de manera diferenciada. Lo óptimo es realizar esta separación en el origen (industria, comercio, hogar...) de

manera que consigamos fracciones limpias y bien definidas. La separación en origen implica mayores costos de recogida y un importante grado de conciencia y educación a la población, pero no realizarla para después separar manualmente implica riesgos para la salud del operario. Normalmente, se realizan estudios previos a la implantación del sistema para testar cuál puede ser el modo de separación en el hogar más adecuado a cada lugar que a su vez permita un adecuado tratamiento posterior. Existen diferentes modos de realizar esta clasificación, entre los que destacamos:

- Orgánico-inorgánico-basura.
- Comida-papel-plástico-metal-vidrio-basura.
- Orgánico-envases-vidrio-papel-basura.

Es preciso señalar por un lado el hecho de que siempre será necesario tener un apartado denominado *basura* en el que se coloquen determinado tipo de residuos que no pertenecen a ninguna de las clases anteriores y que, normalmente, se incorporan también servicios de recogida especializados para residuos voluminosos, peligrosos, como las baterías y aparatos eléctricos, aceites, etc.

o *Almacenamiento y transporte.*

El tipo de almacenamiento va a depender del sistema de recogida elegido, que puede ser:

- Recogida puerta a puerta o en aceras.
- Centros comunitarios de recogida.
- Contenedores comunitarios o en las calles.
- Contenedores enterrados, etc.

Existen a su vez distintos tipos de recipientes y contenedores que van desde los cubos individuales a los contenedores de 120, 390, 600, 1100 y hasta 40000 litros. Estos contenedores suelen tener colores y

formas diferenciadas adaptadas al tipo de residuos a almacenar y al sistema de recogida del camión. Existen distintos tipos de camiones también, que pueden ser los tradicionales abiertos (volquetas), camiones compactadores de basura, o algunos más modernos con compartimentos múltiples.

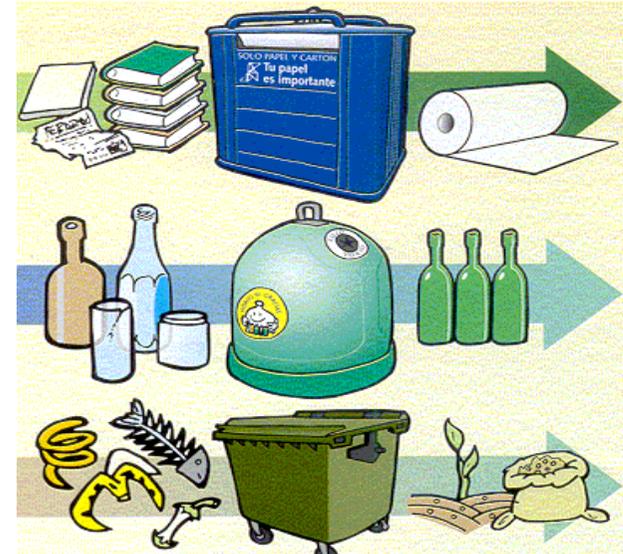
Un elemento importante del sistema de almacenamiento y transporte lo componen las *estaciones de transferencia*. Si las distancias a recorrer son largas, se pueden instalar estos lugares entre la recogida y el destino final, en los que además se puede realizar la clasificación definitiva de los residuos y, desde allí, ser trasladados según su composición a los diferentes tratamientos: compostaje, reciclado, reutilización o disposición final. Estos lugares se pueden constituir también como “intermediarios” en la cadena de los residuos, realizando un papel similar al de los centros de acopio que encontramos en ciudades como Cochabamba, ya sean de gestión pública, mixta o privada. También pueden incorporar instalaciones que permitan el tratamiento de ciertos tipos de residuos *in situ*, como por ejemplo, áreas para el compostaje comunitario de la fracción orgánica.

o *Tratamiento y disposición final.*

Según el tipo de residuo que obtengamos y el destino en el que queramos darle uso tendremos un modo u otro de tratarlo. En general encontramos:

- Tratamiento biológico: para la fracción orgánica separada en origen.
- Reciclaje: para materiales reciclables como papel, vidrio, plásticos, metales, etc.
- Disposición final: para los residuos no recuperables, la basura, existen dos posibilidades principalmente, la compactación y disposición en vertederos, o la incineración.

Fig. 5.3.2. Distintos sistemas de recogida, almacenamiento y transporte.



Sistema de contenedores especializados.



Recogida puerta a puerta con camiones volqueta adaptados para la recogida selectiva.

5.3.2. Tecnologías para el tratamiento de los RSU.

Como hemos visto, el objetivo principal de la GIRS es conseguir minimizar los residuos a partir de la reducción de la producción en primera instancia, y de la recuperación de los ya generados en segundo lugar. En este punto haremos un repaso por las tecnologías existentes tanto para el tratamiento de los residuos recuperables como para la disposición de los no recuperables.

Tratamiento biológico de los RSU

El más conocido y extendido de los tratamientos biológicos es el compostaje, que ha sido realizado tradicionalmente sobre todo en las zonas rurales de todas las geografías. Presenta en la actualidad el problema de la necesidad de realizar una separación consciente de los residuos para evitar mezclas que puedan introducir contaminantes (como por ejemplo metales pesados) en el compostaje y que dificulten la utilización del resultado de este proceso, el compost, como fertilizante orgánico.

El desarrollo tecnológico permite desde hace tiempo la realización también de procesos de descomposición anaerobios como resultado de los cuales se genera gran cantidad de gases cuya recuperación permite la obtención de biocarburantes.

o *Compostaje*

Es la descomposición controlada de materiales orgánicos a través de un proceso biológico donde interactúan organismos y microorganismos que, con ayuda del oxígeno, transforman dicha mezcla en un abono orgánico natural, de color oscuro y apariencia de tierra que denominamos compost. En realidad se trata de imitar los procesos naturales de la cadena

de los nutrientes según los cuales, la materia *muerta* constituye la base para la *nueva vida* a través de estos procesos de descomposición.

Para que este proceso se realice de una manera adecuada es necesario controlar ciertos parámetros:

- Temperatura: El proceso de descomposición aerobia es exotérmico y sufre una serie de variaciones de temperatura, en las que pasa por fases termófilas al principio (50-60°C) para pasar a fases mesófilas en el final (25-35°C). Temperaturas mayores inhiben la actividad biológica pero mejoran las condiciones higiénicas al matar a los patógenos.
- Contenido de humedad: Para que se mantenga la actividad biológica es necesario contar con una humedad en el compuesto de entre el 45-55%. Por debajo del 20% cesa la biodegradación, y por encima del 60% el agua llena los vacíos y evita la entrada de oxígeno, llegando a un proceso anaerobio que produce mal olor.
- Oxígeno: Si la cantidad de oxígeno es menor del 10% en volumen, el compostaje se inhibe, por lo que los parámetros óptimos están entre el 15-20%, que se obtienen practicando la mezcla del compost (volteo) y la ventilación.
- Relación C/N: Es una medida de las condiciones bioquímicas óptimas y debe darse en una relación 20-40 C/N, lo que asegura la cantidad adecuada de nitrógeno para la síntesis de las células y el carbono como fuente de energía.
- pH: el intervalo óptimo va de 6 a 8, aunque en los primeros días suele reducirse hasta 5 a causa de la formación de ácidos orgánicos.
- Composición bioquímica y textura: la composición de los residuos que compostemos nos dará unas propiedades diferentes en el compost resultante, existiendo además tiempos de biodegradación

diferenciados para cada sustancia, muy rápidos en estiércol o residuos alimenticios, y más lentos en madera, hojas, papel...etc.

Los sistemas para compostar podemos clasificarlos según la escala (domiciliario, comunitario o municipal/industrial) o también según la metodología utilizada:

- Compostaje en pilas: se trata de la acumulación de un montón suelto (pila) en un lugar que debe estar seco, semi-protegido del sol y la lluvia, y ventilado.
- Compostaje en recipientes: se pueden construir o adquirir recipientes que cuenten con las perforaciones adecuadas para permitir la aireación y el drenaje.

En ambos casos el compostaje se realiza disponiendo capas sucesivas de unos 10-20cm. En primer lugar disponemos una capa de restos secos (hojas, paja), la segunda capa la componemos por restos de cocina y residuos de poda fresca triturados lo más posible, y en tercer lugar se le agrega estiércol de animal (o alguna sustancia con alto contenido en microorganismos que sirva de activador del proceso). Finalmente se tapa con una capa de tierra y hojas y se riega con agua. Se continúan haciendo capas sucesivas hasta alcanzar 1-1,5 m. A partir de ahí será necesario controlar los parámetros descritos anteriormente para asegurar un buen proceso de descomposición, que se logrará realizando la mezcla o volteo una vez a la semana.

- Lombricultura: En este caso se utilizan determinados tipos de lombrices (la más conocida es la lombriz roja californiana) que ingieren grandes cantidades de materia orgánica y que, como resultado de esta ingesta, excretan una sustancia llamada *humus de lombriz*, que es un fertilizante orgánico de gran calidad. Las pilas de comida no deben ser superiores a los 30-40 cm para evitar concentraciones excesivas de calor. También es conveniente picar

la materia y cubrirlo con un material perforado para evitar pérdida de humedad y calor. La lombricultura cuenta con la ventaja de que son animales con gran capacidad de reproducción, con lo que la capacidad de tratamiento aumenta exponencialmente según transcurre el tiempo de instalación de la planta.

- Planta de compostaje: se trata de una instalación en la que se compostan los residuos orgánicos mediante un tratamiento biológico en condiciones controladas. Pueden incluir reactores mecanizados en los que se optimicen y aceleren los procesos de descomposición mediante tubos de aireación, tambores giratorios, etc.



Distintos mecanismos de compostaje: pilas (arriba izq.), recipientes (abajo izq.) y lombricultura (arriba dcha.).

o *Digestión anaerobia.*

Existen diferentes tipos de digestores anaerobios que van desde aquellos contruidos artesanalmente y que suelen encontrarse cada vez más en las zonas rurales para la descomposición, sobre todo, de estiércol y lodos resultantes de las aguas negras, conocidos como *biodigestores*, hasta tecnologías de última generación que aún se encuentran en desarrollo.

En general, no será adecuado utilizar esta metodología cuando los RSU no hayan sido seleccionados y separados previamente, por lo que su mayor aplicabilidad se da en los sectores agrícolas e industriales. Los tiempos medios de digestión se encuentran en torno a los 20 días, obteniéndose como resultado el biogas (entre 0,14-0,45 m³/Kg de sólido biodegradado, dependiendo del sistema utilizado) CO₂ y sólidos secos estabilizados.

o *Métodos anaerobios y aerobios en dos fases.*

Se trata de metodologías que están aún en proceso de investigación, pero que arrojan resultados prometedores ya que permitirían en una primera fase la obtención de biogás con altos índices de redimiendo y humus estabilizado en una segunda fase aerobia, todo ello a partir de la descomposición de residuos alimenticios, papel y residuos de jardín.

Reutilización y reciclaje de fracciones de RSU

El reciclaje es una práctica que desde hace muchos años es ejercida en casi todos los países del mundo, ya que en torno al 30% de los residuos de un núcleo urbano pueden ser reciclados. El reciclaje de materiales suele constituirse además en el sustento de una parte importante de la sociedad, la más empobrecida, que a veces en condiciones muy precarias recupera de los residuos aquellas fracciones que pueden adquirir valor en el mercado. Sin embargo, el reciclaje está sujeto, sobre todo en estos casos, de manera excesiva a los parámetros del mercado de las materias primas.

Dependiendo del lugar en el que nos situemos, el reciclaje de un determinado material puede resultar más o menos rentable en función del valor y la disponibilidad que exista de la materia prima original de la que procede. Por otro lado, la fluctuación de los precios de un determinado material (como por ejemplo el petróleo) arrastra tras de sí toda la industria del reciclaje si esta está sustentada exclusivamente en las reglas del libre mercado.

Según nos muestra Gerard Kiely (1999) algunos de los elementos que suelen ser reciclados son:

- Aluminio: en general resulta bastante provechoso el reciclaje de este material, sobre todo económicamente, ya que suele tener importante costos de producción. Constituye aproximadamente el 1% de los residuos domésticos, principalmente las latas, aunque también empieza a ser usual el reciclaje del aluminio de la construcción, procedente en su mayoría de puertas y ventanas.
- Papel y cartón: constituyen a nivel internacional el 35% de los RSU, y dependiendo de la disponibilidad de madera puede resultar más o menos rentable su reciclaje, aunque está bastante extendido el uso tanto de papel como de cartón y otros elementos procedentes del papel reciclado.
- Vidrio: es un material que suele ser reutilizado en forma de botellas, aunque desde hace muchos años también es triturado y utilizado para la producción de nuevo vidrio, proceso que, además, puede ser realizado en muchas ocasiones. Supone entre el 5-10% de los RSU, y en los últimos años se encuentra con la dificultad que representa la proliferación de diversos colores.
- Plásticos: la mayoría de ellos no son biodegradables, por lo que suponen un problema en los vertederos, sin embargo en su mayoría son reutilizables en otras formas. Suponen entre un 5-15% de los RSU, aunque hasta ahora sólo se recicla en torno al 5% de ellos.

- Otros componentes: elementos como residuos de aceite, baterías, electrodomésticos y aparatos eléctricos en general, ropa, etc. son materiales todos ellos reutilizables y/o reciclables cuya recuperación tiene en algunas ocasiones alta rentabilidad.

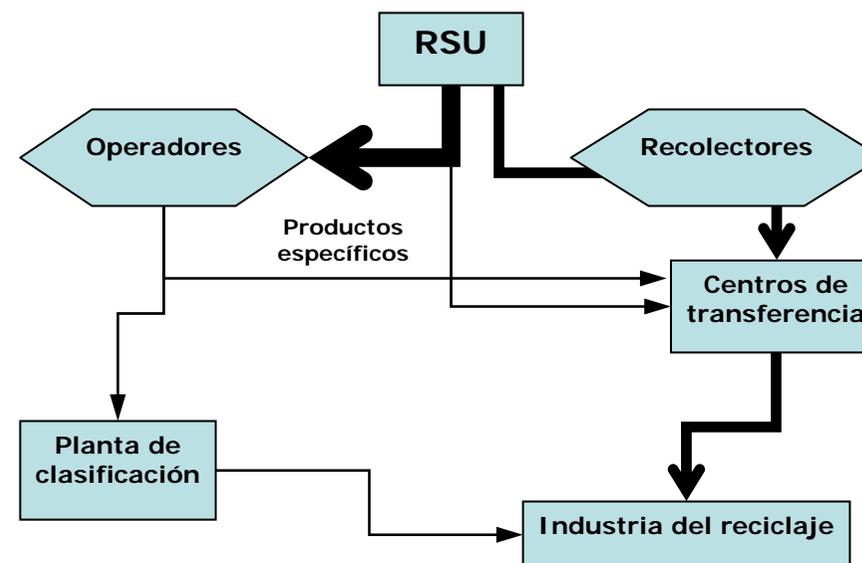
El proceso de reciclaje suele ser diferentes según los sistemas de almacenamiento y transporte elegidos, de la intervención de la administración pública en el proceso, o la gestión por parte de los privados y el mercado, del volumen recuperado y de la escala de las instalaciones. En los países europeos, suele existir un sistema formalizado y controlado por la administración, normalmente la municipal, de separación en origen y recogida selectiva. Los residuos suelen ser destinados a las plantas de clasificación y de ahí a la industria del reciclaje, habitualmente en manos de sectores privados. En otras regiones como América Latina, en general el sector suele estar vinculado a sistemas *informales* de recuperación, clasificación y reciclaje, es decir, sin apenas intervención del sector público y regidos estrictamente por las reglas del mercado. Como comentábamos antes, esto hace muy vulnerable tanto los índices de recuperación como la sostenibilidad económica del sistema, además de implicar condiciones de precariedad laboral y riesgos para la salud de las personas que trabajan en ello.

Las implicaciones sociales y económicas que la recuperación de residuos suponen en países como Bolivia, hacen necesario pensar en las posibilidades que sistemas mixtos de gestión público-privada podrían brindar, de modo que se mantuvieran las microeconomías existentes, o tuvieran un proceso de incorporación a las estructuras que se generen desde lo público, que siempre deberán realizarse en base al acuerdo social de todos los sectores y a procesos consensuados.

En general los sistemas de reciclaje cuentan con cuatro elementos de la cadena (Fig. 5.3.3): operadores y/o recolectores, centros de transferencia -

puntos de acopio, plantas de clasificación e industrias recicladoras. Cada uno de estos elementos puede contar con una gestión pública (municipal) o privada (preferiblemente en cooperativas comunitarias), aunque también se pueden plantear fórmulas mixtas para alguno de los componentes o incluso la convivencia de ambas fórmulas en un mismo sistema integrado.

Fig. 5.3.3. Componentes del sistema de reciclaje de RSU



Fuente: Elaboración propia.

Disposición final

Tras pasar por el proceso de separación, recuperación y transformación de toda la fracción recuperable de los residuos sólidos, tendremos un resto que, siempre tendiendo a minimizarlo, deberá ser llevado a un sistema de disposición final. En general existen dos métodos para ello: la incineración y la disposición en rellenos sanitarios.

o *Incineración:*

En los países desarrollados, la tendencia actual es a la incineración controlada con aprovechamiento de la energía, y finalmente la disposición en vertedero de las cenizas y restos no aprovechables.

La incineración consiste básicamente en la combustión de los residuos a temperaturas elevadas, transformando el material en energía en forma de calor, gases de combustión y escorias. Surge en Europa a finales del siglo XIX por razones higiénicas, ya que se habían producido varios brotes de cólera, y es a principios del siglo XX que se empieza a recuperar el calor para la producción de energía eléctrica, pero resultó económicamente poco rentable. En los 60 esta tecnología resurge, ya mejorada sobre todo en relación al tratamiento de los gases de salida, y hoy está muy extendida en ciertas regiones como Japón o Suiza (Kiely, G. 1999).

La disposición de incineradores que permitan la recuperación de calor, para que resulten mínimamente rentables, requiere al menos de un volumen de trabajo en torno a las 1000 T/día de RSU para su combustión, lo cual suele entrar en conflicto en muchas ocasiones con las políticas de "basura 0" tendentes a minimizar el resto de RSU no aprovechables, o requiere del transporte de residuos de un territorio extenso para llegar a la cantidad necesaria.

Por otro lado este sistema de generación de energía eléctrica produce unos 1350 gCO₂ por kWh generado, muy por encima de las emisiones en centrales térmicas alimentadas con carbón (1020 gCO₂/kWh), petróleo (750 gCO₂/kWh) o gas natural (515 gCO₂/kWh). (USEPA eGRID 2000, en GAIA 2009), además de otros gases de efecto invernadero, cenizas volantes, ácidos, metales pesados, dioxinas y furanos. Si bien es cierto que existen modernos sistemas de filtrado, éstos no eliminan del todo estas emisiones, y además en general precisan para esta limpieza importantes cantidades de agua que también sufre procesos de contaminación. Finalmente, los procesos de incineración generan en torno al 23% en peso de escoria y cenizas altamente contaminantes que han de ser llevadas a un vertedero.

En general, entendemos que la incineración es una tecnología que puede plantear más dificultades que soluciones a la hora de resolver los problemas derivados de la disposición final de los residuos sólidos por tratarse de una solución de "final de tubería", y que en países empobrecidos cuentan con otras dificultades incorporadas.

En primer lugar, la debilidad institucional y la falta de medios económicos hacen de la privatización de estos procesos una salida fácil del problema para la administración, pero que se convertirá en un serio competidor de cualquier iniciativa pública o privada de recuperación de residuos. Por otro lado, esta misma falta de capacidad institucional limitará seriamente las posibilidades de control en relación al impacto ambiental vinculado a la labor de las incineradoras. Como ejemplo, en Bolivia no hay laboratorios con capacidad para la realización de los análisis necesarios para controlar las emisiones de gases por estas plantas. Además, se trata de tecnologías muy avanzadas cuyos costos de mantenimiento no suelen poder ser soportados por estas economías, y en ocasiones provocan grandes pérdidas que pasan a engrosar la deuda externa de estos países. Finalmente hay que considerar que la "rentabilidad" de estos procesos parte

fundamentalmente de contar con una importante cantidad de materia para la combustión. En ese sentido, todas las labores de recuperación de materiales, que suponen el sustento económico de muchas de las familias más empobrecidas en estos países, entrarán en conflicto con la industria de la incineración.

o *Rellenos Sanitarios:*

Los vertederos constituyen el sistema más tradicional de eliminación de RSU. En las últimas décadas se ha modificado la práctica desde el simple “volcado de los residuos” (conocidos como *botaderos*) al uso de vertederos controlados o rellenos sanitarios, que incluyen programas de seguimiento de los residuos entrantes, de compactación, de emisión de gases, de lixiviados etc. para así poder controlar la contaminación al entorno, especialmente a las aguas subterráneas, a las superficiales y a la atmósfera (Kiely, G. 1999). Recordemos como ejemplo los problemas de contaminación descritos en el capítulo 4 en relación al botadero de K´ara K´ara de la ciudad de Cercado.

Un parámetro fundamental a la hora de realizar un buen diseño de un vertedero o relleno sanitario, es conseguir una impermeabilidad del suelo que prevenga cualquier tipo de infiltración de lixiviado. Como veíamos en otros capítulos, el lixiviado es el líquido acuoso de color oscuro que se filtra en un vertedero a causa de las lluvias y la humedad de los restos orgánicos, que resulta altamente tóxico. Por ello, es necesario disponer de un sistema de drenaje que permita recogerlo y tratarlo en una planta de depuración de aguas (Kiely, G. 1999).

Los gases emanados debido a la descomposición anaerobia de los residuos orgánicos se componen normalmente de un 60% de metano y un 40% de dióxido de carbono. Este gas necesita ser controlado en primer lugar por lo contaminante de las emisiones, y en segundo lugar porque es

potencialmente explosivo (Kiely, G. 1999). Será necesario disponer chimeneas para su extracción, que podrán conectarse a un sistema de recuperación y aprovechamiento para la producción de energía.

El diseño de un buen relleno sanitario parte de la premisa de encontrar una buena ubicación para el mismo. Para ello, se debe trabajar en fases sucesivas en las que se identifiquen en primer lugar los espacios potenciales, para luego establecer las áreas preferenciales dentro de ellos y finalmente realizar estudios de detalle de los lugares que parecen más apropiados a priori. En cada una de estas fases, con distinto grado de detalles, se deberán examinar los siguientes parámetros:

- La superficie requerida en relación al volumen de RSU que se produzca y las proyecciones futuras, así como de la vida útil que queramos satisfacer, con un mínimo de 10 años.
- Características geológicas de los terrenos, referidas a cuestiones estructurales (sismología, fallas, etc.) y a su composición, sobre todo en relación a la impermeabilidad.
- El relieve del terreno, cuya inclinación deberá de estar el entre 1 y el 20%.
- Hidrología del territorio: cursos de aguas superficiales no deben encontrarse a una distancia menor de 200 m, ni aguas subterráneas a una profundidad menor de 3 m, teniendo en cuenta además no situarse sobre zonas de recarga de los acuíferos ni áreas inundables.
- Clima: régimen de lluvias, dirección e intensidad de los vientos.
- La distancia de transporte desde el/los núcleos poblados, que se recomienda de unos 15 Km.
- Accesibilidad e infraestructuras disponibles.
- Uso de los terrenos colindantes.
- Distancia a áreas residenciales mínima de 500 m, procurando situarse en zonas de baja densidad.

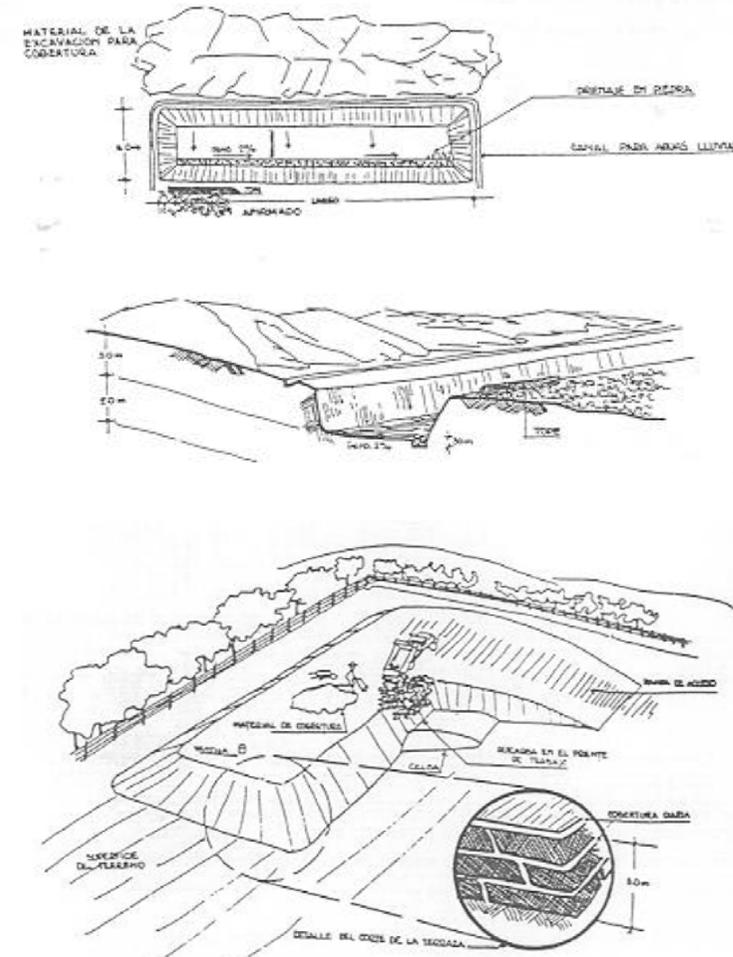
- Grado de aceptación de la población del entorno.

Los rellenos sanitarios constituyen una muy adecuada solución en países en desarrollo debido a que garantizan adecuadas condiciones sanitarias y ambientales con una menor inversión, aunque será necesario realizar la instalación y el mantenimiento adecuadamente. La operación adecuada de un relleno para lograr una larga vida útil y evitar problemas sanitarios consiste en cubrir cada 30 cm de residuos con una capa de tierra de unos 20cm y compactar ambas de manera que reduzcamos considerablemente el volumen y minimicemos la percolación.

En general encontramos tres métodos para la disposición de rellenos sanitarios (Jaramillo, J. 1991):

- Método de zanja o trinchera: consiste en la excavación de zanjas de 2-3 m de profundidad (aunque las hay de hasta 7m) en las que se van depositando los residuos. Precisarán de sistemas de drenaje internos e incluso del bombeo de agua en épocas de lluvia. Las paredes laterales se realizarán según el ángulo de talud natural del terreno. No es recomendable en lugares con un nivel freático elevado o zonas rocosas por la dificultad de excavación.
- Método de área: consiste en depositar directamente los residuos sobre el suelo original. En este caso será necesario contar con material extra para realizar la cobertura diaria. Se van construyendo formando una pendiente que le confiera una mayor estabilidad. Deberá disponer también de un sistema de drenaje, recogida y tratamiento de los lixiviados. En ocasiones se utiliza este método para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas.
- Método combinado: consiste en realizar zanjas que una vez rellenas continúan sirviendo de base para la disposición de residuos en altura.

Fig. 5.3.4. Métodos de disposición de relleno sanitario.



Arriba: método por trincheras

Abajo: método de área

Fuente: Jorge Jaramillo, 1991.

En todas las opciones será necesario contar con un suelo arcilloso o en su defecto disponer una capa de 0,5 m de arcillas para permitir su impermeabilización, aunque lo idóneo es conseguir esta a través de la disposición de un material geotextil sobre el que se disponga el sistema de drenaje.

Existe un último tipo de rellenos sanitario denominado *manual*, que se presenta como una alternativa para unidades de población de menos de 40,000 hab. o que generen menos de 20 T/día de RSU. Se trata de minimizar los requerimientos de equipos mecánicos como tractores, compactadoras o retroexcavadoras al periodo de construcción, de modo que las labores de operación puedan llevarse a cabo por métodos

manuales. A pesar de ser una obra pequeña, deberá contar con todas las garantías antes señaladas tanto en lo referente a la elección del lugar como a la construcción, operación, mantenimiento y cierre.

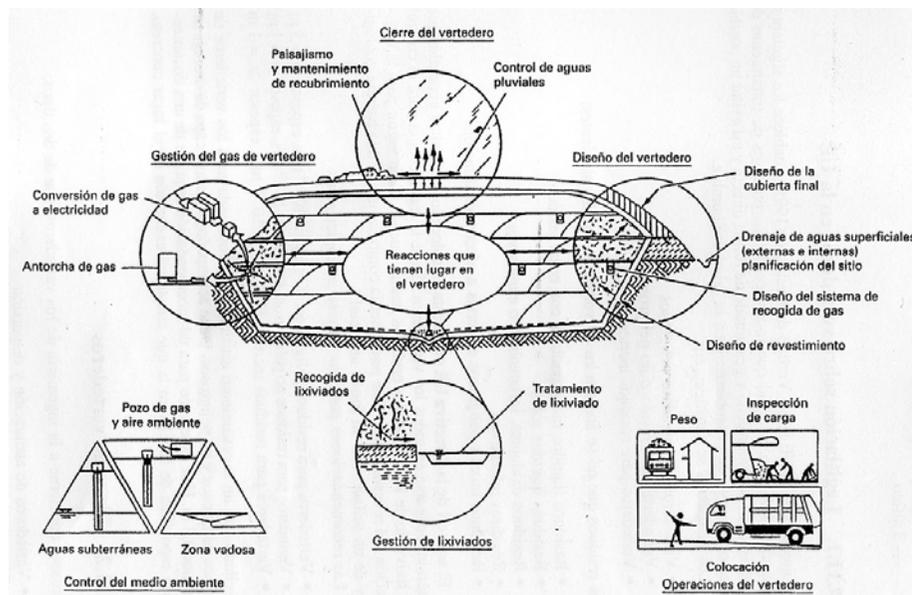
Por último es necesario señalar que cuando finaliza la vida útil de un relleno sanitario, es muy importante realizar adecuadamente las operaciones de clausura del mismo a través de la elaboración de un plan y de la decisión sobre el uso futuro de ese espacio. En general se deberán mantener los sistemas de drenaje y emisión controlada de gases por un tiempo hasta asegurar la estabilización, y cubrir el relleno con al menos un metro de tierra y siembra de especies vegetales adecuadas.

5.3.3. La GIRS en Bolivia: experiencias e investigaciones.

La problemática existente en Bolivia en relación a la falta de una gestión adecuada de los RSU ha motivado en el último año la creación, dentro del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, de una Dirección General de GIRS (DGGIRS). La primera labor llevada a cabo ha consistido en la elaboración de un diagnóstico nacional en base a una muestra de 188 municipios de toda la geografía. El propósito de este diagnóstico es conseguir una información sistematizada que sirva de base, por un lado, para los trabajos tanto académicos como sectoriales que se realicen en adelante, y principalmente para generar políticas y acciones a nivel nacional que se reflejen en una Ley de Gestión de Residuos Sólidos ya que, aunque en su Art. 302. I. la CPE reconoce como competencias exclusivas de los municipios tanto el aseo urbano como el tratamiento de los residuos, también especifica que habrá este de realizarse dentro del marco de una política de Estado (DGGIRS, 2009).

En esa línea, se están realizando en toda la geografía diferentes seminarios y talleres encaminados a poner en común prácticas y

Fig. 5.3.5. Esquema de instalación y operación de relleno sanitario.



Fuente: Gerard Kiely, 1999.

metodologías que están siendo probadas en algunas ciudades encaminadas a un manejo adecuado para la GIRS en Bolivia. En ese marco se realizó en Cochabamba en Octubre de 2009 el *Seminario-Taller de propuestas para la GIRS en el área metropolitana de Cochabamba*. En este punto realizaremos un repaso por algunas de las propuestas y trabajos de investigación que sobre este tema se expusieron para que nos sirvan de base para la realización de un modelo coherente.

Gestión de Residuos Sólidos en el Municipio de La Paz (SIREMU)

Se trata de uno de los proyectos más completos que en este sentido se están realizando en Bolivia. Por un lado, desde hace unos años se ha puesto en funcionamiento una planta de compostaje y lombricultura, y por otro se ha realizado un estudio muy completo en relación a la gestión de residuos sólidos reciclables para la ciudad de La Paz.

El primer programa ha consistido en la creación de una planta de compostaje y lombricultura para los restos de matadero y de poda de la ciudad. Este se realiza en el botadero de Mallaza, ya clausurado, de modo que el compost y el humus generado en la planta de tratamiento está sirviendo para realizar el cierre técnico del antiguo botadero. También se está experimentando desde Mayo de 2009 con la construcción de biodigestores para la descomposición anaerobia de los restos de matadero con recuperación de biogás y biol, que servirá también de abono para la reposición forestal en los botaderos clausurados.

El estudio sobre la gestión de residuos reciclables ha partido de un diagnóstico específico sobre las cualidades de los residuos así como sobre las características del sistema de reciclaje *informal* existente en la actualidad: caracterización y formas de trabajo de los segregadores, materiales acopiados, cantidades recogidas y precios promedio, análisis de la oferta y la demanda, de las exportaciones y de las proyecciones futuras.

En base a estos resultados se ha implementado un proyecto piloto de recolección diferenciada en tres zonas de la ciudad, y se ha planteado un modelo de gestión basado en la implementación de:

- Puntos Verdes: punto de recepción, selección, enfardado y comercialización de residuos reciclables que permitiría la compra a segregadores, acopiadores, comercio e industria así como la recepción directa de los desechos seleccionados en origen y recolectados por el servicio. Pueden ser lugares de venta directa a la industria del reciclaje.
- Planta de Clasificación: puede trabajar de dos maneras, o bien acopiando los residuos seleccionados en fuente y provenientes de los puntos verdes para su enfardado y venta, o con residuos provenientes del servicio de recolección rutinario.

Se realiza también el análisis de las posibilidades de gestión pública, privada y mixta de cada una de estas infraestructuras, así como el estudio financiero de los costos de inversión y mantenimiento en contraposición a los ingresos por actividad, resultando esta evaluación positiva en relación a la rentabilidad de operación de estas infraestructuras.

Las conclusiones apuntan a la viabilidad de la puesta en práctica de estos sistemas, siendo la modalidad de gestión que parece más acertada, la operación de los puntos verdes y plantas de clasificación por parte de microempresas de acopiadores locales, aunque parece recomendable que el Gobierno Municipal aporte incentivos para potenciar el sector, además de un marco organizativo. En general se entiende que debe adoptarse una política clara en relación a la dicotomía que presenta la separación en origen en relación a la actividad de segregadores y acopiadores.

Por otro lado, se recomienda que los residuos orgánicos y la producción de compost sean estudiados y tratados de manera independiente.

Proyectos de tratamiento de Residuos Orgánicos.

En varios municipios de Bolivia se están llevando adelante proyectos piloto en relación al compostaje de la fracción orgánica de RSU que en general están resultando bastante exitosos. Es necesario mencionar que en Septiembre de 2009 se celebró en Tiquipaya (Cbba) el *1º Taller de aprovechamiento de RS orgánicos mediante compostaje y lombricultura* en el que se expusieron estas y otras experiencias y que arrojó como conclusiones la idoneidad de estos tratamientos en el contexto boliviano debido a la importante proporción que este tipo de residuos constituye (en torno al 60%), a los bajos costos de inversión que representa en relación a otros tratamientos, a la capacidad de generación de empleo y a las ventajas ambientales que comporta.

o *GRS Orgánicos del Mercado Principal de Santa Cruz. EMACRUZ.*

Se generan en este mercado en trono a 30-40 T/día de residuos, de los cuales un 77% son orgánicos. Se ha realizado un trabajo previo de educación y organización con la asociación de comerciantes, a partir del cual se decidió distribuir contenedores en los que se depositan los restos orgánicos, que después el personal de limpieza lleva a un gran contenedor situado en el exterior y supervisa el contenido.

Diariamente se traslada a la planta de compostaje donde se realizan pilas en combinación con los restos de poda y un caldo microbiológico (mezcla de agua de lluvia con estiércol) para la aceleración del proceso. En total se procesan una 600 T/mes, de las que se obtienen entre 20-30 T de compost. Hay 24 personas que conforman la microempresa que gestiona el sistema.



o *GRS Orgánicos en el municipio de Comarapa. RIFAR.*

Municipio de unos 12.000 hab. en el que se está implementando paulatinamente un sistema de gestión de residuos orgánicos. Se comienza por la entrega de dos cubos por domicilio, uno para el material secante y otro para el orgánico. Una vez a la semana estos cubos son recogidos en los acerados y llevados a la planta de tratamiento, donde se mezclan con rastrojo de frijol y arroz y en unos 4 meses se obtiene el abono. En la actualidad hay 350 familias acogidas al programa, aunque tienen muchas solicitudes de adscripción.

o *Planta de Compostaje manual de residuos del Matadero y Cementerio del municipio de Tiquipaya. HAMT.*

Se trata de un programa piloto desarrollado por el municipio de Tiquipaya que en la actualidad desvía el 5% del total de residuos municipales provenientes estos de la poda, las flores del cementerio y el matadero, y que supone algo más de 1T/día. En la planta trabajan 4 operarios que realizan el compostaje en pilas. El abono resultante es utilizado en el vivero municipal, donde también existe un proyecto piloto de lombricultura del que se obtiene humus para su comercialización.



Plantas de compostaje y de lombricultura del Municipio de Tiquipaya.

Fuente: HAMT.

Estudios y propuestas realizadas en trono a la GIRS en Cochabamba

Desde hace más de una década, se han realizado en Cochabamba estudios encaminados a encontrar una solución para la gestión integral de los residuos sólidos de la ciudad, principalmente desde la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Mayor de San Simón (universidad Pública de Cochabamba), desde la de Ciencias Ambientales de la Universidad Católica de Bolivia y desde algunas instituciones privadas como SwissContact. En este apartado haremos un repaso por los puntos más relevantes planteados en estos estudios.

- o *Propuesta para un SGIRS para Cochabamba.* Dr. Marcos Luján. UCB.

Una de las aportaciones más importantes de este estudio se encuentra en hacer un minucioso cálculo de la cantidad de residuos que podrían ser desviados de la disposición final en relación a una paulatina aplicación y adscripción de la población a un sistema de clasificación y tratamiento de residuos aprovechables y con ello de la reducción de la superficie necesaria para la disposición final de residuos no aprovechables. Parte de una minuciosa caracterización de los RS del área metropolitana (expuesta en el capítulo 4.3.2. de este trabajo), un cálculo de la proyección de la población a 30 años así como de la proyección de generación de residuos *per cápita*, obteniendo para 2030 una población para la Zona Metropolitana de Cochabamba de 1.869.000 personas, con una producción de RS que alcanzará 1.1 Kg/hab.día, lo que significa 750.460 T/año, algo más del doble que en la actualidad (Cuadro 5.3.2).

La propuesta para un SGIRS se basa en una estrategia de aplicación de las 3R, separando en origen en dos fracciones sólidas, orgánico e inorgánico, con una adaptación de los sistemas actuales de recogida, pero incorporando una serie de estaciones de transferencia que a su vez sean

utilizadas para realizar procesos de transformación y recuperación de los residuos aprovechables. Los materiales que restasen serían compactados y trasladados a uno (o dos) rellenos sanitarios mancomunados construidos para toda la ZMC.

CUADRO 5.3.2. Proyección de la generación de RS. ZMC.				
Año	Tasa de crecimiento	Población	Generación per cápita [Kg/hab.d]	Generación de RS
				[T/año]
2010	3.07	1.177.227	0,790	339421
2015	2.76	1.352.471	0,881	434386
2020	2.44	1.526.855	0,965	537747
2025	2.15	1.700.186	1,039	644922
2030	1.89	1.868.808	1,100	750457

Fuente: Dr. Ing. Marcos Luján. UCB.

A partir de estos planteamientos, y en base al estudio de otros casos con similitudes respecto a la ZMC (en concreto la ciudad de Santiago de Chile) se realiza una estimación de la evolución paulatina que experimentaría la tasa de recuperación en función a la siguiente ecuación:

$$Ti = FCI * FRI * FPI$$

donde Ti es la tasa de recuperación del material *i* y FC, FR y FP son los factores de composición, recuperación y participación de la población. En base a estos cálculos, la tasa de recuperación esperada para la ZMC para las diferentes fracciones es la que se refleja en el cuadro 5.3.3.

CUADRO 5.3.3. Tasa de recuperación de residuos sólidos.							
Material	FC	FC	FR	FP	FP	Tr	Tr
	2002	2030		2003	2030	2002	2030
Materia orgánica	0,6	0,539	0,9	0,3	0,85	0,162	0,412
Plásticos	0,106	0,121	0,8	0,3	0,85	0,025	0,082
Papel y cartón	0,05	0,13	0,75	0,3	0,85	0,011	0,083
Vidrio	0,023	0,016	0,75	0,3	0,85	0,005	0,01
Metales diversos	0,023	0,032	0,9	0,3	0,85	0,006	0,024
Totales	0,802	0,838				0,21	0,612

Fuente: Dr. Ing. Marcos Luján. UCB.

Finalmente se realiza una estimación del volumen y la superficie requerida para la disposición final de los vertidos en el relleno sanitario, con y sin el desvío de material recuperado calculado según la tasa anterior, que se refleja en el Cuadro 5.3.4. Observamos que la implementación de un adecuado SGIRS puede reducir los requerimientos superficiales, según este estudio, hasta en un 46%.

CUADRO 5.3.4. Requerimientos de volumen y superficie para la disposición final de residuos en la ZMC.					
Año	Generación acumulada [ton]	VRS sin desvío [m3]	VRS con desvío [m3]	Superficie sin desvío [has]	Superficie con desvío [has]
2010	2.022.756	2.260.728	1.643.551	18,8	13,7
2015	3.998.047	4.468.406	3.055.458	37,2	25,5
2020	6.474.580	7.236.295	4.620.088	60,3	38,5
2025	9.481.119	10.596.545	6.269.990	88,3	52,2
2030	13.020.740	14.552.592	7.918.566	121,3	66

Fuente: Dr. Ing. Marcos Luján. UCB.

- o *Producción de fertilizantes orgánicos.* Dr.Erick Ferrufino. UMSS.

Desde el laboratorio de biotecnología de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la UMSS se realizan estudios de investigación en relación al compostaje de residuos orgánicos procedentes de Cochabamba. Se han realizado pruebas para la realización de plantas piloto de escala vecinal o comunitaria con muy buenos resultados, así como el desarrollo de activadores biológicos o aceleradores de la producción de abonos en base a una mezcla de bacterias, enzimas y otras sustancias que tendrán un efecto positivo sobre la descomposición y transformación de sustancias orgánicas.

- o *Nuevo emplazamiento de un Relleno Sanitario para el Municipio de Cochabamba.* Oliver C. Saavedra y Óscar A. Nogales. Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. 1998.

Este estudio, si bien establece criterios metodológicos muy válidos a la hora de realizar la búsqueda para un emplazamiento adecuado para un nuevo relleno sanitario, se encuentra con el problema de que fue realizado en 1998 y en relación a una vida útil del nuevo relleno como máximo de 19 años. En este sentido encontramos dos problemas básicos a la hora de que nos sean de utilidad los resultados obtenidos: primero el hecho de que la superficie requerida se establecía en 14 Has para el año 2008 y 34 Has para el 2017, en coincidencia con las estimaciones del Dr. Marcos Luján, pero con un horizonte temporal que ya no nos resulta válido, y en segundo lugar que los criterios en relación a usos del suelo y cercanía de la población existentes entonces no coinciden en absoluto con la situación actual, debido a los procesos de extensión de la urbanización que se han producido dentro del municipio de Cercado.

Por lo tanto, enunciaremos los resultados de esta investigación pero teniendo en cuenta que sería necesario retomar las condiciones de partida y los cálculos realizados para llegar a resultados válidos en la actualidad.

Se utiliza un la metodología de combinación de criterios con la técnica comparativa, usando como herramienta el SIG PAMAP de manera que se realiza una combinación analítica de variables cuyos resultados se vuelcan sobre un mapa en el que se visibilizan las zonas potenciales.

En el cuadro 5.3.5. se reflejan los parámetros contemplados y los resultados de dicha investigación, que según sus conclusiones propondría la alternativa de Tunasani como el sitio potencial más apropiado para el emplazamiento de un nuevo relleno sanitario para el Municipio de Cochabamba a largo plazo (2017).

CUADRO 5.3.5. Evaluación de las Alternativas			
Alternativas/ Factores	Sehuenkhani	Thakoloma	Tunasani
Criterios de Localización	Aceptable	Aceptable(Acondicionada)	Aceptable
Invisibilidad ante el público	Favorable	Deficiente	Regular
Accesibilidad	Favorable	Regular	Regular
Material de cobertura	Suficiente	Suficiente	Suficiente
Tipo de Suelo	Arcilla-arenosa	Arena-arcillosa	Arena-arcillosa
Perfil Geológico	Muy Favorable	Regular	Favorable
Costo Anual de Inversión	9960 \$US/ha	10592 \$US/ha	12342 \$US/ha
Impactos ambientales positivos	Empleo y M.O.	Empleo y M.O.	Empleo y M.O.
Impactos ambientales Negativos	Compatibilidad con uso del suelo	Agricultura y Vista panorámica	Erosión del Suelo
Distancia de Acarreo	10.2 km	12.0 km	12.3 km

- o *Propuesta para la GIRS en Cochabamba.* Carola Ortuño. SwissContact.

Se trata de una propuesta de gestión comunitaria de los RS en complementariedad con la gestión pública. Para su realización se parte de un estudio realizado sobre el mercado de los residuos reciclables en Cochabamba, analizando tanto las características del trabajo de los recolectores como el de los centros de acopio y las empresas recicladoras. También se hace un sondeo de opinión en relación a las razones para separar y no separar la basura y quiénes considera la población que deben ser responsables de liderar un proyecto ambiental vecinal. En general son las OTBs y los municipios sobre los que se opina que debe recaer este trabajo, señalándose el sistema de reciclaje vecinal como el preferido por la población.

En base a estos preceptos, y con la experiencia de esta institución en el trabajo con el proyecto de Eco-vecindarios en ciertos barrios de la ciudad, se plantean las opciones para establecer un sistema de GIRS para la ciudad. El sistema planteado parte de la continuidad de los tres sistemas de recogida existentes en la actualidad (contenedores, recogida puerta a puerta y microempresas de recolección), así como de los centros de acopio privados. La propuesta pretende llegar finalmente a gestionar por un lado un sistema de microrecolección diferenciada y comunitaria en cada uno de los distritos que tenga como destino los centros de transferencia distritales. Desde estos, un sistema de macrorecolección municipal destinará cada fracción de residuos a los centros de tratamiento, empresas recicladoras y al relleno sanitario. En relación al tratamiento de residuos orgánicos, se trabaja en la complementariedad que suponen los sistemas de compostaje domiciliario, comunitario y municipal.

Como ya mencionamos, esta institución ha firmado recientemente un acuerdo con la municipalidad de Cercado para empezar a trabajar en una planificación para la GIRS en la ciudad.

5.3.4. Propuestas para una GIRS en el Cercado

En este apartado trataremos de establecer unos criterios para la planificación de un buen sistema de GIRS en el Cercado que se apoye en una perspectiva de sostenibilidad ambiental y social, y en una gestión descentralizada y comunitaria de, al menos, una parte del sistema.

En general, durante todo el periodo de esta investigación, el trabajo que se ha realizado se ha centrado en gran parte en el apoyo a colectivos sociales que buscaban plantear una alternativa frente a la necesidad del cese de la actividad del botadero de K´ara K´ara y al proyecto de una incineradora de combustión masiva de residuos sólidos que había sido ofertada al amparo de esta coyuntura a los municipios del Área Metropolitana de Cochabamba por una empresa denominada CINRIC S.A. Por otro lado, se han establecido interesantes contactos con el programa de Eco-Vecindarios de SwissContact, de los cuales surge una sorprendente coincidencia respecto a los criterios para la GIRS que esta institución, con una larga experiencia en el trabajo con residuos sólidos en los barrios del Cercado, está implementando desde principios de 2010 con gobierno municipal.

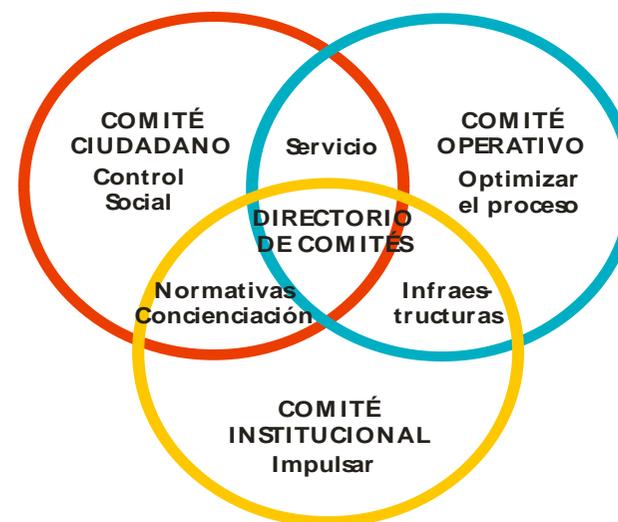
Como resultado de estos trabajos, y habiendo colaborado en la organización y dinamización del *Seminario-Taller de propuestas para la GIRS en el Área Metropolitana de Cochabamba* en Septiembre de 2009, se presentó allí una ponencia titulada *Planificación para la GIRS en Cochabamba* que tuvo muy buena acogida entre el público presente, vinculado desde distintas perspectivas a dicha problemática. El apartado que a continuación se desarrolla trata de resumir la investigación realizada, que a su vez se basa en el trabajo colectivo que se desarrolló durante el año, principalmente junto a los compañeros de la Comisión de Recursos Naturales del Colectivo Sur.

Planteamientos metodológicos para la GIRS

En primer lugar, se detectó la necesidad de establecer una metodología de trabajo adecuada para lograr un consenso entre todos los actores implicados en la gestión de los RS. En este sentido, se decidió realizar una adaptación de la metodología para la planificación de la GIRH propuesta por la Cap- Net y la GWP expuesta en el capítulo 5.2.2. de este trabajo. Así surgió la propuesta de conformar tres comités que permitieran articular a todos los actores en torno a la GIRs, cada uno de ellos con una composición y funciones específicas (Fig. 5.3.6):

- Comité ciudadano: conformado por las instituciones y colectivos ciudadanos encargados del Control Social.
- Comité Operativo: conformado por el conjunto de operadores privados y públicos que realizan la gestión de los RS.
- Comité Institucional: conformado por las OTBs, Municipios y los organismos departamentales.

Fig. 5.3.6. Directorio de Comités.



Existirían funciones propias de cada comité y otras compartidas, que deberían ser consensuadas y reflejadas en el plan (Fig. 5.3.6). Todos los comités conformarían un directorio que sería la entidad impulsora y con capacidad de decisión en relación a la GIRS y al Plan. Este organigrama podrá además ser repetido de forma orgánica en las distintas escalas de organización de la gestión como organismo de decisión (Área Metropolitana, Municipios, Distritos y OTBs.).

La incorporación de un equipo técnico para llevar a cabo las funciones operativas permitiría así dar comienzo a un proceso de planificación participativa para llegar a una resolución adecuada del problema.

A continuación expondremos las bases que desde este trabajo se plantean como propuesta para la GIRS en Cochabamba y que han sido contrastadas en los escenarios mencionados, aunque se entiende que sólo quedarían validadas tras un proceso real de participación y discusión por parte de la población y los actores implicados.

Planificación para la GIRS

Una vez analizadas las condiciones de partida y las potencialidades existentes (reflejadas en el capítulo 4.3), se planteó lo que definimos como la *visión*:

Lograr en 5 años consolidar un sistema de gestión descentralizada que permita para entonces recuperar el 50% de los residuos de la disposición final.

Para alcanzar la visión, las estrategias a seguir serían:

- Inducir a la reducción de la producción de residuos.
- Organizar el sistema de recojo de modo que se comprometa la clasificación en origen por los usuarios (domicilios, comercios, industrias, etc.)

- Administrar la gestión de los Residuos Sólidos recuperables para ponerlos en valor.
- Operativizar el traslado, almacenamiento, y especialmente la disposición final de los residuos no recuperables, en función a una mayor eficiencia en el uso del suelo, impacto ambiental y menores condiciones de riesgo para la salud.

Se reconocieron también los actores implicados, que se estructuraron en los siguientes grupos:

- Administración pública: Promotor, administrador y responsable de la gestión del sistema según la ley.
- Usuarios del sistema: Domicilios, comercios, industrias, obras, jardines públicos, etc. y productores de residuos en general.
- Productores de bienes de consumo: responsables del uso de todo tipo de envases y materiales que pueden ser reutilizados y reciclados.
- Operadores: EMSAs, microempresas y recolectores de todo tipo de residuos (desde escombros de obra hasta residuos reciclables, industriales y domiciliarios).
- Industria del reciclaje: industrias dedicadas al reciclaje de vidrios, plásticos, papel, metal... y todo tipo de derivados de residuos orgánicos (tierra vegetal, composta...).
- Entidades de organización vecinal (OTBs y Juntas Vecinales) y colectivos ciudadanos implicados e interesados en la GIRS.

Una vez identificadas las estrategias que se pretendían seguir, así como los actores implicados en la gestión, se especificaron cuáles deberían ser las acciones a realizar por cada uno de los colectivos, que se resumen en el cuadro 5.3.6. en relación a los cuatro objetivos principales a conseguir.

Cuadro 5.3.6. Acciones específicas de los colectivos implicados en la GIRS					
Actores	Administración Pública	Usuarios	Productores de bienes de consumo	Operadores	Ind. Reciclaje
Objetivos					
1. Reducción de la producción de RRSS.	Promulgar normativas e imponer tasas.	Información, posicionamiento activo: consumo, aprovechamiento, reuso y clasificación.	Reducción de uso de materiales no recuperables y sistematización para la reutilización de envases.	Gestión para el aprovechamiento máximo de los residuos recuperables.	Optimización de sistemas para la incorporación al reciclaje de elementos fuera de la reutilización.
2. Comprometer la clasificación.	Promover, concienciar, sistematizar y facilitar el recojo clasificado.	Separar en origen. OTBs: planificación y gestión del sistema descentralizado con vecinos y microempresas.	Señalar el uso de materiales reciclados/ables y biodegradables de sus productos.	Organización, operación y control de los flujos de materiales.	Creación de infraestructura para el reciclaje (plantas de tratamiento de residuos).
3. Proporcionar valor a los residuos recuperables.	Eficiencia en sistemas de recojo y clasificado. Incentivos. Apoyo a la inversión de tecnologías en el reciclaje.	Priorizar el uso de materiales reciclados y reciclables. Incorporación del valor añadido.	Usar materiales reciclados/ables y biodegradables para la producción y envasado.	Organizarse en cooperativas, optimizar la gestión y negociar adecuadamente los precios.	Rentabilización en base a relaciones comerciales justas y la optimización del proceso. Incorporación de tecnologías.
4. Traslado y disposición final eficiente.	Ubicación e inversión para la adecuación ambiental de la disposición final.	Pago de tasas por residuos, especialmente NO recuperables (RNR) y tóxicos (RT).	Responsabilidad empresarial en producción y deposición de RNR y RT.	Gestión eficiente para la minimización, clasificación y adecuada disposición de RNR y RT.	Optimización de procesos para la recuperación máxima de residuos.

Propuesta para la GIRS en el Cercado.

En base a estos objetivos se planteó una organización estructural para la GIRS en base a un modelo de gestión complementaria (Fig.5.3.8.):

- Gestión comunitaria de la recolección barrial, con separación en origen y transporte hasta los centros de transferencia distritales. En estos centros, siempre dependiendo de las posibilidades espaciales, se podría realizar el compostaje comunitario de la fracción orgánica para suministro de los jardines y huertos vecinales. También se realizaría la recepción, clasificación final y empaque de los residuos reciclables para su venta a la industria del reciclaje y el almacenamiento temporal de los restos no recuperables.
- Gestión municipal de la macrorecolección de todos los residuos especiales (voluminosos, peligrosos, etc), los residuos de instalaciones municipales (mataderos, cementerios, poda, mercados, etc.), residuos comerciales y todos los residuos no recuperables en los centros de transferencia distrital para su traslado a la/las plantas de clasificación, donde se realizarán procesos de compostaje industrial y venta de material reciclable a la industria del reciclaje. Estas plantas de clasificación se situarían preferiblemente junto a las instalaciones del Relleno Sanitario habilitado.

En relación a las infraestructuras, las dimensiones y características de cada una de ellas van a depender en gran medida del rango de población servida y de las posibilidades espaciales existentes.

Los centros de transferencia pueden encontrarse con distritos en los que puedan existir limitaciones espaciales que los restrinjan a una función exclusiva de clasificación y almacenamiento, y otros en los que se posibilite la incorporación de áreas de tratamiento de los residuos clasificados. También serán factores influyentes la población servida y las características

de los residuos del distrito en cuestión. En este sentido, SwissContact está trabajando en la actualidad en la elaboración de un estudio sobre las posibilidades de ubicación de estos centros distritales, que ya han comenzado a implementarse en los distritos 1, 2, 3, 4 y 13, todos ellos en la Zona Norte.

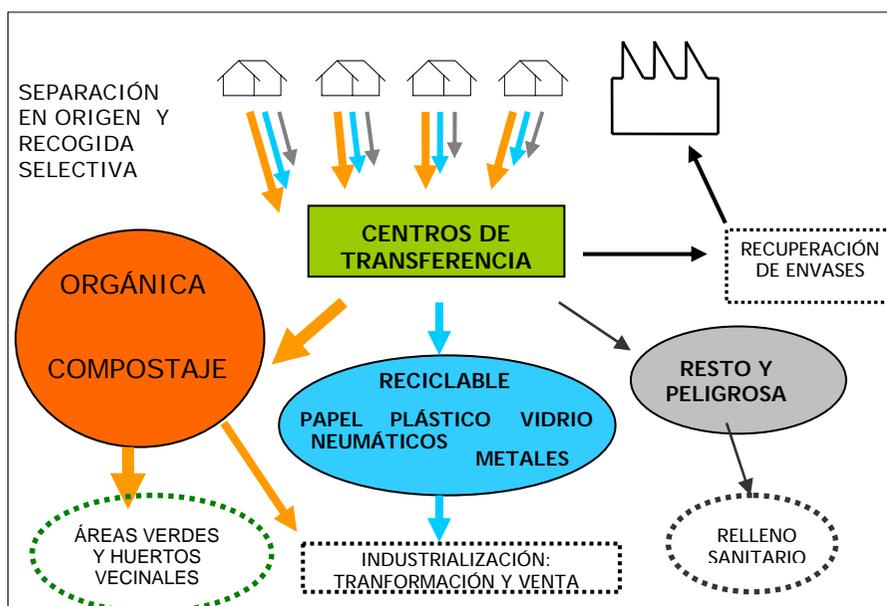
En relación a las Plantas de Clasificación y los rellenos sanitarios, el número y dimensión de los mismos pasa no sólo por una cuestión espacial, sino también de criterios ambientales y políticos. Desde hace un tiempo se habla de la imposibilidad de ubicación de áreas para la instalación de un relleno sanitario dentro del territorio del municipio de Cercado, aunque no existen en la actualidad estudios al respecto, si bien son conocidos los procesos de urbanización creciente y dispersa que se están produciendo en este territorio. En base a estas premisas se plantean dos posibilidades:

1. Construcción de uno o dos rellenos sanitarios mancomunados para el conjunto de poblaciones del área metropolitana. Se cuenta con la posibilidad de encontrar ubicaciones más idóneas debido, entre otros factores, a la menor entidad de población de los municipios colindantes, que sin embargo cuentan en algunos casos con grandes extensiones territoriales, y a menores exigencias superficiales puesto que la concentración en dos únicos puntos de toda la superficie minimiza la necesidad espacial para las áreas de protección perimetrales. Sin embargo entendemos que existen también una serie de inconvenientes: en primer lugar la necesidad de coordinación de los diferentes administraciones municipales durante un largo periodo de tiempo (mínimo 15 años), en segundo la ampliación de las distancias de transporte de los residuos, y por último la externalización de las cargas negativas desde los territorios más centrales hacia zonas periféricas, que pueden reproducir las tendencias de segregación hasta ahora existentes en el interior del municipio.

2. Construcción de varios rellenos sanitarios de menor tamaño en el interior del territorio de cada uno de los municipios de la Zona Metropolitana de Cochabamba. Entendemos que los problemas ambientales y sociales surgidos de la centralización de las cargas negativas de los servicios básicos podrían minimizarse si cada fragmento del territorio se ve obligado a asimilar esas cargas. En este sentido, sería necesario realizar un nuevo estudio exhaustivo de las posibilidades de ubicación existentes en base a un dimensionado de centros de tratamiento y disposición final de pequeña escala dentro de los municipios.

A priori, la primera opción parece más sencilla e incluso más barata que la segunda, pero entendemos que implica riesgos ambientales y sociales mucho mayores, por lo que sería necesario un estudio específico para poder tomar una decisión adecuada.

Fig. 5.3.7. Estrategia de GIRS para un objetivo de *Basura 0*

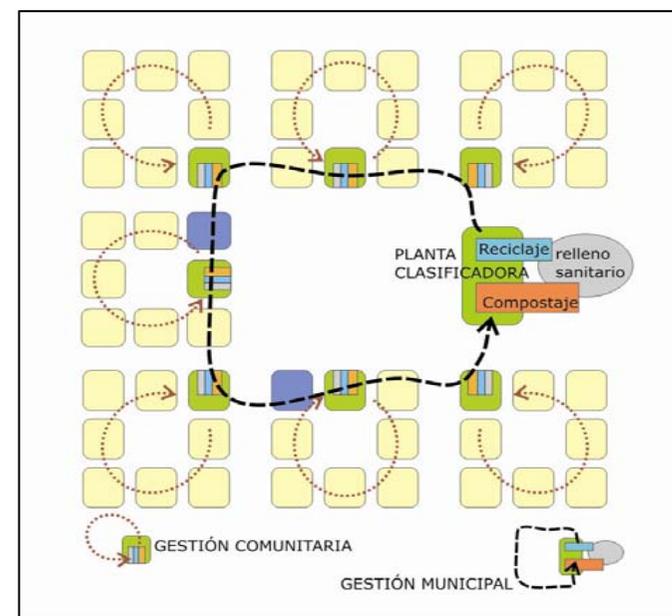


En definitiva, se propone el desarrollo de un SGIRS basado en la minimización de la producción de residuos, la optimización de los procesos de recuperación de materiales, la incorporación de tecnologías apropiadas al contexto, la creación de puestos de trabajo y economía social, y en el aprovechamiento de los potenciales que los residuos brindan para el desarrollo social, minimizando los impactos sobre el medio ambiente.

Para ello se propone limitar las funciones de gestión municipal a la macrorecolección y operación de los rellenos sanitarios, de modo que se extienda la creación de cooperativas microempresariales para los trabajos de recolección y acopio en los centros distritales, así como para los procesos de transformación de materiales (reciclaje y compostaje).

Es en esta línea que se está trabajando en el Cercado en esta nueva etapa desde principios del año 2010, tal y como explicamos en el punto anterior.

Fig. 5.3.8. Propuesta para un sistema de GIRs para Cochabamba.



5.4. POSIBILIDADES DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL CERCADO.

Como hemos visto en el capítulo anterior, el servicio de energía eléctrica es el que cuenta con una mayor cobertura en el área urbana de Cochabamba, llegando casi al 90%. Sin embargo, también podíamos observar cómo las subidas tarifarias que se produjeron, sobre todo en el sector doméstico, como consecuencia de la privatización limitan en gran medida el uso de estos servicios por las familias de menores recursos. Por esta razón, y por los importantes potenciales existentes en las energías renovables, entendemos que pueden ser interesante incorporar estos sistemas para aumentar la calidad de vida de determinados sectores de la población e incluso para contribuir a su capacidad productiva con menores costos ambientales y económicos.

Para ello en primer lugar daremos los argumentos que sustentan la tendencia propuesta a la descentralización de los sistemas energéticos a partir del uso de las renovables, basándonos en gran medida en las aportaciones realizadas por el Dr. Valeriano Ruiz en su libro *“El reto energético”*. Continuaremos con una muestra de sistemas de aprovechamiento de energías renovables descentralizados y de pequeña escala existentes. Repasaremos también algunas experiencias desarrolladas en Bolivia y finalizaremos señalando qué tecnologías cuentan con una mayor posibilidad de éxito en la ciudad de Cercado.

5.4.1. Calentamiento global y consumo energético: hacia un modelo descentralizado de producción de energía.

En los últimos años han comenzado por fin a extenderse los conocimientos acerca de la fuerte relación entre los efectos negativos para nuestro entorno, tanto a nivel global (cambio climático) como local (lluvias

ácidas, contaminación...) y las interacciones que genera el sistema energético convencional en el Medio Ambiente. Aunque no redundaremos particularmente en estos argumentos por entenderlos conocidos, sí nos gustaría señalar cómo existe también un acuerdo generalizado en señalar a las energías renovables y al ahorro y la eficiencia energética como única solución que en el futuro permitiría una actividad humana de calidad y sostenible (Ruiz, V. 2006).

La electricidad es uno de los más importantes hitos en el desarrollo de las tecnologías energéticas surgidas en el siglo XVIII, y ha supuesto desde entonces una auténtica revolución tecnológica y un vuelco en las posibilidades de mejora de la calidad de vida de los seres humanos.

En general en el mundo “desarrollado” la energía eléctrica es generada en grandes instalaciones de acuerdo a un modelo centralizado. El proceso suele comenzar en una mina o yacimiento de donde se extrae la materia prima que servirá como combustible. En este paso se producen ya fuertes impactos y contaminaciones sobre las regiones donde se sitúan estas explotaciones, con incidencia principalmente local, encontrándose alejadas de los espacios centrales (yo especificaría algo más, “en las grandes ciudades donde se producen los consumos más intensos”). A continuación estas sustancias energéticas (electricidad y combustibles fósiles sobre todo) (yo preferiría llamarles formas energéticas obtenidas (porque llamar sustancia a la electricidad me cuesta trabajo)) tienen que ser transportadas, provocando impactos y conflictos ya sea en relación a la construcción de conductos como a los demasiado frecuentes accidentes en los medios de transporte (barcos generalmente), por no hablar del gasto energético que representa dicho transporte (pérdidas de hasta el 10 % en el caso de la electricidad). Finalmente la energía intermedia correspondiente (yo le llamo energía intermedia a la electricidad y los combustibles) llegará a la central donde se produce la generación eléctrica. Todo el párrafo anterior me resulta un poco confuso (si quieres te lo

redacto entero). Estos lugares, normalmente ubicados en las regiones donde se consume la energía, pero lejos de los centros de consumo, generan a su vez fuertes impactos ambientales tanto globales como locales, uno de los cuales es la cesión al ambiente de aproximadamente 2/3 de la energía primaria consumida, es decir, el doble de la energía obtenida (Ruiz, V. 2006). Bueno, ya veo que tu lo tienes claro; con unos retoques en la redacción –que te voy a hacer yo- quedará todo claro.

Continuando con el proceso, la electricidad deberá ser transportada a los lugares de consumo, que en general están alejados de los de producción y dispersos en el territorio, lo que implica una pérdida de aproximadamente el 10% de la energía a través de las líneas de alta tensión. Finalmente será necesario ubicar, ya cerca de las áreas centrales, instalaciones de transformación con la consiguiente concentración de las líneas de transporte.

Se evidencia en este proceso, por un lado, las ineficiencias ligadas a los procesos centralizados de generación energética (dado que el consumo es irremediablemente descentralizado), y por otro la gran cantidad de fenómenos de externalización de cargas negativas que traen consigo.

En el sistema eléctrico se ha vendido y aplicado sistemáticamente la idea de que mientras más grande sea la instalación, más sofisticada tecnológicamente puede ser y, como consecuencia, se consigue mayor rendimiento. Sin embargo, el rendimiento no depende del tamaño, en principio, sino más bien de la tecnología que se emplee y del diseño del conjunto del sistema, pudiendo ser mucho mayor si, por ejemplo, se aprovecha el calor residual a través de la cogeneración, como ya ocurre en algunos sistemas autónomos en los que, a través de un motor, se produce energía eléctrica y se aprovecha el calor residual, obteniendo mucha más energía útil a partir de la misma cantidad de combustible. Es lo que se conoce como máquina de cogeneración. (Ruiz, V. 2006).

En relación a la interacción con el medioambiente es evidente que la descentralización del sistema propicia en mayor medida el uso masivo de energías renovables, además de acercar los puntos de generación y consumo (minimizando los impactos y las pérdidas en el transporte) y haciendo más presente para el consumidor las consecuencias de su consumo, así como obligándolo a asumir la responsabilidad de las cargas derivadas de este. En general se trata de un sistema más eficiente, que consume menos energías primarias y además en mayor medida renovables, produciendo menor contaminación y mayor autonomía, lo cual le proporciona un alto nivel de sostenibilidad. (Ruiz, V. 2006).

Consumo energético en el Mundo y en Bolivia

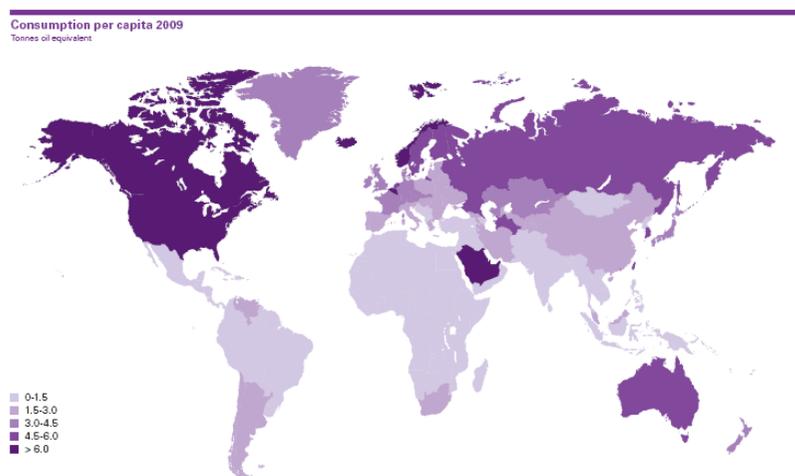
Es conocido el hecho de que los países más ricos son los que más energía consumen, normalmente además de manera muy poco eficiente. Como referencia de consumo en los países más desarrollados podemos utilizar el valor medio de 7.496 kWh/hab.año para 1999 (en general cualquier valor por encima de los 4.000 kWh/hab.año significa un exceso de consumo), siendo el valor medio mundial para ese mismo año de 2.066 kWh/hab.año. En el otro extremo, uno de los países con menor consumo, Mozambique, tan sólo alcanzó los 53kWh por habitante para 1999 (Ruiz, V. 2006), mientras que otros países como China o India (los denominados emergentes) aumentan sus consumos de manera exponencial en los últimos años. Si quieres tengo datos mucho más recientes.

En el caso de Latinoamérica, la media de consumo se encontraba en torno a los 1.600 kWh/hab.año para 2005, cifra que viene en aumento desde el año 1995 y que resulta relativamente alta a causa del consumo de países como Chile o Argentina. Sin embargo Bolivia, aunque sigue la misma dinámica en relación al crecimiento del consumo, se encuentra muy por debajo de estas cifras, con 408 kWh/hab. para ese mismo año (Koch, S. 2007), siendo uno de los consumos más bajos de la región. Esta energía es principalmente destinada a los hogares, tan sólo superados por el sector industrial en Oruro y Potosí, gracias a la minería (Villegas, P. 2008), y se reparte de manera desproporcionada entre las zonas urbanas y las rurales.

En relación a la disponibilidad de fuentes energéticas en el Mundo, por todos es conocida la influencia que el mercado de las energías convencionales, principalmente el petróleo, está teniendo sobre las relaciones geopolíticas, tema que por su complejidad no vamos a abordar en este trabajo.

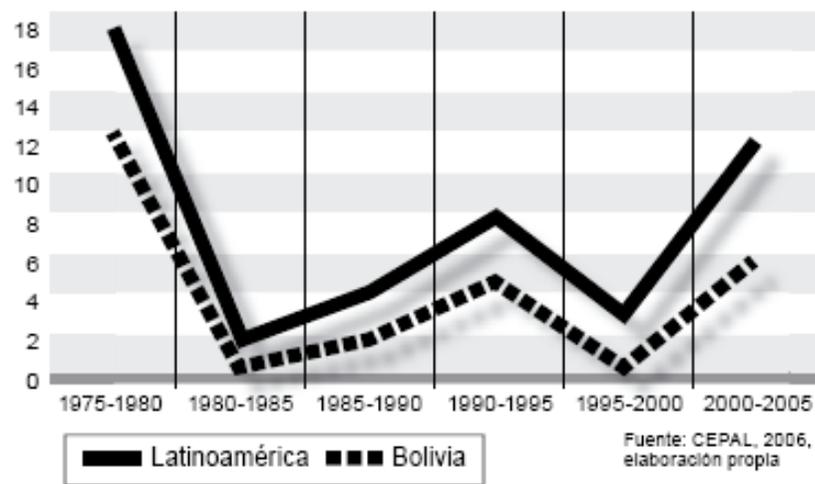
Sin embargo, sí nos parece interesante hablar acerca de la distribución de los recursos correspondientes a las energías renovables. En general se trata de recursos muy diversificados y con importantes potenciales en los países empobrecidos. En relación a la energía solar, su distribución favorece a los países con un menor consumo, lo cual la convierte en una expectativa para el futuro de esta parte del mundo. En el caso de la hidráulica, son grandes los recursos aún no explotados en regiones poco favorecidas económicamente como la Andina. De hecho, Bolivia es un gran ejemplo de los argumentos que estamos exponiendo, tal y como analizábamos en el capítulo 4, aunque también hablábamos de los inconvenientes en relación a la implementación de estas energías que existen en este país.

Fig. 5.4.1. Consumo de energías primarias en el Mundo (Ton. petróleo equivalente per cápita. 2009)



Fuente: BP Statistical Review of World energy 2010.

Fig. 5.4.2. Variación del consumo de energía anual en Bolivia y Latinoamérica



Fuente: CEPAL 2006 en Villegas, P. 2008.

Por un lado, encontramos que sus bajos niveles de consumo energético, y por ende de producción de gases de efecto invernadero vinculados a ésta, le proporcionan un amplio margen en relación a otros países en lo que se refiere a los mal llamados "*derechos de emisión*". Este hecho, unido a la disponibilidad de combustible fósil y a los menores costos que representa la construcción de centrales térmicas hace que en general el mercado muestre cierta tendencia al aumento de este tipo de instalaciones. Sin embargo, tal y como hemos visto en el capítulo anterior, también existe un gran potencial hidráulico que en la actualidad proporciona aproximadamente la mitad de la energía demandada en el país, y que, por otro lado, desde el Estado se está impulsando con el objetivo de producir energía para la exportación.

Finalmente, cabría mencionar los conflictos de intereses que se producen entre la buena gestión de la energía, incluyendo el ahorro y la eficiencia, y las grandes empresas de producción eléctrica y de bienes y servicios que requieren de esta fuente. En general, los países tecnológicamente dominantes venden sus tecnologías energéticas y transmiten su cultura de consumo a los países en *desarrollo* (Ruiz, V. 2006), en muchas ocasiones apoyándose en los programas de electrificación impulsados por organismos internacionales como el FMI y el Banco Mundial. No pretendemos negar el derecho que tiene todo el mundo a acceder a un servicio de suministro de energía eléctrica que le permita dignificar y aumentar su calidad de vida, así como su capacidad de producción, pero entendemos ingenuo el no contemplar el hecho de que la llamada *democratización energética* está movida no sólo por razones humanitarias, sino también por un interés en generar dependencias en relación al consumo en todos los lugares del globo.

5.4.2. Ahorro energético y aprovechamiento mediante sistemas pasivos de las energías renovables.

Por todos es conocida la frase que habla de que *la mejor energía es aquella que no se consume*. En este punto trataremos de lanzar algunas premisas en relación a las posibilidades de satisfacer las demandas energéticas de la sociedad con el menor consumo posible.

Aprovechamiento por medio de sistemas pasivos de las energías renovables.

Se trata principalmente del diseño de espacios y mecanismos que, sin necesidad de transformar las fuentes primarias de energías renovables, son capaces de aprovecharlas para proporcionar un servicio optimizado. Estos principios son los que se aplican a la arquitectura bioclimática principalmente, y consistirán en cuidar el diseño tanto de edificios como de espacios abiertos teniendo en cuenta la posición relativa del espacio considerado en relación al sol y a los vientos dominantes, además de las propiedades ópticas y térmicas de los materiales (López de Asiain, J. 2000).

Normalmente serán las necesidades relativas a la iluminación y al confort climático las que principalmente podrán ser satisfechas con este tipo de estrategias. Para ello, es esencial partir de un conocimiento exhaustivo de dos aspectos fundamentales:

- Las condiciones del usuario respecto al espacio. Tipología edificatoria, programa y exigencias de uso (necesidades de iluminación y confort), ganancias internas de calor, además de un conocimiento relativo al comportamiento fisiológico de los usuarios respecto a su entorno en relación a estos aspectos.
- Las condiciones del contexto en el que nos situamos. Microclima, radiación y geometría solar, vientos dominantes, topografía y

elementos del entorno, además de consideraciones en relación a aspectos culturales, constructivos, de materiales, etc.

En general tendremos que atender principalmente dos demandas:

- Iluminación: diseñar de manera que se consiga un aprovechamiento máximo de la iluminación natural para aquellos espacios en donde existe una mayor exigencia en este sentido.
- Confort climático: conseguir condiciones adecuadas de temperatura y humedad sin necesidad de incorporar máquinas de climatización la mayor parte del año. Para ello será importante realizar un diseño en el que optimicemos las ganancias y acumulación de calor en los meses de invierno en el interior del edificio, así como la protección respecto a la radiación solar y la ventilación fresca natural en los meses de verano. Las estrategias bioclimáticas de confort climático se basan principalmente en la combinación de la ventilación, la inercia térmica y la protección o captación de la radiación solar dependiendo de las condiciones del microclima en el contexto en cada época del año, aprovechando las propiedades de los materiales constructivos, principalmente *transmitancia*, *absortancia* y *reflectancia*.

Ahorro y/o eficiencia energética.

Definiremos así a los mecanismos a través de los cuales minimizamos el consumo de energía necesario para conseguir un servicio determinado. Pueden ser aplicados a aspectos muy diferentes del consumo energético de las sociedades, que van desde las satisfacciones de confort en la vivienda y los espacios de trabajo y esparcimiento, hasta la producción industrial, el transporte, etc.

Podemos vincularlo a dos aspectos fundamentales:

- Adquisición de hábitos de comportamiento que impliquen menores consumos energéticos, *usando eficientemente* las máquinas que consumen energía (apagarlas cuando no son necesarias, aprovechar sus rendimientos, combinar diferentes usos...), además de aprovechar las condiciones naturales descritas en el punto anterior antes de poner una de estas máquinas en funcionamiento.
- Uso de máquinas con una mayor *eficiencia energética* demostrada. Ejemplo de ello pueden ser electrodomésticos y lámparas de bajo consumo, y en general cualquier máquina de producción, transformación o consumo energético diseñada para lograr una alta eficiencia en el uso de dicha energía. La cogeneración y los sistemas híbridos (abastecidos gracias a la combinación de fuentes renovables y no renovables y de fuentes renovables entre si) podrían ser incluidos también dentro de esta categoría.

5.4.3. Sistemas descentralizados de producción energética con fuentes renovables.

En este punto trataremos de describir de una manera sucinta cuáles son las tecnologías existentes de aprovechamiento de las energías renovables para su transformación en electricidad que son más usuales y tienen mayores posibilidades de aplicación en sistemas descentralizados.

En general definiremos las fuentes de energía renovables como aquellas formas de energía que se reproducen temporalmente con periodos fijos o variables. Se incluyen dentro de ellas la solar, hidráulica, biomasa, eólica, de las mareas, de las olas, geotérmica, térmica y salina (Ruiz, V. 2006). Nosotros vamos a ocuparnos en este caso de las cuatro primeras.

Sistemas descentralizados de producción y gestión de la energía

Como ya mencionábamos al principio de este capítulo, la producción centralizada de la energía y, como consecuencia, alejada del consumo, que es irremediablemente descentralizado, trae consigo una serie de desventajas en relación a la sostenibilidad de estos mecanismos.

En general lo que se propone en este trabajo es una generación distribuida de las energías intermedias y un uso prioritario de fuentes renovables. Esta descentralización permite, por un lado, acercar los puntos de producción y consumo de la energía, de modo que se minoran las pérdidas que en los sistemas centralizados se generan entre estos dos puntos, además de posibilitarse una disminución de las pérdidas existentes en la producción gracias a la combinación de diferentes mecanismos de aprovechamiento a través de la filosofía de la cogeneración y de la gestión inteligente del conjunto (concepto de generación distribuida y smart grid).

Por otro lado, en relación a la interacción con el medioambiente, la descentralización propicia el uso de energías renovables, más distribuidas en el territorio y con muchas menores cargas contaminantes que las energías convencionales, además de posibilitar una mayor eficiencia y con ello un menor consumo y una distribución más equitativa de dichas cargas.

Finalmente, la distribución en el territorio de los mecanismos de producción energética permitirá diversificar tanto el desarrollo tecnológico como la demanda de personal, proporcionando una mayor cantidad de puestos de trabajo y más repartidos por el territorio (Ruiz, V. 2006).

Tecnologías de conversión de energía solar

La energía solar produce efectos muy diversos al incidir sobre los materiales y cuerpos con los que interacciona. Esos diversos efectos se originan en la excitación energética de los componentes atómicos y

subatómicos de los materiales, dando lugar a procesos químicos o bioquímicos así como a simples transformaciones energéticas con o sin cambio de la estructura física interna. En general nos fijaremos en las transformaciones de la radiación solar en energía de tipo térmico (fototérmica) y las de tipo eléctrico (fotovoltaica). (Ruiz, V. 2006)

o *Captación Fototérmica.*

La radiación solar modifica el estado de agitación de los componentes moleculares y atómicos de los materiales produciendo un aumento de su energía interna que se traduce, si no hay cambio de fase, en un aumento de su temperatura. Las propiedades básicas de captación térmica de la radiación por los materiales son la absorptancia (α), transmitancia (τ) y reflectancia (ρ), relacionadas entre sí a través de una ecuación sencilla obtenida por el principio de la conservación de la energía:

$$\alpha + \tau + \rho = 1$$

según la cual la energía solar que llega a un material es igual a la que se refleja, más la que lo atraviesa y más la que absorbe (Ruiz, V. 2006) .

Denominaremos *Sistemas Fototérmicos Activos* a aquellos sistemas de conversión fototérmica de la radiación solar que incluyen algún tipo de movimiento de un fluido. En función a su temperatura de operación, se clasifican en (Ruiz, V. 2006):

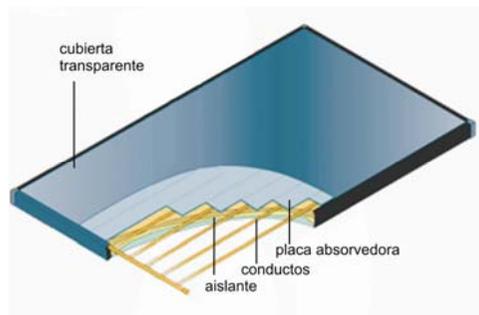
- Baja temperatura: Cuando el calentamiento del fluido se produce a temperaturas inferiores a 100 °C.

El efecto de calentamiento del fluido se produce a través de unos dispositivos que denominamos *captadores solares*. Estos están compuestos por una cubierta transparente, que es la que facilita el denominado *efecto invernadero* (refuerza la absorción térmica al aprovechar la opacidad del vidrio a las radiaciones de baja frecuencia),

una serie de conductos de un material con alta absorción por los que discurre el fluido, y que pueden estar incorporados dentro de una *placa absorbidora*, normalmente metálica, que incrementa la capacidad de transmisión de calor hacia el fluido. Finalmente dicho fluido transportará la energía térmica conseguida hasta el punto de consumo, normalmente a través de un depósito acumulador que suele funcionar, además, como intercambiador de calor. El captador se completa con una caja construida con un material aislante que evite pérdidas de calor por la parte posterior. Los captadores térmicos cuentan ya con diferentes tipologías en la que se perfeccionan estos mecanismos gracias a tecnologías más desarrolladas, como pueden ser los tubos de vacío, hoy mayoritarios en el mercado en base a la gran cantidad de estos elementos que se fabrican y se instalan en China; por el lado negativo hay que decir que su calidad y durabilidad dejan mucho que desear.

Se utilizan normalmente para la producción de agua caliente para cualquier uso, normalmente en el ámbito doméstico, en hoteles, hospitales, etc.

Fig. 5.4.3. Sistemas de captación fototérmica.



Arriba: Sistema de baja temperatura. Captador plano.

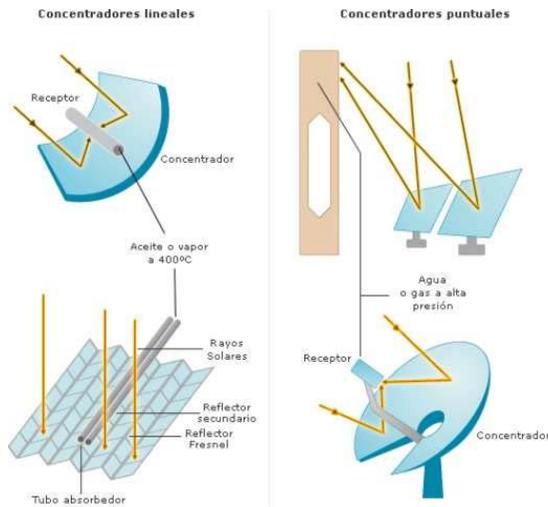
- Media Temperatura: entre 100-400 ° C.

Para conseguir estas temperaturas es necesario incorporar dispositivos con elementos de concentración de la radiación, e incluso con elementos de movimiento que permitan seguir al sol en su recorrido. Los más frecuentes son los CPC (Compound Parabolic Concentrator) utilizados para sistemas de climatización frío-calor con máquinas de absorción, y los concentradores de canal parabólico (que pueden tener mecanismos de movimiento con eje horizontal y orientación norte-sur o este-oeste) utilizados para la producción de energía termoeléctrica o para aportación de calor en procesos industriales. Recientemente están incorporándose al mercado otros dispositivos muy interesantes en este ámbito que son los llamados "reflectores de Fresnel" .

- Alta Temperatura: por encima de los 400 ° C:

Han de utilizarse dispositivos cuya geometría permita concentrar la energía en un solo punto. Los más conocidos son los discos parabólicos, muy utilizados junto con motores Stirling situados en el foco y que, aunque están en los comienzos de su comercialización masiva, presentan potencialidades muy significativas en este sentido gracias a su gran modularidad y a que no necesitan agua para la refrigeración de su ciclo de potencia; y los helióstatos con receptor central, en el que se trata de un conjunto de espejos móviles que concentran la componente directa de la radiación hacia un receptor que suele colocarse en la parte alta de una torre donde se produce el calentamiento del fluido de transporte. La principal aplicación de estos sistemas es la producción de calor y/o electricidad, como instalación única o, preferentemente, dentro de un sistema híbrido.

Fig. 5.4.4. Sistemas termosolares de media y alta temperatura.



o *Conversión fotovoltaica*

En este caso se obtiene energía eléctrica por la conversión de la radiación solar a través del elemento básico que conforma este tipo de dispositivos, la célula fotovoltaica, formada usualmente por silicio dopado con boro y fosfato. Las células se agrupan en serie y/o paralelo encapsuladas en paneles que proporcionan el voltaje y la intensidad adecuados para la aplicación deseada. (Ruiz, V. 2006).

La caracterización del panel se realiza en unas condiciones de referencia para las que se toma una temperatura de 25°C y una radiación solar de 1000 w/m². La potencia que se mide en estas condiciones es la que se denomina *potencia pico* y es la que el fabricante proporciona con el panel.

Las instalaciones con paneles fotovoltaicos se clasifican principalmente en dos tipos:

- Instalaciones aisladas: se realizan para edificaciones o conjuntos que se encuentran alejados de la red eléctrica, precisando algún elemento que permite el almacenaje de la energía (baterías). Se aplica también para el bombeo de agua para diferentes usos, de manera que el agua almacenada en un depósito en altura actúa como elemento de acumulación de la energía. También se usa para permitir instalar iluminación en elementos de señalización aislados en el territorio (carreteras, boyas marinas, fluviales, etc.).
- Instalaciones conectadas a la red: en este caso se incorpora un inversor que transforma la corriente continua (cc) producida por el panel en corriente alterna (ca) que es inyectada a la red eléctrica general. Son cada vez más usuales estas instalaciones sobre todo en países como España donde la energía producida de este modo cuenta con primas que le dan un valor económico mayor al valor de mercado, de modo que la instalación de las placas se rentabiliza gracias a la venta de la energía producida.

Fig. 5.4.3. Panel solar Fotovoltaico.



Fuente: ISOFOTÓN. Lillo, I. 2007.

Energía Hidráulica

En este caso, es la energía potencial de una masa de agua o la energía cinética de una corriente de agua la que produce el giro de un eje que es el que conectado a algún mecanismo produce trabajo (Ruiz, V. 2006).

Desde la antigüedad la energía hidráulica ha sido aprovechada a través de las norias y los molinos, ya sea para elevar el agua o para realizar algún tipo de trabajo. Con la aparición de la electricidad, se sustituyeron éstos mecanismos y se incorporó una dinamo o un alternador al eje del molino a través del cual se producía la energía eléctrica. Esta tecnología está muy extendida en la actualidad, normalmente vinculada a la construcción de embalses de agua cuyo salto de agua es aprovechado para este uso, aunque también a veces se aprovecha directamente un salto natural de agua o la corriente de un río. Conviene señalar en cualquier caso que existen diferentes tipos de centrales de producción hidroeléctrica clasificadas según su potencia:

- Centrales: >5MW
- Pequeña central: 500-5000 kW
- Minicentral: 50-500 kW
- Microcentral: 5-50 kW
- Picocentral (pCH): 0,2-5 kW

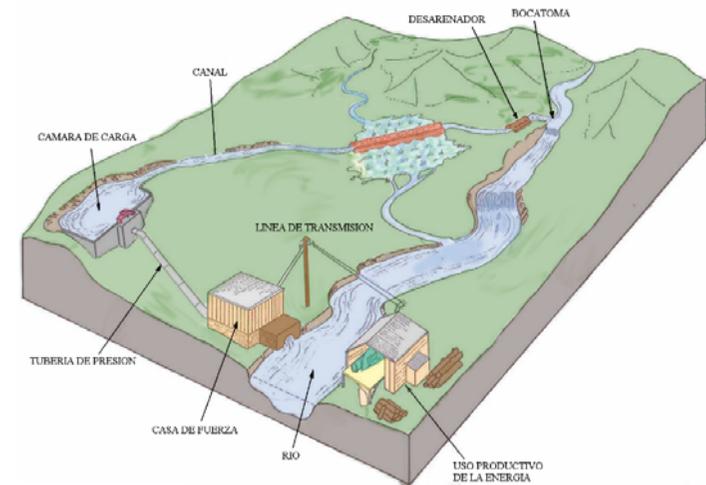
Los componentes principales de estas instalaciones son: toma de agua, presa, desarenador, cámara de carga, tubería de presión y casa de máquinas, aunque variarán en función del tipo de central (Fig. 5.4.4.)

La potencia de una central hidroeléctrica viene definida por:

$$P = K * h * q$$

siendo K el coeficiente en relación a la turbina utilizada (4.5-6), h (m) la altura del salto de agua y q (m³/s) el caudal del flujo de agua.

Fig. 5.4.4. Mini y picocentrales hidroeléctricas.



Fuente: Dávila, C. 2009.



Imagen de dos picocentrales hidroeléctricas en operación: una de caída y otra flotante hidrocinética.

Dentro de las centrales hidroeléctricas de pequeña escala encontraremos en general dos tipologías: las de caída, en las que se aprovecha la energía generada gracias a un salto de agua (hasta 250 w con caídas de 7m y un caudal de 6,5 l/s), y las flotantes, en las que se aprovecha la energía proporcionada por un caudal mayor de agua a menor velocidad (con $v=1,5-2$ m/s se pueden obtener $P=0,5-2$ kW). La tipología de la turbina se seleccionará en función a estos parámetros (h o v de caída y caudal (q) de la corriente de agua), pudiendo ser turbinas Pelton, Turgo, Michell-Banki, axiales, tornillo de arquímedes, y flotantes o de río.

Conviene destacar también las posibilidades que el bombeo de agua y su acumulación en depósitos en altura, como mencionábamos anteriormente, representan como sistema de acumulación de energía, de modo que la combinación de centrales hidroeléctricas con otro tipo de energías renovables, en pequeña y gran escala, pueden ofrecer interesantes soluciones dentro del concepto de generación descentralizada en el que estamos trabajando.

Energía eólica

En este caso es la energía del viento la que pone en funcionamiento un mecanismo de aspas que produce trabajo. También muy utilizado desde el siglo XV gracias a los famosos molinos de viento, tuvo un gran florecimiento en el siglo XIX cuando aparecieron las máquinas multipalas, que se han mantenido hasta hace poco tiempo (Ruiz, V. 2006).

La aleatoriedad del recurso se convierte en este tipo de instalaciones en un inconveniente que es necesario considerar, de modo que la energía producida ha de inyectarse a la red general o incorporar algún mecanismo de acumulación con agua o baterías. El tamaño de estos mecanismos, y por ende su potencia, han ido aumentando y en la

actualidad se construyen grandes molinos que pueden alcanzar los 2 MW de potencia por unidad.



Instalación de un sistema eólico de baja potencia en Perú.
Escobar, R. 2009.

Biomasa

Se define la biomasa como el conjunto de materia orgánica, de producción reciente, de origen vegetal, animal o procedente de su transformación. La cantidad de biomasa sobre el Planeta Tierra representa un recurso muy significativo, pero cuyo aprovechamiento presenta aspectos contradictorios (Ruiz, V. 2006).

Por un lado, se trata de un recurso tradicionalmente usado y que constituye en algunas ocasiones la única fuente energética de poblaciones ubicadas en áreas remotas y con escaso desarrollo tecnológico. Sin embargo, el uso generalizado y, sobre todo, excesivo y descontrolado de esta fuente puede provocar tanto un exceso de emisiones de CO₂ como una

influencia sobre los precios de mercado de ciertos insumos que a priori se comercializaban para alimentar a las personas y/o a los animales, perjudicando normalmente a las poblaciones más vulnerables, así como el tipo de cultivos a los que se destina la tierra en relación a su productividad económica en determinados territorios.

Sin embargo, se trata de una excelente fuente energética sobre todo cuando el recurso utilizado es el deshecho de alguna otra actividad humana, animal o industrial. Nos referimos por ejemplo a la degradación anaerobia de residuos sólidos orgánicos de cualquier origen (tal y como veíamos en el punto 5.3.2.) con los denominados biodigestores, en los que el metano producido puede ser captado. La combustión de este gas permite, por un lado la producción de energía térmica, y por otro la descomposición en gases de menor efecto invernadero. También se está extendiendo mucho la utilización de restos de la industria agraria para la fabricación de *pets* que alimentan máquinas de combustión que se utilizan para la producción de energía térmica.

Hibridación y cogeneración.

Una de las formas más eficientes de mejorar el comportamiento de un sistema energético es ajustar el consumo a la generación y viceversa, y uno de los inconvenientes más importantes que presenta la electricidad es su almacenamiento (Ruiz, V. 2006). Teniendo en cuenta además que las energías renovables suelen estar caracterizadas por no ser fuentes constantes, la combinación de diferentes fuentes de energía y/o mecanismos de transformación de la energía generada pueden ser muy útiles a la hora de conseguir la máxima eficiencia dentro de un sistema.

La cogeneración se define como la generación combinada de calor y electricidad en la misma máquina térmica (Ruiz, V. 2006). Partimos de la gran cantidad de pérdidas de calor que se producen en una máquina térmica (hablábamos de 2/3 aproximadamente de la energía consumida)

para introducir mecanismos que permitan el aprovechamiento de este calor para el calentamiento de un fluido, normalmente agua. Es lo que conocemos como la máquina de cogeneración.

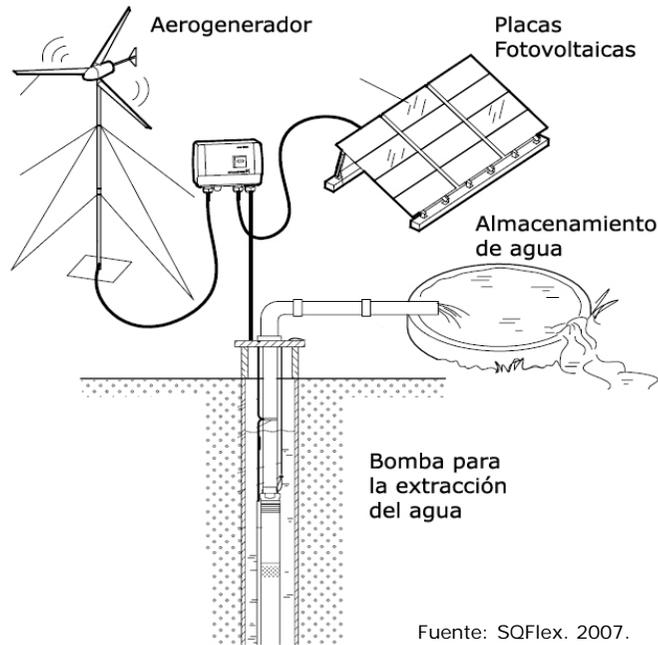
En el caso de la hibridación utilizamos varias fuentes energéticas de manera complementaria de modo que ajustemos lo máximo posible la producción al consumo. Puede tratarse de la combinación de una fuente energética almacenable (gas, biocombustibles o agua) como complemento de otra fuente energética que no sea constante ni almacenable (viento, sol, etc.), o una fuente renovable con otra que no lo es, etc.

Como ya hemos insinuado en los puntos anteriores, se trata de una alternativa muy interesante en todos los niveles de producción eléctrica, pero especialmente en el tipo de generación que estamos proponiendo desde este trabajo, descentralizada y basada en las energías renovables.

A gran escala, podemos decir que el Sistema Interconectado Nacional de Bolivia es un sistema híbrido en el que, gracias a la planificación del Centro Nacional de Despacho de Carga, se utiliza todo el potencial hidroeléctrico existente en cada momento y se complementa, hasta llegar a la electricidad demandada, con la producción de energía térmica.

Existen también interesantes investigaciones en relación a la combinación de energías renovables para conseguir una oferta constante de electricidad. Por ejemplo, la combinación de instalaciones fotovoltaicas o eólicas cuya producción de energía se emplea, por un lado, para el abastecimiento a la red, y por otro al bombeo de agua a depósitos elevados que, cuando no hay viento o sol, se hace pasar a depósitos a menor altura accionando las correspondientes turbinas hidráulicas. En esta línea, en España se está terminando la construcción de una planta eólico-hidráulica en la Isla de Hierro.

Fig. 5.4.5. Utilización de energía eólica y solar para el bombeo de agua.



5.4.4. Experiencias en sistemas descentralizados de energías renovables en Bolivia.

Como ya mencionábamos en el capítulo anterior, en Bolivia la implementación de sistemas descentralizados de producción de energías renovables está íntimamente ligada a la electrificación rural, ya que será en estos casos en los que estas energías resulten la opción con mayor rentabilidad. El estudio más completo y reciente en este sentido lo realiza el Dr. Ing. Walter Canedo en el año 2005 titulado "Diagnóstico del sector energético en el Área Rural de Bolivia", en el que se dedica un capítulo al análisis del mercado de las energías renovables.

Por otro lado, desde el año 2005 la Asociación Catalana de Ingenieros Sin Fronteras ha impulsado el Programa Andino de Electrificación Rural y Acceso a Energías Renovables (PAER), que se desarrolla en la actualidad en Ecuador, Perú y Bolivia. Este programa pretende facilitar el acceso universal a los servicios energéticos a través del desarrollo de capacidades y en la ejecución de proyectos demostrativos.

Energía solar en Bolivia

Se trata de uno de los recursos renovables más importantes y que se hace más factible para la utilización en electrificación básica de hogares rurales y también en pequeños usos productivos y sociales. En Bolivia, el número de "horas de sol máximo" sobrepasa en algunas zonas las 2000 horas/año, principalmente en el altiplano, siendo más bajas en las zonas amazónicas, donde pueden caer por debajo de las 1600 horas/año.

Entre 1992 y 1996 se lleva a cabo un importante proyecto de impulso a la energía solar fotovoltaica, el "Programa para la difusión de energías renovables PROPER-Bolivia", en colaboración con la cooperación alemana (GTZ). Las principales actividades se centraron en apoyar con transferencia

tecnológica a empresas locales, así como la capacitación de personal en universidades e institutos técnicos. A partir de entonces fueron varios los proyectos desarrollados para la instalación de sistemas fotovoltaicos, dando lugar a la instalación de una media de 2900 sistemas por año entre 1998-2002. El costo promedio de los sistemas fue de unos 750 \$US.

Otro de los proyectos más importantes desarrollados fue el denominado FIS-Solar, que consistía en la instalación de sistemas fotovoltaicos y termosolares para postas de salud y escuelas construidas con la financiación pública del Fondo de Inversión Social. Hasta 2002 se instalaron 847 sistemas FV y 186 termosolares del tipo termosifón con tanque de 160 litros, todos ellos en el área rural. La instalación eléctrica permitía la conexión de dos bombillas fluorescentes de 18 W y una de 10 W, además de un adaptador de voltaje para equipos de TV o radio.

Uno de los programas pioneros en el mundo en electrificación rural fue desarrollado por la cooperación española en Bolivia, en Choquenaira. Se trataba de una iniciativa sumamente interesante con una importante incidencia social y con una escuela de formación profesional que llegaba a construir elementos de las instalaciones.

Proyectos de energía eólica

El proyecto más importante se desarrolla en Roboré - Santiago de Chiquitos, y consiste en el reemplazo parcial del diesel consumido en una pequeña planta de producción de energía eléctrica por energía eólica aprovechando el potencial registrado (4.4 m/s de velocidad de viento a 10m y hasta 6.2 m/s a 50 m de altura). El costo esperan se reduzca de los 150\$US/MWh que cuesta con el diesel subvencionado, a los 80\$US/Mwh que costaría la energía aerogenerada. La planta abastece a unos 8650 habitantes a través de 1813 conexiones, y el costo total para la planta de

generación híbrida diesel-eólica, con un potencial de 500 kW sería de 650.000 US\$, es decir, 1300 \$US/kW.

En la zona de Pilancho, departamento de Cochabamba, se detectó también un potencial importante de 4.6 m/s de media anual de velocidad del viento, lo cual impulsó la instalación de pequeños sistemas eólicos de 200 a 500 W de potencia que sirven para uso doméstico.

En general, la oferta tecnológica para sistemas eólicos se desarrolla en potencias de menos de 1 kW. Y se construyen en talleres locales gracias a modelos académicos desarrollados por iniciativas universitarias.



Sistema solar fotovoltaico instalado en la zona rural.
Fuente: Koch, S. 2007.

Centrales hidroeléctricas de baja potencia: mini y pico centrales.

Como hemos visto, en la actualidad en Bolivia se utiliza tan sólo un 1% de la energía hidráulica aprovechable existente en todo el país. En el año 2005, existían un total de 138 proyectos en marcha para la construcción de minicentrales hidroeléctricas , y 26 de picocentrales, 12 menores de 5 kW. y 14 entre 5 y 10 kW de potencia, con costos en torno a los 5000 US\$/kW y destinadas a usos domésticos o pequeños usos productivos.

La transferencia tecnológica realizada gracias a la GTZ ha permitido el desarrollo de empresas locales para la producción de turbinas Pelton y Michell Banki, y en la actualidad existe una propuesta para el desarrollo de un Plan Piloto para pCHs en Bolivia, con un presupuesto inicial de 320.000 \$US para la construcción de 100 pCHs.

Existen también experiencias en relación a la conexión de MCHs al Sistema Interconectado Nacional (SIN), que generan así ingresos económicos para los operadores que venden su energía a la compañía



Picocentrales hidroeléctricas con turbinas de río y con sistemas de derivación y caída.
Fuente: CINER 2009.

distribuidora. En Cochabamba existe una conexión que comenzó con una potencia de 11 kW y en la actualidad alcanza 1.5 MW en cinco módulos dispuestos en cascada.

Se está desarrollando, gracias al apoyo de ITDG-Perú y la Red Latinoamericana de hidroenergía (HIDRORED) un nuevo tipo de turbinas flotantes denominadas turbinas de río. Son turbinas parecidas a las eólicas que funcionan gracias a la velocidad del flujo del agua (mínima de 1,2 m/s), y que resultan muy útiles para los ríos caudalosos pero de poca pendiente de la zona amazónica.

Potencial Geotérmico

Existe un proyecto en la zona de *Campo Sol de Mañana*, en Laguna Colorada, departamento de Potosí. El estudio refleja que existe un potencial que asciende a 120 MW, que requerirían 20 pozos productivos y 7 pozos de re-inyección, que tendrían una vida útil de 25 años, con un precio total de generación de 3,50 US\$/kWh, en una sola central de 120 Mw. Si las



centrales fueran de menor tamaño el precio iría en aumento. En el año 2005 existían ya 5 pozos productivos que podían generar hasta 20 MW.

Imagen de un géiser activo en las cercanías de Laguna Colorada.

Fuente: elaboración propia.

Biocombustibles.

Cada vez existen más iniciativas para la construcción de biodigestores, principalmente en explotaciones agropecuarias de las áreas rurales, que permiten la degradación de los restos humanos y de ganado y la producción de gas metano aprovechable para el consumo doméstico.

Los biodigestores realizan la degradación anaerobia de los residuos sólidos del ganado, los mataderos, aguas servidas y desechos humanos. Como producto se obtiene, por un lado, biogas (principalmente metano) que es acumulado y aprovechado para la iluminación y cocción de alimentos, y por otro lodos estabilizados con alta capacidad fertilizante. Además del ahorro económico y energético que supone para las familias, se convierte la biodigestión en una herramienta importante para mantener la higiene de los corrales y las concentraciones humanas en general.



Bolsa de acumulación de biogas
procedente de un biodigestor.
Aldea-SOS Bolivia.

Sistemas híbridos.

El año 2001 el Instituto Catalán de Energía (ICAEN) conjuntamente con el Viceministerio de Energía e Hidrocarburos de Bolivia (Actualmente VMEEAT) como parte del proyecto denominado “Planificación municipal para el suministro energético en los departamentos de Beni y Pando” que fue apoyado por el Programa Sinergy de la Unión Europea, decidieron elaborar un proyecto a diseño final de electrificación rural con sistemas híbridos (fotovoltaico – diesel). El proyecto fue elaborado para la localidad beniana de Baures y posteriormente adaptado para la población de Huacaraje que presenta condiciones similares a Baures.

Según los datos del proyecto el sistema energético híbrido para Baures consiste en instalar un arreglo fotovoltaico centralizado de 196 módulos de 110 Wp cada uno, haciendo un total de 22 kWp, combinándolo con el grupo electrógeno existente en Baures de 80 kW, para cargar un mismo banco de acumuladores electrolíticos de 7500 Ah en total de corriente continua, para que luego la energía acumulada sea convertida en corriente alterna y distribuida a los usuarios a través de la red eléctrica de 220 V.

5.4.5. Posibilidades de implementación de Sistemas de Energías Renovables en el Cercado.

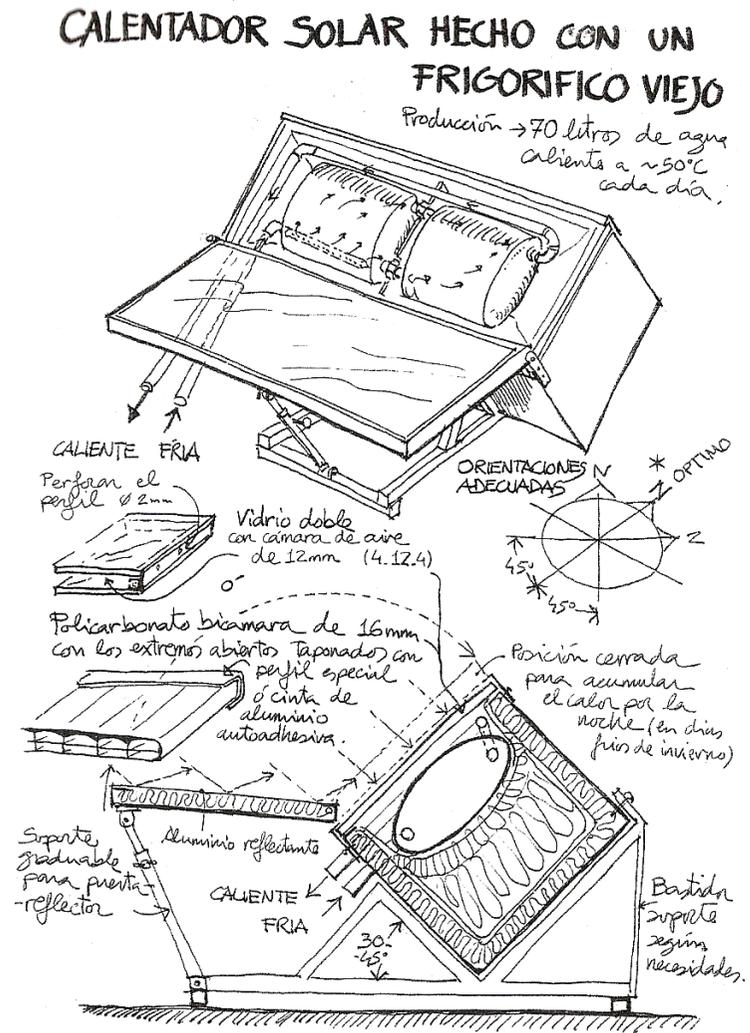
Hasta ahora hemos visto cómo el desarrollo de las energías renovables en Bolivia está muy ligado a la electrificación rural. Sin embargo, entendemos muy positivo reflexionar acerca de cuáles serían los principales potenciales de implementación de energías renovables en el Cercado de forma exitosa.

En relación a los sistemas de producción de energía eléctrica a través de fuentes renovables, parece necesario incentivar a nivel normativo y de políticas públicas su incorporación, no sólo para el autoabastecimiento (que resultaría ilógico en áreas con líneas eléctricas cercanas) sino para la venta de electricidad a las redes existentes, favoreciendo en este caso un precio preferente de venta de este tipo de energías limpias.

La energía solar es una fuente energética de gran potencial y muy bajo nivel de explotación en el área del Cercado, en la que contamos hasta con 5 Kwh/m² de energía disponible al año. Entendemos por tanto que resultaría muy positivo impulsar la implementación de sistemas de aprovechamiento de energía solar en el área urbana.

Como veíamos, el uso de energía termosolar para la producción de agua caliente podría ser uno de los que tuviese mayor posibilidad de éxito. Por un lado encontramos que los sistemas existentes son muy precarios y poco eficientes energéticamente, y por otro, que el potencial de energía solar se concentra principalmente en los meses de invierno, lo que haría muy coincidente la demanda con la oferta. En general entendemos que sería muy positivo introducir programas de capacitación para la autoconstrucción de estos sistemas en base a mecanismos sencillos de termosifón en los que incluso se pueda incorporar el reciclaje de materiales.

Fig. 5.4.6. Calentador Solar autoconstruido con material reciclado.



Fuente: *Energía Renovable Práctica*. Iñaki y Sebastián Urkía Lus. Ed. Pamiela.

También la incorporación masiva de estos sistemas en equipamientos sociales como escuelas y postas sanitarias, y una oferta adecuada de incentivos para la adquisición de estos productos podría extender su uso e incluso permitir abaratar los precios de venta para las empresas del sector.

En relación al aprovechamiento de la energía hidráulica, entendemos que existe un importante potencial correspondiente a la represa de la Angostura, que aunque se encuentra fuera del término municipal, por su cercanía podría constituir un elemento de abastecimiento importante para la ciudad, aunque ya hemos mencionado en el capítulo 4 que en la actualidad se encuentra en construcción el Proyecto Múltiple Misicuni, en el que se espera producir en la primera etapa unos 80 Mw de energía gracias a la central hidroeléctrica proyectada.

La energía eólica no encuentra en la ciudad de Cercado uno de sus lugares potenciales de explotación. La forma del valle y la posición de la ciudad en el centro de la depresión que generan las formaciones montañosas de su entorno hacen que existan realmente pocas condiciones de viento en el interior de la misma, aunque es cierto que se encuentra cercana al eje de alto potencial que atraviesa el país de este a oeste según el mapa de velocidades del viento en Bolivia (Fig. 4.4.6.).

En relación a la producción de biogases, entendemos que serían aplicables principalmente a través de la digestión anaerobia de lodos resultantes de la depuración de aguas residuales y de residuos sólidos orgánicos (como por ejemplo restos de matadero). Hemos visto en otros apartados que existen iniciativas de este tipo en otras ciudades del país y entendemos que podrían resultar muy provechosas en el caso del Cercado, ya que contribuirían además a la resolución de los fuertes conflictos existentes en relación a la gestión de los residuos urbanos.



Taller de Construcción de Captador Termosolar.
Iñaki Urkía.
Arquitecturas Colectivas.
Donostia. Julio 2010.

6. CONCLUSIONES

6.1. CONCENTRACIÓN POBLACIONAL, DESEQUILIBRIO ECOLÓGICO Y POBREZA.

“El impacto ambiental de 6.000 millones de seres humanos distribuidos uniformemente por el suelo del planeta Tierra no es el mismo que si se concentran en ciudades de millones de habitantes en zonas muy concretas”.

Dr. Ing. Valeriano Ruiz

Una de las transformaciones más importantes que se produjo en el territorio actualmente boliviano como consecuencia del proceso de colonización española, fue la obligatoriedad de que la población nativa se concentrara en los llamados “pueblos de indios” a partir de las políticas de *reducciones* impuestas por el Virrey de Toledo en torno a 1575, fruto de las cuales nacieron algunas de las principales ciudades del país, como por ejemplo Cochabamba.

La época colonial se caracterizó también por la explotación de los recursos naturales y humanos de este territorio, que se plasmó en una especialización de las funciones que debían desarrollarse en las diferentes regiones, concentrando en el Altiplano las actividades vinculadas a la explotación de minerales y en la zona de los valles las de producción de alimentos. Desde entonces, las políticas económicas y productivas aplicadas al país han tenido una fuerte influencia en los procesos de migración interna. Han existido épocas en que estas políticas fueron dirigidas hacia una diversificación productiva y a la redistribución de la población, como ocurrió con las políticas de *conquista del oriente* impulsadas para el

replamamiento de esta zona tras la *Revolución Nacional* de 1952. Sin embargo, las posteriores relocalizaciones de mineros, como consecuencia del cierre de las minas tras la caída del precio del estaño y los reformas dentro de la COMIBOL, y las políticas de reajuste estructural y privatización impulsadas por el FMI desde los años 80, han provocado en las últimas décadas del S. XX una creciente concentración de habitantes en los principales núcleos urbanos del país, empujados por situaciones de pobreza extrema y seducidos por las oportunidades de educación y trabajo que la ciudad podía representar.

El auge de la privatización e intensificación de la explotación de los recursos naturales en Latinoamérica durante la segunda mitad del siglo XX, tiene una gran vinculación con el intervencionismo estadounidense en estos territorios a través de los múltiples gobiernos militares golpistas que durante estos años se suceden, orquestados desde la Escuela de las



Américas y el Plan Condor. Todo ello ha generado un modelo productivo en el que han primado los intereses económicos, sin considerar las consecuencias que han tenido lugar sobre la población autóctona y su medio natural, derivándose de ello el desplazamiento de poblaciones hacia las ciudades, que se dispara desde los años 70.

El dictador boliviano Hugo Bánzer y el chileno Augusto Pinochet durante el mandato del primero entre 1971-1978.

Estos fenómenos han generado la expansión de las principales manchas urbanas de Bolivia, sin que hayan existido políticas de planificación urbana adecuadas ni intervenciones públicas suficientes para la dotación de las infraestructuras para los servicios básicos. La falta de recursos generalizada y la desidia institucional han traído consigo la proliferación de situaciones de riesgo para el medio ambiente y la salud de las personas, consecuencia directa de la concentración de población de escasos recursos sin posibilidades para una gestión adecuada del metabolismo colectivo.

Es habitual además que se produzca en estas ciudades una especialización funcional y social del territorio en lo que Sabatini ha venido a denominar *espirales de segregación*, entendido éste como el proceso a través del cual se produce una concentración de determinados usos en áreas que cuentan con condiciones de habitabilidad más desfavorables en las que se externalizan las actividades más nocivas de la vida urbana, acompañado de la localización en estos mismos lugares de la residencia de los pobladores con menos recursos.

Es así como las grandes infraestructuras centralizadas más insalubres ubicadas en áreas periféricas, se ven prontamente fagocitada por los nuevos asentamientos a causa de la llegada de la población migrante, que pasa a sufrir directamente los efectos de la contaminación como consecuencia de dichas instalaciones, en su mayoría mal diseñadas y construidas, no gestionadas de manera adecuada y con sobrecarga de uso.

Son estos barrios, además, los que suelen contar no sólo con carencias en lo que a las redes de infraestructuras básicas se refiere, sino en general con falencias en todo tipo de servicios públicos. En muchas ocasiones se sitúan en áreas con geografías complejas, de modo que la difícil accesibilidad encarece el suministro de recursos básicos como el agua, siendo mayor la vulnerabilidad a contraer enfermedades, mientras

que la falta de equipamientos públicos como las postas sanitarias dificulta el acceso a servicios médicos, reflejándose esta realidad en el alto grado de mortalidad infantil que se registra.

6.2. METABOLISMO URBANO Y SEGREGACIÓN SOCIAL EN EL CERCADO.

“La jerarquización social y espacial muy rigurosa del conjunto de las funciones urbanas constituye uno de los puntos más característicos del sistema urbano, tal y como lo desarrolla el capitalismo. Este principio tiene un nombre: la segregación”
Jean Paul Garnier (1976)

En el caso de la ciudad de Cercado, la situación de abandono institucional prolongada durante años en relación a la gestión y planificación urbana han tenido su reflejo en una serie de problemáticas a nivel urbano:

- Urbanización incontrolada con consecuencias sobre la estructura ecológica del territorio: impermeabilización de áreas de recarga del acuífero, aumento de la escorrentía, disminución de la cobertura vegetal, etc.
- Graves carencias en el acceso al agua potable a causa de la falta de cobertura de las redes y a la incapacidad de gestión del agua cruda.
- Incompatibilidad de usos en áreas habitadas en torno a infraestructuras centralizadas para la gestión de servicios básicos: torres de alta tensión, vertederos, planta de tratamiento de aguas... con graves problemáticas de contaminación ambiental y para la salud.
- Contaminación de las aguas superficiales por vertidos incontrolados, y sobre carga de la única planta de tratamiento de aguas, Alba Rancho.
- Inadecuada construcción y colapso del vertedero municipal de K´ara K´ara. ...y un largo etcétera.

Los conflictos descritos, aunque afectan al conjunto de la población, se hacen especialmente graves en la Zona Sur del Cercado, repercutiendo directamente sobre las condiciones de habitabilidad de las poblaciones más vulnerables. Tal y como observábamos en los datos expuestos en el capítulo 4.1.2., se alcanzan aquí los indicadores más bajos de calidad de vida en relación a la vivienda y los servicios básicos, llegando más de un 50% de las viviendas a un déficit alto en relación a las condiciones de habitabilidad, produciéndose las situaciones más críticas en los distritos 7,8,9 y 14. Los servicios que cuentan con una cobertura más deficitaria son los relacionados con el agua y con la limpieza y gestión de residuos urbanos, que son a su vez los más peligrosos en relación a los problemas de salud derivados. El hecho de que las diarreas sean la principal causa de mortalidad infantil y el consumo de agua contaminada el origen de las enfermedades en el 80% de los casos es un importante indicador de la gravedad de estos hechos.

Tal y como veremos a continuación, en el caso de Cochabamba será en general en la Zona Sur donde confluya la concentración de infraestructuras urbanas centralizadas nocivas con las condiciones naturales más desfavorables respecto a la habitabilidad del territorio y la peor calidad en relación a los servicios básicos municipales.

Especulación y segregación social.

La existencia de un mercado de suelo urbano y las desigualdades económicas entre los diferentes grupos de población que habitan la ciudad implican la existencia de una segregación socio-económica de la misma (Díaz, I. 2008). La localización de las personas y las actividades en la ciudad se va sucediendo en el tiempo de manera secuencial en función a la capacidad económica y a la rentabilidad que pueden incorporar al suelo

(valor de cambio frente a valor de uso). David Harvey en su libro *Urbanismo y desigualdad social* realiza una comparación muy elocuente entre estas dinámicas de posicionamiento en la ciudad y la ocupación secuencial de los asientos de un teatro vacío: "Si los que entran para ocupar el teatro lo hacen por orden de capacidad de licitación, entonces aquellos que tengan dinero tendrán más posibilidades de elección, mientras que los más pobres ocuparán los asientos que queden después de que todos los demás hayan ocupado sus sitios". (Harvey, D. 1973. Pág. 175).

Entendemos que este tipo de fenómenos han tenido mucha influencia en la composición social y estructural de la ciudad de Cercado a lo largo del tiempo, provocando una polarización entre la Zona Norte-Centro y la Zona Sur marcada por unas diferencias notables en las características geográficas de estas áreas (altitud, inundabilidad, accesibilidad, tipo de suelo, acceso a recursos hídricos...). Estas diferencias se han visto reforzadas además por dos circunstancias: la capacidad adquisitiva de los habitantes de la Zona Norte-Centro, que les ha permitido subsidiar con mayor facilidad servicios básicos de calidad, y por otra la desigualdad en relación a las inversiones públicas en las diferentes zonas de la ciudad a lo largo del tiempo, tal y como reconoce el propio Plan Municipal de Ordenamiento del Territorio (PMOT) del 2009.

Estos hechos se han agravado también por la falta de una planificación urbana adecuada durante las últimas décadas. Esta circunstancia se refleja en la "alegalidad" y falta de criterios de ordenación en gran parte de los asentamientos surgidos a raíz de los movimientos migratorios internos de la segunda mitad del siglo XX, que cuentan así con una inadecuada ubicación en relación al uso urbano y a las características del territorio y problemas graves de cohesión estructural respecto al resto de la ciudad. Por otro lado, también se refleja en los importantes procesos especulativos que se han sucedido, provocando fenómenos de urbanización

muy extensiva mientras existen importantes vacíos dentro de la mancha urbana inaccesibles económicamente para gran parte de la población, conocidos como “terrenos de engorde”.

Otro fenómeno importante a señalar se refiere a la necesidad que sobre gran parte de la población se genera de habitar en predios de al menos 200 m² de superficie, creando una baja densidad de ocupación y por lo tanto una importante extensión de territorio urbanizado. Por un lado, fue la tipología de vivienda unifamiliar la que el anterior plan de ordenación asignó mayoritariamente a la ciudad, principalmente en la Zona Norte, sentando un precedente sobre la tipología edificatoria que sería imitada por el resto de los barrios. Esta circunstancia, unida al hecho de que gran parte de la población sigue teniendo una fuerte vinculación con las áreas rurales en las que este modo de construcción es el más habitual y no genera graves inconvenientes, ha sido la que ha dado lugar a que sea muy complejo modificar la tendencia cultural de la población para que admitan vivir en parcelas de menores dimensiones que permitan una mayor compactación del área urbana. Esta circunstancia, sin duda, supone un inconveniente a la hora de posibilitar la extensión de las instalaciones urbanas al conjunto de la ciudad.

Metabolismo urbano y servicios básicos.

Tal y como hemos explicado, son las características propias de un territorio las que proporcionan unos valores de uso que, en una sociedad capitalista, se traducen en un valor de cambio y con ello en un factor de selección de la población que lo habitará.

El caso de la gestión de los recursos hídricos en Cochabamba resulta bastante ilustrativo de estos fenómenos. Tal y como describíamos en el punto 4.2., será la zona norte la que cuente en general con mejores

condiciones naturales en relación al acceso al agua, ya que es donde el acuífero tiene mayor capacidad de almacenamiento y calidad en las aguas subterráneas, permitiendo que los habitantes de esta zona puedan abastecerse en parte a través de pozos. También es donde encontramos la mayoría de las torrenteras, donde existen lavaderos públicos para que los ciudadanos de estas y otras partes de la ciudad puedan realizar el lavado de sus prendas, e incluso en ocasiones el aseo personal, ya que el precio al que han de adquirir el agua que suministran los carros aguateros en las áreas donde muchos de ellos viven es muy alto y procede de esas mismas fuentes.

Ocurre que es en estas zonas donde, además de darse naturalmente unas mejores condiciones de habitabilidad en relación al acceso al agua, tanto las infraestructuras de abastecimiento como las de alcantarillado cuentan con redes completas, por lo que apenas existen problemas de contaminación por aguas servidas y el abastecimiento es diario. En estas zonas encontramos que las inversiones públicas han permitido además la construcción de grandes jardines con numerosas fuentes públicas que disponen de agua corriente.

Frente a ello, el panorama habitual en los barrios de la Zona Sur es la deficiencia extrema o la ausencia en las infraestructuras de agua. Muchas de las que existen han sido construidas gracias al esfuerzo colectivo y la organización en torno a los comités de agua, que sin embargo no cuentan aún con fuentes de abastecimiento públicas y de calidad. Aquellos que se abastecen a través de pozos, se encuentran con la dificultad de la falta de espesor del acuífero y su salinidad en esas zonas, además de la contaminación de las capas freáticas por la mala gestión de los residuos. Aquellos que se sirven a través de carros aguateros, no cuentan con ninguna garantía de la calidad del agua abastecida. A este problema sumamos la falta de alcantarillado, que obliga a realizar pozos ciegos que

contribuyen a la contaminación de los suelos y las aguas. Finalmente, las complejas topografías y la falta de criterios hidrológicos en la configuración de los asentamientos, además de la ausencia de infraestructuras de drenaje, los convierte en espacios con un importante potencial de peligrosidad en épocas de fuertes lluvias.

En relación a las instalaciones de gestión de residuos urbanos, tanto la planta de tratamiento de aguas residuales como el vertedero se encuentran situados en la Zona Sur, ambos con graves problemas de sobrecarga que los convierten en fuentes muy importantes de contaminación para la población de la ciudad en general, y para la de su entorno en particular.



Fuente de agua en el Parque Abraham Lincoln en la Zona Norte.

El sistema de recolección de residuos sólidos se convierte también en factor de diferenciación entre los habitantes de las Zonas Centro y Norte y los habitantes de la Zona Sur, no sólo por las circunstancias ya mencionadas en relación a la ubicación del vertedero municipal, sino también por las diferencias entre los sistemas de recogida existentes en una y otra zona. Tal y como explicábamos en el punto 4.3.3., para los primeros se han instalado modernos sistemas en base a contenedores situados en las calles que son recogidos por camiones automatizados (se trata exactamente de los mismos camiones y contenedores que se usan actualmente en ciudades españolas como Sevilla), proporcionando un servicio diario y bastante eficiente. En la Zona Sur sin embargo, la recogida se realiza puerta a puerta en días alternos (1, 2, O 3 veces a la semana según cada barrio), generándose en ocasiones la acumulación de basura en las calles y los vertidos descontrolados.



Carro aguatero transita por las calles de la Zona Sur.

En relación a las infraestructuras eléctricas, también hemos mencionado que a pesar de que existe una cobertura importante en la ciudad (en torno al 90% de los hogares), las infraestructuras de alta tensión se ubican dentro de áreas pobladas de la Zona Sur, con los riesgos que para la salud significa esta situación.

Justicia distributiva territorial en relación a los servicios básicos.

Entendemos que en la ciudad de Cercado se produce una situación clara de contravención de lo que David Harvey denomina la *justicia distributiva territorial*, término que define las relaciones existentes entre la asignación real de los recursos y una asignación hipotética basada en las pautas de justicia social (Harvey, D. 1973).

Harvey señala que se han de definir los conceptos de *necesidad*, *contribución al bien común* y *méritos*. Dentro la *necesidad* se define la *demanda latente* como aquella que se mide en relación a un grupo de referencia (la media de la ciudad, por ejemplo), aunque recoge también otro modo de medir esa necesidad, la definida como *demanda potencial*, referida a las características particulares del área y la población de estudio. Así mismo, en la definición de *mérito*, Harvey describe un concepto referente al grado de dificultad del medio ambiente, ya sea natural o social. La diferencia entre las *necesidades* y los recursos disponibles nos proporciona la evaluación de la *injusticia territorial*. Atendiendo al concepto de *mérito*, se asignarían beneficios adicionales en la distribución de recursos a aquellas áreas en las que se localizan mayores dificultades, ya sea por mayores diferencias con respecto a la referencia considerada, como por las dificultades inherentes a las características propias de ese territorio. El fin de estas desviaciones sería superar las dificultades existentes, lo que permitiría una mayor *contribución al bien común*.

En base a esta conceptualización, podemos afirmar que existe una importante *injusticia territorial* en relación a dotación de infraestructuras (y a la inversión de presupuestos públicos) para la construcción de servicios básicos en la ciudad de Cercado. Es claro que tanto por la falta de cobertura en relación a la media de la ciudad (*demanda latente*), como por las condiciones más desfavorables que existen en la Zona Sur (*demanda potencial*) es en estos territorios donde la *necesidad* es más importante. Por otro lado, el grado de dificultad que incorpora las condiciones del medio, también hace que en estas zonas el *mérito* sea mayor, de modo que la asignación de recursos debía aumentarse siguiendo esta lógica, permitiéndose una mayor *contribución al bien común*.

Frente a ello nos encontramos que este tipo de inversiones no son prioritarias dentro de los presupuestos municipales (en 2008 la inversión en infraestructuras de saneamiento supuso el 5% del total, según podemos ver en el cuadro adjunto), y que además no existen en el nuevo Plan Municipal de Ordenamiento Territorial (PMOT) soluciones suficientemente concretadas que impliquen actuaciones en vías de la resolución de esta problemática por parte de la administración municipal, ni se contemplan las reservas suficientes de suelo que permitan la localización de las nuevas infraestructuras necesarias, lo que hace pensar en una prolongación en el tiempo de la situación actual. Como hemos visto, se han iniciado procesos de transformación en relación a la gestión de algunos servicios pero que necesitan de un importante impulso, y sobre todo una clara intención de gestión y organización participativa, además de montantes más acordes de inversión pública, para llegar a solucionar estos conflictos.

Sin embargo, entendemos que los modelos de autoorganización y gestión descentralizada que se han generado por iniciativa ciudadana en Cochabamba en los últimos 20 años en base a las necesidades de satisfacción de los servicios básicos, sí representan el modelo más

adecuado para llegar a alcanzar importantes niveles de eficiencia ecológica y social en la gestión del metabolismo urbano de esta ciudad.

Nº	PROGRAMAS	PRESUPUESTO 2008	%
1	Saneamiento Básico	22.543.500	5
2	Desarrollo y Prevención del Medio Ambiente	2.843.000	1
3	Limpieza Urbana y Rural	7.818.100	2
4	Alumbrado Público	20.577.200	4
5	Infraestructura Urbana y Rural	204.895.200	41
6	Construcción y Mantenimiento de Caminos	72.216.300	15
7	Servicios de Catastro Urbano y Rural	3.000.000	1
8	Servicios de Salud	34.609.400	7
9	Servicio de Educación	48.504.000	10
10	Desarrollo y Promoción del Deporte	5.484.500	1
11	Desarrollo de la Cultura	8.500.000	2
12	Desarrollo y Formento del Turismo	2.724.900	1
13	Promoción y Políticas de Género	650	0
14	Defensa de Protección de la Niñez y la Mujer	2.933.500	1
15	Servicio de Inhumanación, Cremación de Restos	70	0
16	Prevención de Riesgos y Desastres Naturales	7.695.900	2
17	Servicio de Seguridad Ciudadana	7.025.000	1
18	Fortalecimiento Municipal	14.244.100	3
19	Renta Dignidad	31.689.600	6
TOTAL		498.024.200	100

Presupuestos Municipales de Cercado 2008.

Fuente: CEDIB.

6.3. MODELO DESCENTRALIZADO DE GESTIÓN DEL METABOLISMO URBANO.

Como vimos en el capítulo 5.1., la consecución de un sistema de organización urbana con un grado mayor de equilibrio ecológico pasa necesariamente por la disminución de las dependencias en relación al territorio exterior, y por la práctica eliminación de las cargas contaminantes externalizadas. En cada uno de los diferentes niveles de estructuración orgánica del territorio este principio ha de hacerse práctico en la mayor medida posible. Cualquier desviación al respecto nos indicará que estamos sobrepasando la capacidad de carga del sistema y, por lo tanto, estamos realizando una mala gestión de los recursos.

Para poder llevar a la práctica este tipo de soluciones se hace necesario realizar las reservas de suelo precisas para incorporar las infraestructuras que en cada nivel de organización resolverán la gestión de los recursos. Como consecuencia, en los principios de la ordenación del territorio han de primar las necesidades de uso del suelo sobre el valor de cambio del mismo, basándose esta ordenación en la optimización de la capacidad de carga en equilibrio del territorio antropizado. En este sentido, la minimización de las necesidades de transporte horizontal en base a costes energéticos para el sistema y el aprovechamiento máximo de los ciclos naturales (con desplazamientos principalmente verticales gracias a fuerzas naturales como la gravitatoria) permitirá cerrar ciclos internos sin necesidad de generar intercambios energéticos con el medio exterior.

A nivel de organización, se trata de generar microrredes que permitan acercar la gestión de las infraestructuras vinculadas a los procesos metabólicos a los grupos humanos que hacen uso de ellas, de modo que asumamos como responsabilidad social las consecuencias para el medio de nuestros hábitos de vida. Por otro lado, la microgestión en el

punto de consumo y generación de residuos permite adaptar las soluciones a cada contexto y separar los procesos de modo que se asemejen en la mayor medida a los que la naturaleza es capaz de realizar para cerrar los ciclos energéticos y materiales, minimizando las pérdidas.

En este sentido, la incorporación dentro del territorio urbano de espacios libres naturalizados (parques y jardines) y de espacios productivos (huertas urbanas) se hace indispensable a la hora de posibilitar la transformación natural de las aguas residuales domésticas y los residuos compostables en materia aprovechable para el medio natural. El mantenimiento como ecosistemas naturales de las torrenteras y los espacios inundables, la ordenación con criterios hidrológicos de la trama urbana, y la reserva dentro de los espacios libres de áreas de compostaje y depuración de aguas es un primer paso fundamental para permitir reequilibrar los flujos ecosistémicos dentro de la ciudad. Se trata así de

entender y discriminar cada uno de los procesos que se producen de manera solapada para satisfacer las necesidades de las personas, y tratar de integrarlos dentro de un sistema complejo imitando la complementareidad propia de los ciclos naturales.

Vivero municipal dentro de un espacio verde en el municipio de Quillacollo. Del compostaje de los residuos orgánicos municipales se obtiene el sustrato vegetal del que se abastece el vivero.



6.4. APLICABILIDAD DEL MODELO ORGÁNICO DE GESTIÓN METABÓLICA AL CASO DEL CERCADO.

El proceso de cambio en la base de una estructura de Estado moderno.

A pesar de la complejidad que entraña, es necesario comenzar este punto tratando de realizar una breve contextualización de la situación que se vive en Bolivia en relación a los modelos de gestión colectiva, institucional y política en los diferentes niveles del Estado en la actualidad.

Bolivia se encuentra inmersa dentro del denominado "Proceso de Cambio", entendido este por los actores sociales y políticos del país como un proceso que, comenzando con la denominada "Agenda de Octubre", marcada durante los conflictos ocurridos como consecuencia de la Guerra del Gas en el año 2005, va a determinar la transformación política y social del país desde entonces hasta ahora.

Con un claro origen en los movimientos indigenistas que cobran fuerza desde finales del siglo XX, se produce un empoderamiento de las clases populares (de origen quechua y aymara mayoritariamente en el caso boliviano) que les permite incorporarse a la vida política del país, conquistando espacios de poder hasta ahora ocupados en su mayoría por las clases acomodadas muy vinculadas a la descendencia colonial. En este sentido, las nuevas clases políticas plantean la necesidad de generar nuevos modelos de organización del Estado más respetuosos con los principios de la cultura autóctona y que prioricen el crecimiento del índice de desarrollo humano dentro de sus fronteras, impulsando para ello la renegociación de los acuerdos existentes con las empresas extranjeras asentadas en el país en relación a la explotación de los recursos naturales.



Marcha a La Paz por la aprobación del texto para la Nueva Constitución Política del Estado. Octubre de 2008. Bolivia.

Foto: Nelson Vilca.

La Nueva Constitución Política del Estado, aprobada en Diciembre de 2008, se conforma como el marco legal que reconoce nuevos derechos y responsabilidades a la población y al Estado en relación a la gestión de los Recursos Naturales y la satisfacción de las necesidades básicas. La victoria del partido del Movimiento al Socialismo (impulsor de este proceso junto a los movimientos sociales) en las últimas elecciones proporciona las condiciones de contexto necesarias para la consecución de dicha transformación.

Sin embargo, existe una contradicción en la base de este proceso, casi inevitable, pero que bajo nuestra opinión está suponiendo uno de los mayores escollos a saldar para conseguir el éxito del proceso, por encima incluso de la resistencia constante de los partidos de la oposición. Se trata

del hecho de que la estructura de organización del país, tanto a nivel político como económico (quizá no tanto social) esté basada en un concepto de Estado moderno de origen occidental fuertemente vinculado a las dinámicas de la economía capitalista, y que la transformación de esta estructura se esté realizando usando los mecanismos propios de este modo de organización. Es así como, el respeto a los Recursos Naturales y los modos de vida de poblaciones indígenas con una fuerte vinculación a su territorio entra en conflicto con la necesidad de explotación de dichos recursos para el crecimiento de la economía, ahora efectivamente más controlada por el estado boliviano y con una mayor repercusión social interna, pero que no deja de encontrarse inmersa dentro de las dinámicas del modelo de desarrollo impuesto por los países occidentales bajo los principios del capitalismo.

La hegemonía que la economía neoliberal impone a nivel global, condiciona en exceso los procesos internos que se están produciendo en estos países, de modo que existe el peligro de que dichas transformaciones no sean estructurales y no permitan llegar a asentar realmente los modelos de organización social, política y económica basados en las culturas propias de estos territorios.

Es así como sería necesario generar nuevos modelos de producción, intercambio y organización que permitan desvincularnos del concepto de desarrollo que se ha practicado hasta ahora. Tal y como hemos referido en anteriores capítulos, la capacidad de carga del sistema ecológico del planeta Tierra es finita y hemos alcanzado ya sus límites. Está en crisis por tanto el *modelo de desarrollo* basado en el crecimiento económico ilimitado a través del aumento de la capacidad de producción y consumo gracias a la explotación de los recursos.

Entendemos, sin embargo, que Bolivia cuenta aún con los recursos naturales necesarios, una importante conciencia cultural indígena en el

respeto a los mismos, y una capacidad de organización social que conforman la base fundamental para posibilitar la puesta en marcha de un nuevo concepto de calidad de vida y de desarrollo humano basado en la justicia distributiva y el equilibrio ecológico. Es necesario, bajo nuestro criterio, generar los cambios necesarios para que esta transformación se produzca.

Transformación estructural de la gestión del metabolismo urbano en el Cercado.

En el análisis realizado en relación a la situación de los servicios básicos en el Cercado, hemos podido concluir que existen en general dos situaciones bien diferenciadas al respecto. Por un lado encontramos las áreas más consolidadas de la ciudad, en las zonas Centro y Norte, donde se asienta la población con mayores recursos económicos. Se trata de zonas en las que existe un grado aceptable de cobertura en relación a los servicios básicos, existiendo redes que se basan en sistemas centralizados de gestión, cuyas infraestructuras y cargas contaminantes han sido externalizadas a territorios de la Zona Sur, como es el caso del botadero de K´ara K´ara y la planta de tratamiento de aguas residuales de Alba Rancho. Estas infraestructuras además no cuentan con las condiciones mínimas necesarias para la seguridad de los pobladores del entorno y han llegado a una situación de colapso por su exceso de carga y su mala gestión.

Por otro lado encontramos los distritos de la Zona Sur, en los que a las malas condiciones de habitabilidad dadas por la falta de recursos de sus habitantes, se suma una ausencia generalizada de equipamientos e infraestructuras públicas, produciéndose situaciones de insalubridad que

repercuten de manera severa sobre la esperanza de vida y la mortalidad infantil.

Frente a esta dualidad, entendemos que los objetivos a perseguir para la consecución de un modelo equilibrado y justo parten de una única estrategia común para el conjunto de la ciudad: minimizar las dependencias y los impactos sobre el medio externo en cada nivel territorial optimizando la gestión integral de los recursos a través de una estructura descentralizada y orgánica de gestión del territorio. Entendemos que cuanto mayor sea el grado de autonomía alcanzado en este sentido en las escalas inferiores de organización (vivienda-barrio-distrito), menores serán las dependencias y cargas que pesarán sobre las estructuras de mayor rango, minimizándose así los impactos por éstas generados.

Sí entendemos que deben existir acciones diferenciadas en cada una de las diversas situaciones que se dan en relación al contexto, como modo de alcanzar los objetivos planteados. Es así como se propone que las acciones a llevar a cabo para tal fin sean:

1. Optimizar el funcionamiento de las infraestructuras existentes.

Se precisa minorar la carga soportada por éstas e implementar sistemas que permitan mejorar su gestión. En el caso de Alba Rancho se propone la implementación de sistemas complementarios al lagunaje y/o la incorporación de un sistema de aireación que optimice el rendimiento de las lagunas de tratamiento de agua. En el caso del botadero municipal, ya se ha comenzado a implementar el sistema de recogida diferenciada y compostaje encaminado a prolongar la vida de este, a la vez que se realiza su cierre técnico y cobertura vegetal, mientras se construye una solución definitiva, aunque entendemos que ésta no debe tardar en materializarse.

2. Implementación de infraestructuras para la gestión

descentralizada del metabolismo colectivo en todos los barrios de la ciudad, adaptando el tamaño y la cobertura a la escala territorial en la que nos ubicamos y las condiciones del contexto, priorizando siempre a la hora de comenzar a realizar inversiones a aquellos barrios que en la actualidad cuentan con mayores carencias. Es necesario realizar la reordenación de los territorios antropizados para la disposición de terrenos públicos en lugares adecuados para ubicar las diferentes infraestructuras necesarias, que podemos resumir en:

- Los denominados “puntos verdes” dentro de la gestión de residuos sólidos, donde se realice el acopio de éstos, previamente recogidos de manera diferenciada, y se lleve a cabo su transformación en los casos en los que sea posible, como por ejemplo el de los residuos compostables. Esta experiencia ya está en marcha en el distrito 3 y entendemos debe ser extendida al resto de distritos con la mayor brevedad. Como sabemos, la necesidad de campañas educativas fue una de las conclusiones a las que se llegó en el Foro que sobre la GIRS se realizó en la ciudad en septiembre de 2009. Estos centros podrían contar con pequeñas aulas en las que se difundieran contenidos para la sensibilización al respecto.
- Los mega tanques para el suministro del agua, en continuidad con los planes y las infraestructuras que ya están en marcha, haciendo hincapié en la necesidad de respetar el sistema mixto que para su gestión propone ASICASUR, de modo que SEMAPA como empresa municipal controle el abastecimiento de éstos y sean los COMITÉS DE AGUA los que continúen llevando a cabo la gestión y el mantenimiento de la red de distribución en los barrios.

- Plantas de tratamiento de aguas residuales con sistemas no convencionales para pequeñas y medianas colectividades (500-5000 H.E.). La utilización de métodos naturales poco tecnificados permite, por un lado, su fácil integración paisajística, y por otro una economía importante de medios por sus bajos requerimientos a nivel de inversión inicial y de mantenimiento. Genera además puestos de trabajo poco cualificados y permiten un importante grado de depuración de las aguas, aunque requieren de ciertas superficies de terreno para su ubicación (ver ANEXO 1. Diseño de Sistema de depuración de aguas para la Comunidad María Auxiliadora).
- Programas para la implementación de sistemas de energías renovables. El potencial que en relación a la captación solar para agua caliente existe en invierno en el Cercado, haría muy rentables este tipo de instalaciones, que incluso podrían ser autoconstruidas por los pobladores.

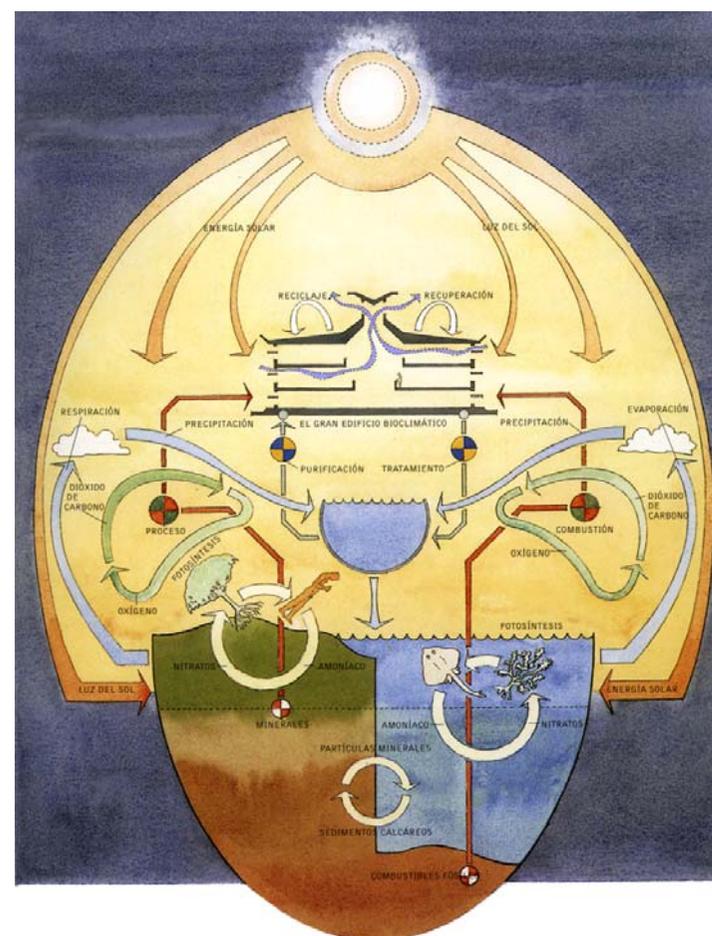
Entendemos que la construcción de espacios verdes dentro de los cuales se incluyan estas infraestructuras (o su incorporación en los existentes) puede resultar doblemente beneficiosa para la población, tanto por el aprovechamiento natural que de los residuos orgánicos y las aguas tratadas se puede realizar en este sentido, como por la necesidad que existe en estas zonas de generar espacios con mayor densidad vegetal. Estas áreas verdes se convertirían en espacios de socialización en donde la población visibiliza y toma conciencia, además de cooperar en el funcionamiento de las infraestructuras que la gestión de la vida urbana implican a nivel metabólico.

3. Empoderamiento de las entidades de organización y gestión vecinal. Entendemos que para la gestión descentralizada de los servicios básicos se cuenta con la experiencia y el soporte que los comités de agua representan, siendo preciso realizar una reflexión acerca del papel que las organizaciones territoriales de base (OTB) están tomando. Quizá sería necesario plantear los mecanismos para la creación de entidades específicas a este respecto para que se permitiera una fácil, pero tan necesaria, estructuración orgánica en la gestión de cada servicio, de modo que las relaciones en sentido vertical y horizontal de la organización fueran claras y fluidas. Entendemos que además debe existir un apoyo desde los presupuestos públicos que permita realizar estas labores de gestión con un soporte material y de recursos humanos adecuado.

En definitiva, entendemos el análisis realizado de la situación de los Servicios Básicos en el Cercado y de los mecanismos que por parte de la ciudadanía se han puesto en marcha para la resolución de estas problemáticas, así como las soluciones que desde las diferentes ramas de la gestión ambiental están cobrando fuerza en los últimos años, se confirma la hipótesis de partida planteada en este trabajo, según la cual “se propone como óptimo modo de gestión la estructuración orgánica de las grandes concentraciones urbanas como una suma de subestructuras de menor escala que se autoorganizan para la satisfacción de las necesidades relativas a la gestión de los servicios básicos, manteniendo una coordinación que permita organizarse en diferentes escalas territoriales (barrio – distrito - municipio - área metropolitana-región...) de modo que en cada una de estas escalas se generen las infraestructuras necesarias para la gestión de los ciclos energéticos y materiales.

De este modo, se entiende que debe existir una potenciación del equilibrio ecológico en relación al medio en cada una de las escalas de

gestión en las que se asuma la carga productiva y contaminante que la concentración de personas genera en el territorio.”



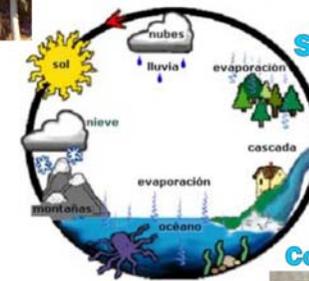
7. ANEXOS

ANEXO1:

**DISEÑO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO.
HÁBITAT PARA LA MUJER. COMUNIDAD MARÍA AUXILIADORA.**



DISEÑO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO



**HÁBITAT PARA LA MUJER
Comunidad María Auxiliadora**

**Mtra. Arq. Ángela Lara García
Becaria MAEC-AECID**



DISEÑO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. HÁBITAT PARA LA MUJER. COMUNIDAD MARÍA AUXILIADORA.

Mtra. Arq. Ángela Lara García
Becaria MAEC – AECID
Julio 2009

Con la colaboración de:

Ing. Romain Le Gouis

HÁBITAT PARA LA MUJER.
COMUNIDAD MARÍA AUXILIADORA.

SICEFA. Sociedad de Investigación Científica de Estudiantes de la Facultad de Arquitectura



Centro AGUA

Fac. CC. Agrícolas y
Pecuarías "Martín Cárdenas"
UMSS
Cochabamba (Bolivia)



Laboratorio de Confort Ambiental

Inst. Inv. en Arquitectura.
Fac. de Arquitectura
UMSS
Cochabamba (Bolivia)



Fundación ProHábitat

Cochabamba.



ÍNDICE

0. INTRODUCCIÓN

1. COMUNIDAD MARÍA AUXILIADORA (CMA)

- 1.1. Orígenes de la Comunidad María Auxiliadora.
- 1.2. Organización y construcción de la Comunidad.

2. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL ASENTAMIENTO

3. EQUIPAMIENTOS Y SERVICIOS BÁSICOS

- 3.1. Equipamientos públicos.
- 3.2. Servicios Básicos.

4. SISTEMA DE GESTIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD MARÍA AUXILIADORA.

- 4.1. Proyecto de alcantarillado sanitario condominial.
- 4.2. Situación actual del sistema.

5. PROPUESTA TÉCNICA PARA UN SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO PARA LA COMUNIDAD.

- 5.1. Condiciones de partida.
- 5.2. Componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- 5.3. Dimensionamiento de los elementos de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- 5.4. Resultados del cálculo.
- 5.5. Fases para la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

6. DOCUMENTACIÓN ADJUNTA.

- 6.1. Análisis de aguas.
- 6.2. Cálculo para el dimensionamiento de humedales verticales.
- 6.3. Planos constructivos.
- 6.4. Manual de procesos constructivos de humedales verticales.
- 6.5. Proceso de planificación y construcción participativa.

0. INTRODUCCIÓN

Los fenómenos de crecimiento de la población urbana en el mundo, y principalmente en los países empobrecidos, son una realidad cada día más acuciante e influyente en los modos de vida de esta población. Más de la mitad de la humanidad (que alcanza más de 6.600 millones de personas) habita ya en áreas urbanas, de las cuales unos 1.000 millones vive en grandes suburbios en general sin dotaciones de ningún tipo (Ramón Fernández Durán, 2006). Son múltiples y diversas las razones por las cuales estos crecimientos se realizan sin una adecuada planificación urbanística y su principal consecuencia es el crecimiento de espacios residenciales que no cuentan con las condiciones mínimas para el desarrollo de un hábitat digno. Es por ello que nos propusimos desarrollar un trabajo de investigación sobre nuevos modelos de crecimiento urbano que superen las dificultades de las grandes concentraciones en lo que a la gestión del metabolismo urbano se refiere, sobre todo en aquellas ciudades y barrios donde se están produciendo estos crecimientos de manera más desestructurada.

El estudio se centra en el análisis de las problemáticas existentes en relación a la gestión de los servicios básicos en el municipio de Cercado, capital del Departamento de Cochabamba en Bolivia, más concretamente en la Zona Sur del mismo. Los procesos de crecimiento urbano de esta ciudad han generado una polarización en relación a las áreas centro y norte respecto del área sur, tanto en lo referente a las características de su población como a la calidad de su entorno urbano. La concentración en la Zona Sur de las nuevas masas de población migrante desde finales de la década de los setenta, sin que hayan existido procesos de planificación y gestión de los crecimientos urbanos en este área, ha generado una

situación bastante grave en lo que a la falta de servicios básicos se refiere, principalmente en el suministro de agua y en las redes de alcantarillado, así como en la elección y trazado de los nuevos espacios a urbanizar.

Este abandono de sus competencias por parte de la administración ha traído consigo también, en algunos casos, la conformación de sistemas de autogestión de dichos servicios, con interesantes modelos de organización social.

Es en este contexto que se sitúa el trabajo que a continuación presentamos, conformándose como estudio de caso dentro de una investigación más amplia en la que se desarrollan extensamente los conceptos expuestos con anterioridad. La Comunidad María Auxiliadora, si bien puede resultar a veces una excepción por su grado de madurez en lo que a capacidad de organización y autogestión se refiere, entendemos puede servir de modelo en lo que al desarrollo de experiencias para ser replicadas en otras áreas de la región.

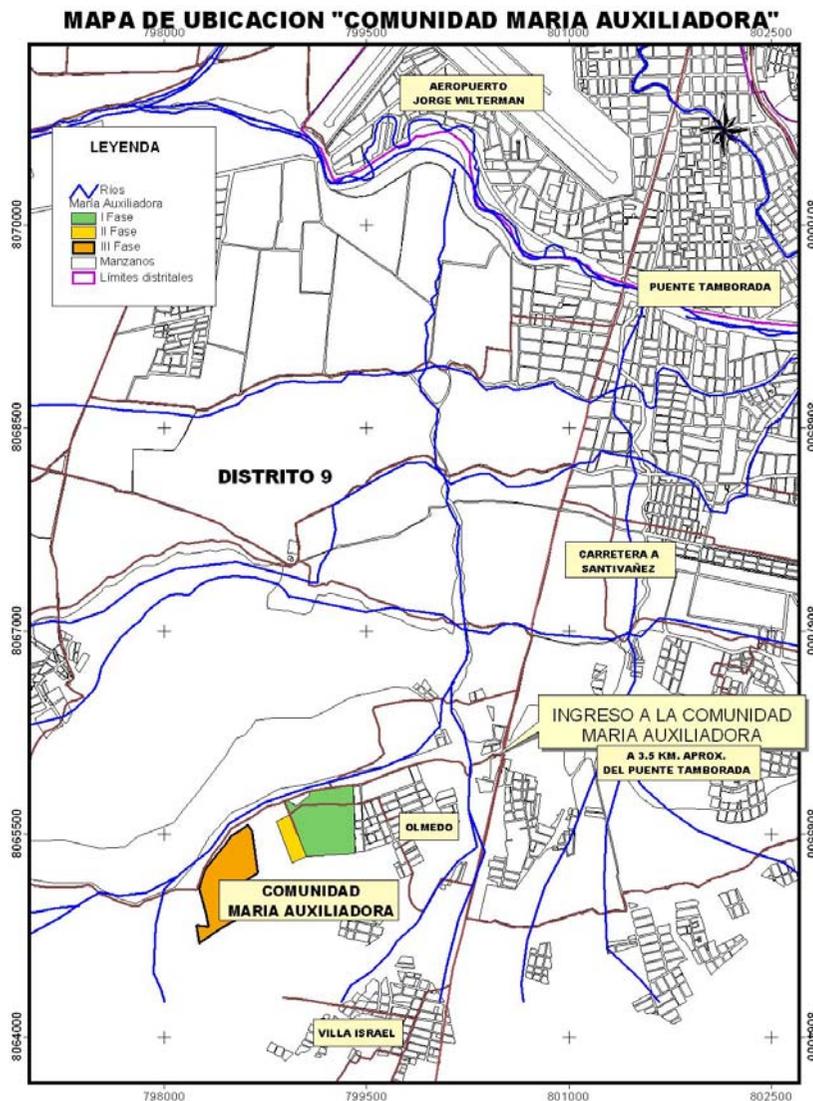


Fig.1: Mapa de Ubicación de la Comunidad.
Fuente: Oficina Planeamiento. HAMC.

1. COMUNIDAD MARÍA AUXILIADORA.

1.1. Orígenes de la Comunidad María Auxiliadora

Hábitat para la Mujer Comunidad María Auxiliadora es un barrio ubicado en el Distrito 9 de la Zona Sur de Cochabamba, en la zona de Sivingani, subcentral Azidumarca (Fig. 1). Nace por iniciativa de un grupo de mujeres que asistían a las reuniones de la Red Mujer Hábitat que detectan la falta de una vivienda digna como uno de las causas de la violencia intrafamiliar. Según relatan, en las familias que viven en alquiler las mujeres sufren una doble violencia: la de los dueños de casa por conflictos sobre el consumo de agua, luz o el ruido causado por los niños, y la de su pareja por la situación de hacinamiento en que viven, contando además con la amenaza constante de poder ser desalojadas por el propietario o por su pareja y quedar en la calle con sus hijos. (CMA, 2006).

Conscientes de ello, deciden conformar una Comunidad dirigida a familias con pocos recursos, y especialmente a mujeres cabeza de familia, en la que la mujer asume el papel protagonista al contar con la titularidad de la vivienda y los puestos de presidenta y vicepresidenta del directorio de la Comunidad.

En 1999 Dña. Rose Mary Irusta compra un primer terreno de 16 Has en el que, siendo una propiedad única colectiva, se reparte el suelo en 373 parcelas para viviendas, además de espacios de reserva para equipamientos y espacios públicos. Las viviendas de la CMA se conciben a partir de su valor de uso, y no de su valor de cambio, no pudiéndose éstas ni vender ni alquilar, siendo la Comunidad la que devolverá la inversión realizada a quien desee mudarse y seleccionará a una nueva familia candidata para ingresar en ese lugar, asegurándose de este modo que no exista especulación y que la vivienda sirva siempre de techo para aquella familia que así lo precise.

1.2. Organización y construcción de la Comunidad

El órgano máximo de gobierno de la Comunidad es la Asamblea General de Vecinos, que se reúne cada primer domingo del mes. Existe además un directorio presidido por mujeres (presidenta y vicepresidenta) y una serie de cargos (tesorería, secretaría, y grupos encargados de áreas específicas como el comité de apoyo a las familias en conflicto, servicios básicos, medio ambiente, etc) que pueden ser asumidos indistintamente por hombres y mujeres. La coordinadora e impulsora del proyecto es Dña. Rose Mary Irusta.

Las viviendas se han ido construyendo a lo largo de estos años a partir de mecanismos de solidaridad mutua propios de la cultura andina: el pasanaku (fondo de solidaridad comunitaria) y el ayni (ayuda mutua en los trabajos de construcción), así como con el acceso a microcréditos concedidos principalmente por la Fundación Pro Hábitat y Hábitat para la Humanidad.



Fig.2: Vista general del Primer y Segundo Grupo de la Comunidad

A pesar de que, como ellas mismas explican, son “legales” desde el principio puesto que compraron los terrenos antes de asentarse, consiguieron regularizar su situación como asentamiento a través del Acuerdo de Responsabilidad Compartida (ARCO) que en el año 2003 suscribieron el Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos y el Gobierno Municipal de Cercado.

Las familias que desean irse a vivir a la CMA son informadas previamente de los Estatutos existentes, que han de ser aceptados y asumidos. En estos Estatutos se establece, además de la prioridad de la mujer, y en caso de ausencia de esta por cualquier razón, de los hijos en la titularidad y permanencia en la vivienda, la prohibición de malos tratos y violencia en el hogar y del uso de las casas para la venta de bebidas alcohólicas, ya que se considera que el alcoholismo induce a la violencia.

María Auxiliadora es una comunidad solidaria, construida hasta ahora sin apoyo Estatal ni Municipal. Existe la obligatoriedad de realizar trabajos comunitarios con los que hasta ahora se han abierto y allanado las calles y se han construido los servicios básicos existentes, un parque infantil y una cancha de fútbol.

2. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL ASENTAMIENTO.

La Comunidad María Auxiliadora se sitúa en el Distrito 9 de la zona sur de Cochabamba, subcentral Azidumarca, en la falda noroeste de los cerros que conforman la cuenca del río Sivingani, existiendo tres grupos de familias (tres colectividades de propietarios o fases de la urbanización) que componen la comunidad (Fig.3).

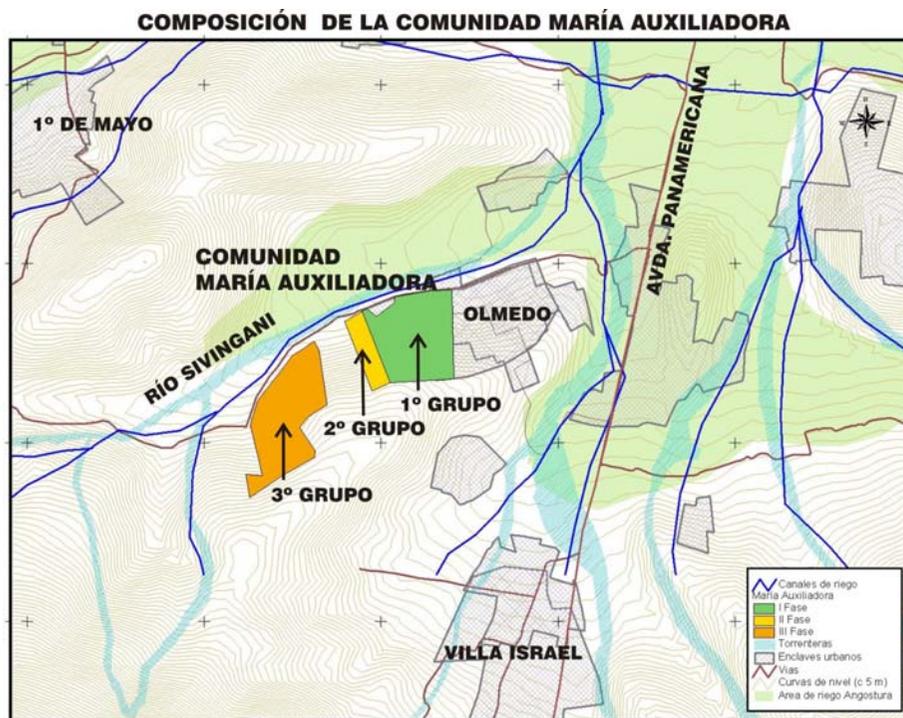


Fig.3: Fases de crecimiento de la CMA.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos Oficina Planeamiento (HAMC).

El primer grupo, el más antiguo y asentado, es propietario de un terreno de unas 16 Has en total compuesto por 373 parcelas para viviendas y cinco más para equipamientos y servicios que constituyen una reserva total de aproximadamente el 48% de los terrenos. El terreno tiene forma trapezoidal con una media de unos 500 m de largo por 300 m de ancho, alcanzando una diferencia de cotas entre el punto más alto y el más bajo de unos 110 m. El segundo grupo se sitúa a continuación del flanco oeste del primer grupo. De aproximadamente 6 Has de superficie con forma rectangular, lo conforman un total de 124 parcelas para viviendas, además

de reservas para equipamientos y servicios del 44%. En la actualidad son sólo 2 las familias que han culminado su vivienda y se encuentran viviendo en la Comunidad, aunque hay 14 viviendas en proceso de construcción.

Finalmente el tercer grupo se sitúa más al oeste, separado del segundo por un terreno que no es propiedad de la comunidad. Limitado en su borde oeste por una torrentera, y existiendo otra que lo atraviesa, de las 21 Has totales son aproximadamente 19,7 Has las urbanizables. Tiene una forma irregular que llega a tener una diferencia de cota máxima de 110 m. La ordenación y planificación se encuentra en la actualidad en proceso de redacción por parte de la Comunidad de María Auxiliadora conjuntamente con la Alcaldía.

3. EQUIPAMIENTOS Y SERVICIOS BÁSICOS.

En este apartado nos referiremos principalmente a la primera fase de la CMA, en la que existiendo una ordenación urbana previa, ésta ya se ha materializado a través de la construcción de más del 65% de las viviendas.

3.1. Equipamientos Públicos

En esta fase se ha realizado una reserva de espacio correspondiente al 48% del total de su superficie. En estos terrenos, en los que gracias al esfuerzo colectivo ya se ha construido una guardería, se prevé también la instalación de un colegio, un mercado y un centro de salud.

Como hemos expuesto encontramos también un parque infantil y una cancha de deportes que se sitúan en la zona más baja de la propiedad, al otro lado del río Sivingani (Fig. 4).

PLANO DE URBANIZACIÓN. PRIMER GRUPO. CMA.

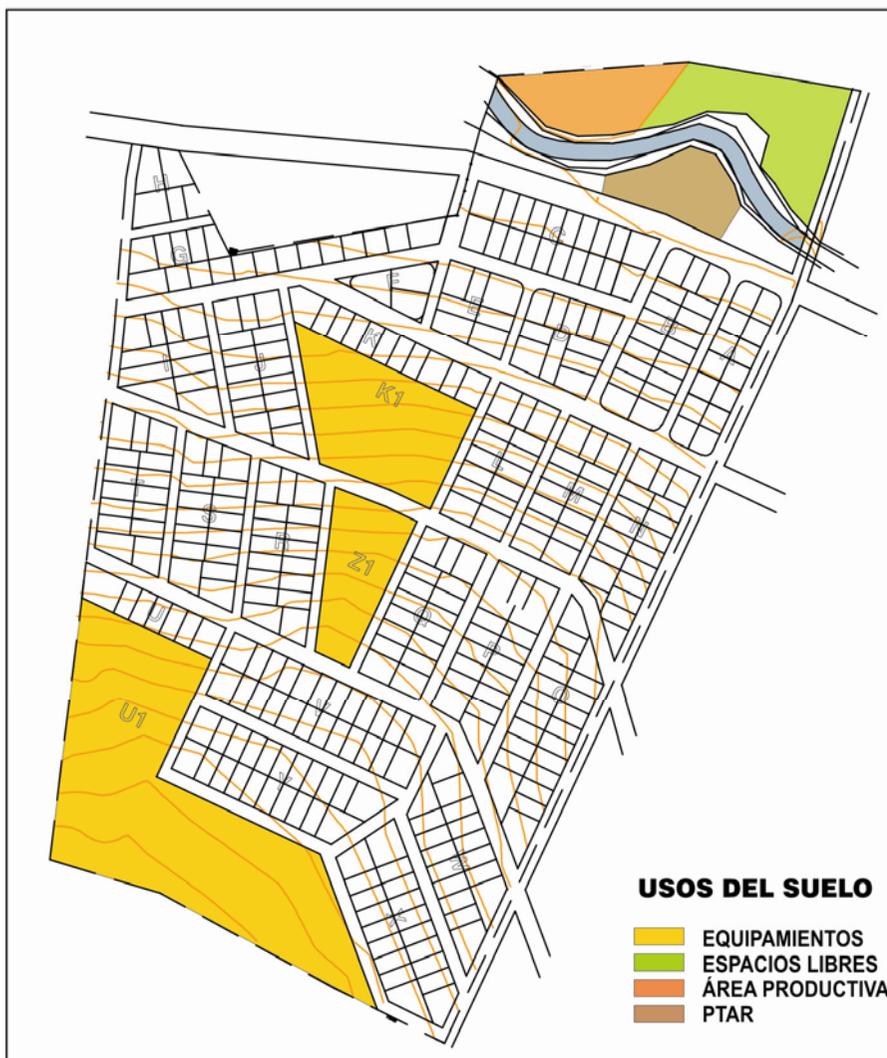


Fig.4. Plano de Urbanización y usos del suelo del Primer Grupo CMA. Fuente: Elaboración propia.

En la actualidad existen ya problemas para la escolarización de los niños de la comunidad puesto que el colegio más próximo (U.E. Antonio Díez) ha llegado al límite de su capacidad. Para la asistencia sanitaria hay que acudir necesariamente al centro de la ciudad (Hospital Viedma principalmente), así como para la realización de gestiones y compras, aunque existen dentro de la comunidad algunas pequeñas tiendas con productos de primera necesidad y talleres de carpintería, herrería, etc.

3.2. Servicios Básicos

Desde el año 2001 toda la primera fase cuenta con **redes eléctricas** para el abastecimiento de energía a las viviendas, estando el servicio de alumbrado público de las calles más limitado.

La instalación de **agua potable** se completó en 2004 gracias a la donación del 50% de los recursos por parte de PAMS Suiza, financiándose la otra mitad a través de un crédito con Pro Hábitat. Consta de un pozo de 93 m de profundidad con una bomba que impulsa cada día el agua hasta un tanque elevado de unos 70 m³ de capacidad. El agua es de una calidad bastante buena, aunque las dimensiones del tanque limitan la cantidad de agua disponible por familia, siendo en la actualidad 240 las familias beneficiarias del servicio, con una capacidad de consumo de unos 58,3 l/hab día. Por otro lado, la importante diferencia de alturas (unos 110 m) existente entre el punto más alto, donde se sitúa el tanque, y las casas de las zonas más bajas hace que estas reciban el agua a muy alta presión. Como consecuencia se producen consumos y pérdidas excesivas y roturas en algunas tuberías y dispositivos.

Este hecho, unido a la escasez de volumen de acumulación disponible (situación que se agravará conforme todas las viviendas sea concluidas y

habitadas) hace necesario pensar que en un plazo medio de tiempo será necesaria la construcción de al menos un nuevo tanque de acumulación en el espacio para equipamientos reservado, que afortunadamente se encuentra a la mitad de la altura total del cerro donde se encuentra el asentamiento, lo cual permitirá se constituya a su vez como vaso regulador de la presión del agua.



Fig.5. Tanque de almacenamiento de Agua Potable (TA 1.1.).

Fig.6. Contador individual para agua potable.

La comunidad autogestiona este servicio conjuntamente con el de alcantarillado, existiendo contadores individuales cuya lectura conlleva el cobro de las cuotas correspondientes al consumo además de tasas fijas para el mantenimiento de las instalaciones. A raíz de la problemática de almacenamiento de agua descrita, existe una limitación al consumo de 9 m³/familia al mes impuesta a través de la tasa a pagar por m³, que pasa de 2 Bs/m³ a 5 Bs/m³ al rebasar dicho límite. Es necesario resaltar el hecho de que las tarifas de este servicio siendo adecuadamente autogestionado

resultan de menor costo que las del servicio municipal de aguas (SEMAPA) que están en torno a 2,5-3 Bs/m³.

En la actualidad se están llevando a cabo los estudios para la perforación de un nuevo pozo para la Segunda Fase de la CMA con recursos propios.

La **red de alcantarillado** para aguas servidas se constituye en la actualidad como el principal problema al que se enfrenta la Comunidad en lo referente a los servicios básicos. Tan sólo un tercio de las familias tienen acceso a dicha red, que sólo ha podido extenderse en las manzanas de la parte más baja del asentamiento, contando con un tanque séptico cuya capacidad de tratamiento no permite completar el ciclo necesario para verter las aguas con suficiente calidad al medio.

Las familias cuyas viviendas se sitúan en zonas donde aún no ha sido posible extender la red, resuelven el problema de la deposición de tres maneras: desplazándose a áreas colindantes no habitadas, a través de letrinas, o en el mejor de los casos, con pozos filtrantes construidos para la vivienda.

En cualquiera de los tres casos entendemos existe un grave peligro de infiltración de aguas servidas al terreno que en un plazo no muy largo de tiempo puede llevar a la contaminación de las aguas freáticas y por tanto del pozo del que se extrae el agua para consumo, con las consecuencias que para la salud pública conllevaría.

En los siguientes capítulos expondremos de manera más explícita cuál es la situación de este servicio y la solución más adecuada que encontramos a esta problemática.

4. SISTEMA DE GESTIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD MARÍA AUXILIADORA.

4.1. Proyecto de alcantarillado sanitario condominial

El sistema fue diseñado para el Primer Grupo de la CMA por Ing. Sabino Arnez Camacho como tesis de grado bajo la dirección del Ing. Armando Escalera en el año 2004. Consta de una red principal de tuberías de PVC de 100 mm y cámaras de registro a la que acometen directamente las salidas de cada una de las viviendas, es decir, existe una arqueta para cada vivienda en el exterior, y la unión de estas conforma la red principal. Este sistema permite abaratar los costes de la instalación. (Fig. 7 y Fig.8).

Este proyecto también preveía la construcción de una planta de tratamiento compuesta por un tanque séptico y pantanos biológicos para el tratamiento de las aguas (ver Anexo 1). A causa principalmente de la falta de recursos económicos, la planta de tratamiento que se construyó en el año 2005 tiene dimensiones notablemente menores a las previstas en el proyecto original, lo que impide pueda realizarse una tratamiento correcto del efluente de aguas residuales.



Fig.7. Conexiones a través de las cámaras de registro de la red de alcantarillado.

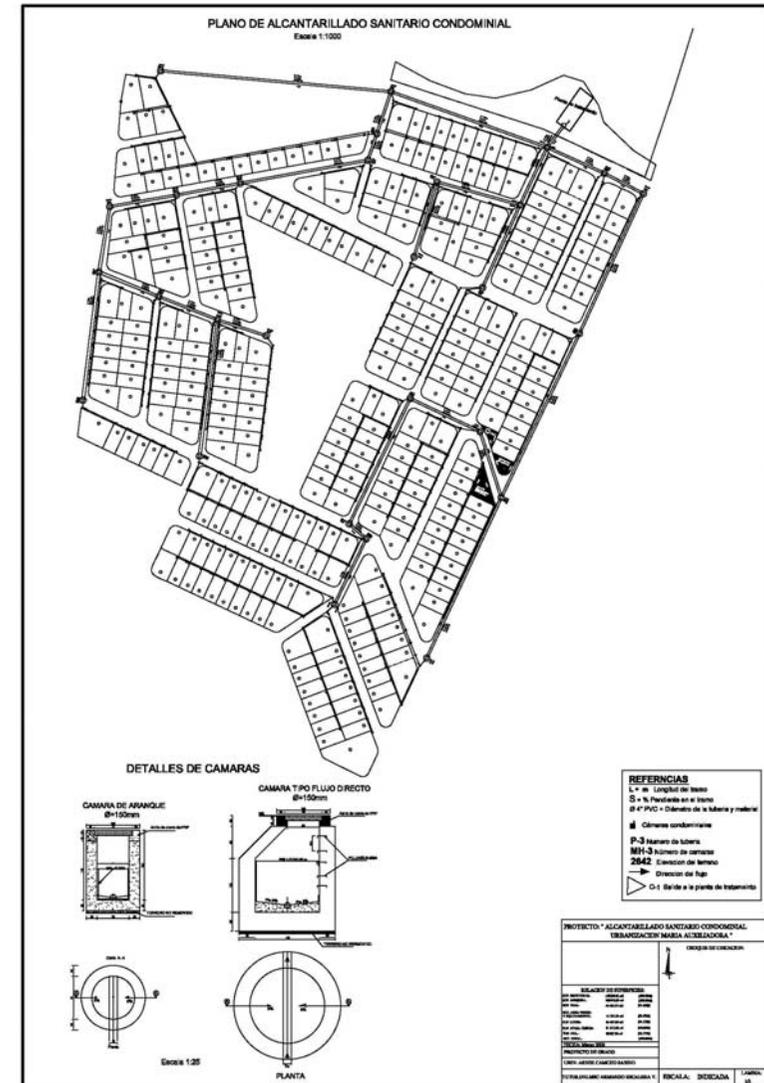


Fig.8. Proyecto para Alcantarillado condomineal. Sabino Arnez.

4.2. Situación actual del sistema.

Como ya hemos comentado, en la actualidad encontramos que tan sólo una parte de la red de alcantarillado ha podido ser construida, a la que acceden unas 80 familias.

Las aguas servidas conducidas por esta red se introducen en un tanque séptico que remueve en torno al 56 % de la materia orgánica (DBO₅) y el 70 % de los sólidos en suspensión, tal y como podemos ver en los análisis realizados en Mayo del 2009 (ver documentación). A pesar de tener una eficacia notable, la alta concentración de contaminantes con la que cuenta este agua hace insuficiente el tratamiento, situándose los índices de contaminación del efluente del tanque por encima de los límites establecidos en el Anexo A de la Ley 1333 (Ley de Medio Ambiente).



Fig.9. Efluente a la salida del Tanque Séptico. Fig.10. Filtro



Fig.11. Red de infiltración al terreno. Solución transitoria

Este agua es vertida entonces a un lecho de piedras de unos 60 m² de con 60 cm de profundidad donde se realiza una filtración de las aguas, que transcurren por flujo horizontal (Fig. 11). Dada su pequeña dimensión, resulta colapsado y apenas si puede realizar una leve función de retención de contaminantes. En la actualidad, la Comunidad ha construido en el terreno adyacente al tanque una red de infiltración al terreno que emana al lecho del río (Fig. 10), sin cauce durante los meses de invierno. Allí, una piscina construida también por el vecindario permite la retención del agua y su tratamiento terciario, ya que a través de la radiación solar funciona como una laguna de maduración. Esta solución, si bien es transitoria, permite en la actualidad prácticamente eliminar los peligros de contaminación.

Evaluada la situación de riesgo para la salud pública que esta situación representa y existiendo en la Comunidad una importante preocupación al respecto, se solicita la realización de una propuesta para la reestructuración de dicho sistema de manera que se pueda completar la red en su totalidad (incluyendo al Segundo Grupo) y realizar un tratamiento de las aguas que permita obtener un efluente apto para el riego en tierras productivas. Es en base a estas premisas que se redacta la propuesta que a continuación se describe.



Fig.11. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). CMA.

5. PROPUESTA TÉCNICA PARA UN SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN LA COMUNIDAD MARÍA AUXILIADORA.

La propuesta parte de la premisa del aprovechamiento en la medida de las posibilidades de todos los elementos de la red ya existentes en el Primer Grupo, correspondientes principalmente a los tramos de redes de alcantarillado del tercio inferior de la urbanización y el tanque séptico (TS 1.1) en el sistema de aguas residuales y la red completa de tuberías y el tanque de almacenamiento existente (TA 1.1.) en la red de distribución de agua potable.

La implementación del sistema de tratamiento y abastecimiento de aguas para los Grupos 1 y 2 de la Comunidad María Auxiliadora se entiende a realizar por fases, en cada una de las cuales se incorporarán elementos que, si bien son “parte” del sistema completo definitivo, en cada estadio permitirán satisfacer las necesidades de la población que se prevé esté ya instalada en cada momento en la Comunidad, siendo además susceptibles de implementarse dichos elementos en función del ritmo de incorporación de habitantes al asentamiento y del acceso a recursos para la inversión.

De esta manera, el diseño definitivo se ha realizado en base a las normas existentes en la legislación boliviana, más concretamente los Reglamentos Técnicos NB 688 para el “Diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial” y la NB 689 de “Diseño para sistemas de agua potable”, dimensionando los elementos para el total de las familias del asentamiento con una proyección de 20 años considerada tanto para el cálculo de la población total como del consumo de agua por habitante al día.

Para poder estimar las necesidades de la comunidad a lo largo del tiempo, se han realizado los cálculos en función a cuatro estadios temporales: **tiempo 1** (año 2009); **tiempo 2** (año 2014); **tiempo 3** (año 2019) y **tiempo 4** (año 2029).

Se propone estructurar para el cálculo el total de las parcelas de las Fases 1 y 2 de la CMA en **cuatro grupos**, basándonos en la configuración geográfica del terreno y, consecuentemente, en la distribución de las redes de agua potable y saneamiento (Fig. 8) que en relación a esta han sido configuradas en el proyecto existente. De este modo, tal y como se refleja en la Fig. 12, consideraremos:

- **Grupo 1.1:** conformado principalmente por las viviendas de la parte central del área inferior del Grupo 1 con un total de **133 parcelas**. Es el área más densamente poblada en la actualidad, ya que la mayoría de las viviendas concluidas se encuentran en esta zona.
- **Grupo 1.2:** formado por las parcelas situadas en el flanco Este del Grupo 1, principalmente aquellas situadas en la mitad superior de la misma, con un total de **161 parcelas**.
- **Grupo 1.3:** A este grupo corresponden **79 parcelas** situadas en el flanco oeste del Grupo 1, principalmente en las zonas más altas de la misma. La configuración de la red, condicionada por el relieve del terreno, y la existencia de una propiedad ajena a la comunidad en esta área, nos lleva a entender como la solución más adecuada aquella en la que estas viviendas se agruparán finalmente con la segunda fase de la urbanización para la construcción de un nuevo sistema paralelo al existente.
- **Grupo 2:** corresponden a este grupo las **124 parcelas** de la segunda fase de la urbanización, situadas seguidamente al grupo anterior, a continuación del límite Oeste de la primera fase.

CONFIGURACIÓN DE GRUPOS PARA EL SISTEMA DE AGUAS. CMA.



Fig.12. Distribución en grupos de las parcelas de la primera y segunda fase de la CMA para la configuración de los sistemas de agua potable y saneamiento. Se marcan sombreadas las parcelas que en la actualidad ya cuentan con la vivienda terminada y las familias habitándolas.

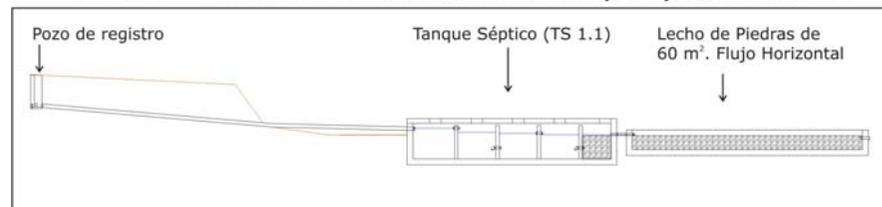
5.1. Condiciones de partida

- Sistema de alcantarillado.

El efluente de aguas servidas existente en la actualidad a través del sistema de alcantarillado (para un total de 80 familias) tiene una caudal medio de $Q_m=0,23$ l/s a la salida del tanque séptico (TS 1.1). La concentración de materia orgánica en el afluente al tanque es de 590 mg DBO₅ /l, con 485 mg/l de sólidos suspendidos (ver documentación).

El TS 1.1 tiene unas dimensiones exteriores de 4,00 m de ancho y 9,10 m de largo, con una profundidad estimada de 2,30 m de altura total (se encuentra semi-enterrado), lo que representa aproximadamente unos 70 m³ de capacidad de almacenamiento. Se compone de cinco cámaras, la última de las cuales cuenta con un relleno de piedras que actúan como

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR). COMPONENTES.



TANQUE SÉPTICO. TRATAMIENTO PRIMARIO.

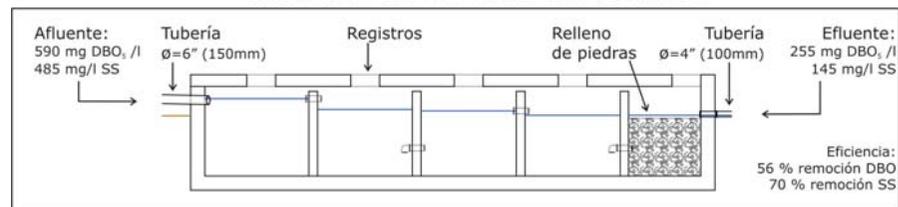


Fig.13. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) existente en la actualidad en la CMA compuesta de Tanque Séptico y Lecho de Piedras de Flujo Horizontal. Detalle del Tanque Séptico TS 1.1.

material filtrante. La diferencia del nivel de agua entre la primera y la última cámara es de 0,35 m. (Fig. 13). La tubería de entrada es de 6" (150mm) y la de salida de 4" (100mm), existiendo una diferencia de alturas entre ellas de 22 cm. El análisis de aguas a la salida del tanque nos muestra una concentración de materia orgánica en el efluente de 255 mg DBO₅ /l (56 % de remoción), con 145 mg/l de sólidos suspendidos (70 % de remoción) (ver documentación).

- Sistema de agua potable.

La capacidad de almacenamiento de agua para consumo es de unos 70 m³ en el TA 1.1. para una población de 240 familias (1200 habitantes) lo cual nos lleva a una dotación de 58,3 l/hab día.

- Población:

La población actual del asentamiento es de unas 240 familias, aunque el total de familias a las que ha de dar servicio el sistema es de 373 viviendas de la Fase 1 y 124 de la Fase 2.

Para la caracterización sociológica, nos basaremos en el estudio realizado por el SICEFA en el año 2007. Según este estudio, la distribución de las familias según número de miembros es tal y como se refleja en el de la Fig. 14 En base a estos datos asumiremos una media de 5 personas/vivienda.

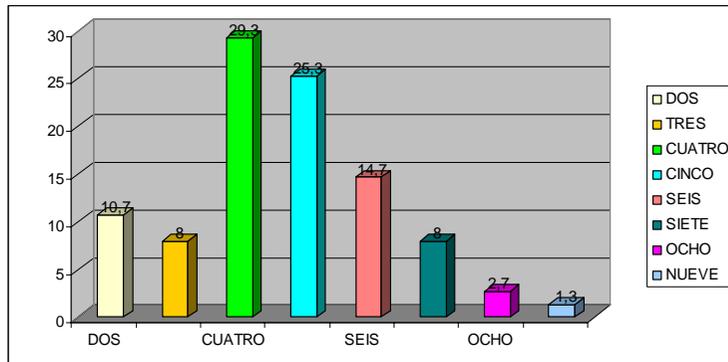


Fig.14. Distribución de la población por número de miembros. SICEFA. 2007.

El índice de crecimiento vegetativo, según normativa, será Tc=1% anual, considerándose para el cálculo una proyección exponencial del crecimiento vegetativo según la fórmula:

$$Pf = Pa * e^{Tc*t/100}$$

De este modo, los datos de población a considerar serán:

FASES	GRUPOS	Nº FAMILIAS	Nº HABITANTES
T1 (2009)	G1	240(170)	1200 (850)
T2 (2014)	G1	240	1262
	G1.1 + G1.2	294(190)	1545 (999)
	G1.3 + G2	203	1067
T2 (2019)	G1.1 + G1.2	294	1625
	G1.3 + G2	203	1122
T3 (2029)	G1.1 + G1.2	294	1795
	G1.3 + G2	203	1240

- Dotación de agua:

Se calcula en función a los datos referidos a la dotación actual y a la proyección de la dotación futura de acuerdo a la NB 689:

$$Df = Do (1 + d/100)^t$$

Siendo:

Df: dotación futura

Do: dotación original

d: % de variación anual (0,5 - 2%)

t: tiempo en años de estudio.

Considerando una dotación de 58,3 l/hab día en la actualidad y un porcentaje de variación anual del 2%, la dotación sería de:

- T1 (2009) : 58,3 l/hab día
- T2 (2014) : 64 l/hab día

- T3 (2019) : 70 l/hab día
- T3 (2029) : 100 l/hab día.

En base a estos datos se calculará así mismo el volumen mínimo para el tanque de almacenamiento de agua de consumo (TA), estimando el volumen necesario para el abastecimiento diario de la población considerada.

Caudal de diseño:

Según los datos actuales, siendo el sistema separativo y existiendo un caudal a la salida del tanque de 0,23 l/s para una población de 80 familias, obtenemos:

- Coeficiente de retorno: 70 %
- Caudal diseño: $Q_d = Q_m + Q_e + Q_i$
- Caudal medio diario: $Q_m = C.P.D$
 - C : coef. retorno
 - P : Población
 - D : dotación
- Caudal por ingreso de pluviales: $Q_e = 5\% * Q_{max}$
- Caudal por infiltraciones: $Q_i = 5\% * Q_{max}$
- Caudal máximo: $Q_{max} = Q_m * M$ ($M = 2,4$).

Tasa de carga orgánica:

Consideraremos la tasa de carga orgánica existente a la salida del tanque en la actualidad (composición efluente: documento adjunto), así como el límite que para el vertido y uso del agua para regadío establece el Anexo A de la Ley 1333:

- C_o : 255 mg DBO₅ /l
- C_e : 80 mg DBO₅ /l

5.2. Componentes de la planta de tratamiento:

Tras realizar los estudios pertinentes, se entiende como la solución más adaptada al contexto tanto por los condicionantes físicos del espacio donde ubicar la planta (existe una importante limitación superficial en este sentido), las condiciones socio-económicas de la población a servir y los usos de fluido de descarga, en este caso suelos productivos (floricultura y árboles frutales), el diseño de la PTAR con los siguientes elementos:

- **Pretratamiento:** cámara de desbaste o cámara de rejillas con separación de grasas.
- **Tratamiento Primario:** Tanque Séptico.
- **Tratamiento Secundario:** Humedales Verticales.

5.3. Dimensionamiento de los elementos de la planta de tratamiento:

- Dimensionamiento del Tanque Séptico (TS) según NB 688:

$$V_{ts} = 1000 + N (D_{Tr} + L_f K)$$

Siendo: T_r	=	0,5	días
L_f	=	1	l/hab día
K	=	60	
D	=	40,6	l/hab día
N	=	Nº habitantes	

- Dimensionamiento de Humedales Verticales (HV) :

Los humedales y su funcionamiento han sido diseñados de modo que se genere una lámina de 5 cm de agua para filtrar en cada dosis, existiendo 8 dosificaciones al día. Así mismo, los humedales contarán con periodos de descanso, establecidos en cada fase según el nº de humedales construidos.

- Características del Humedal:

Profundidad $h = 1$ m.

Porosidad $n = 35$ %

Frecuencia $F = 8$ veces/día.

Orificios tuberías de reparto:

Diametro = 8 mm

Dist lat = 0,6 m

Dist orif = 0,6 m

H = 0,5 m

Coef Cv = 0,63 m

- Cálculo de la Población equivalente:

$$Pe = Qd * Co / (60 \text{ grDBO5/hab.día})$$

- Área Humedal:

$$As = 0,6 * Pe$$

- Parámetros de funcionamiento del humedal vertical:

Volumen de la dosis: $V \text{ dosis} = Qd (\text{m}^3/\text{día}) / F$

Caudal Total: $QT = Qo * N_{\text{tub}} * N_{\text{orif}}$

Duración dosis: $T = V_{\text{dosis}} / QT$

$$TR = (\text{día} - F * \text{dosis}) / F$$

- Parámetros de comprobación del dimensionamiento del humedal vertical:

Tasa Carga Organica TCO = $(Co - Ce) * Qd / As$

Tasa Carga Hidraulica $TCH = Qd / As$

Tasa Hidraulica Aplicación $THA = TCH / F$

5.4. Resultados del cálculo.

Se realizaron los cálculos en base a las tablas de la documentación adjunto (6.2.) para cada uno de los supuestos establecidos en relación a los cuatro estadios temporales, los grupos establecidos dentro de las Fases 1 y 2 de la urbanización, y las diferentes posibilidades de combinación entre éstos, así como los supuestos de consumo de agua por habitante al día. Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro:

RESUMEN DE RESULTADOS. DIMENSIONAMIENTO DE COMPONENTES PARA PTAR.¹

Tiempo	Año	T 1 (2009)	T 2 (2014)	T 2 (2014)	
Población	Grupos	1.1+1.2+1.3	1.1+1.2+1.3	1.1+1.2	1.3 + 2
Familias	Udad.	240 (170)	240	294 (210)	203
Dotación	l/hab.día	58,3	64 (58,3)	64	64
Vol. TA	m ³	70	80 (70)	99 (70)	80
Vol TS	m ³	97,3 (70)	105 (102)	131 (92)	92
Sup. HV	m ²	150 (109)	178 (162)	250 (154)	165

Tiempo	Año	T 3 (2019)		T 4 (2029)	
Población	Grupo	1.1+1.2	1.3 + 2	1.1+1.2	1.3 + 2
Familias	Udad.	294	203	294	203
Dotación	l/hab.día	70	70	100	100
Vol. TA	m ³	115	80	180	125
Vol TS	m ³	139	96	172,4	118
Sup. HV	m ²	250	175	400	275

¹ Los números entre paréntesis se refieren al cálculo en función a las limitaciones que uno de los elementos existentes (TS 1.1 o TA 1.1.) puede introducir en cada estadio, estando el elemento limitante señalado en negrita

En base a los resultados obtenidos para cada estadio temporal y con una proyección final a 20 años, tal y como establece la legislación, se plantea el diseño completo del sistema en base a los siguientes criterios (Fig. 15):

- División en dos Subsistemas:

- o Subsistema 1 (grupos G 1.1 y G 1.2): destinado a un total de 294 familias.
- o Subsistema 2 (grupos G 1.3 y G 2): destinado a un total de 203 familias.

- Sistema de agua potable:

Cada uno de los subsistemas 1 y 2 contará con su propio pozo perforado de agua, el cual abastecerá a dos tanques de almacenamiento en cada caso que distribuirán por redes independientes por gravedad. El tanque intermedio servirá de vaso regulador para evitar problemas de sobre presión excesiva en las zonas más bajas de la urbanización. Los tanques han sido calculados para el almacenamiento del volumen de agua necesario para abastecer diariamente a la población proyectada para 20 años con una dotación de 100 l/hab día. Una mayoración en los volúmenes de almacenamiento permitiría contar con un deseable margen de seguridad en caso de falla en el abastecimiento.

- **Sistema de saneamiento de aguas residuales:**

El sistema estará compuesto en ambos casos de un pretratamiento con cámara de desbaste, tratamiento primario con Tanque Séptico y tratamiento secundario con Humedales Verticales.

En el caso del subsistema 1, el aprovechamiento del TS 1.1 existente nos obliga a construir un segundo tanque en paralelo a éste que permita procesar adecuadamente el volumen total calculado.

En los humedales verticales, en ambos casos existirán dos fases de depuración, la primera compuesta por tres humedales de funcionamiento alterno 2/3 y la segunda compuesta por dos humedales de funcionamiento 1/2.

Cabe señalar una vez más el hecho de que en cada una de las fases establecidas, los componentes del sistema a implementar están diseñados no sólo para satisfacer la demanda en cada estadio temporal, sino que son parte del sistema completo previsto a diseño final con una proyección de 20 años. Esta premisa permitirá que todas las inversiones a realizar paulatinamente realmente sean aprovechables con perspectiva de futuro, de modo que las respuestas a los problemas en cada momento no se conviertan en un condicionante, sino más bien en un aporte a la solución definitiva.

5.5. Fases para la implementación del sistema

Se plantea la construcción del sistema de aguas para los Grupos 1 y 2 de la Comunidad María Auxiliadora (CMA) en Cuatro Fases, que serán adaptables a la incorporación de las familias a la vecindad y al acceso a los recursos que vayan permitiendo la implementación del sistema, de modo que, como hemos explicado, se vayan incorporando “módulos” que formen parte del sistema final, dimensionado para el total de la población con su proyección correspondiente a 20 años.

SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO. CMA.

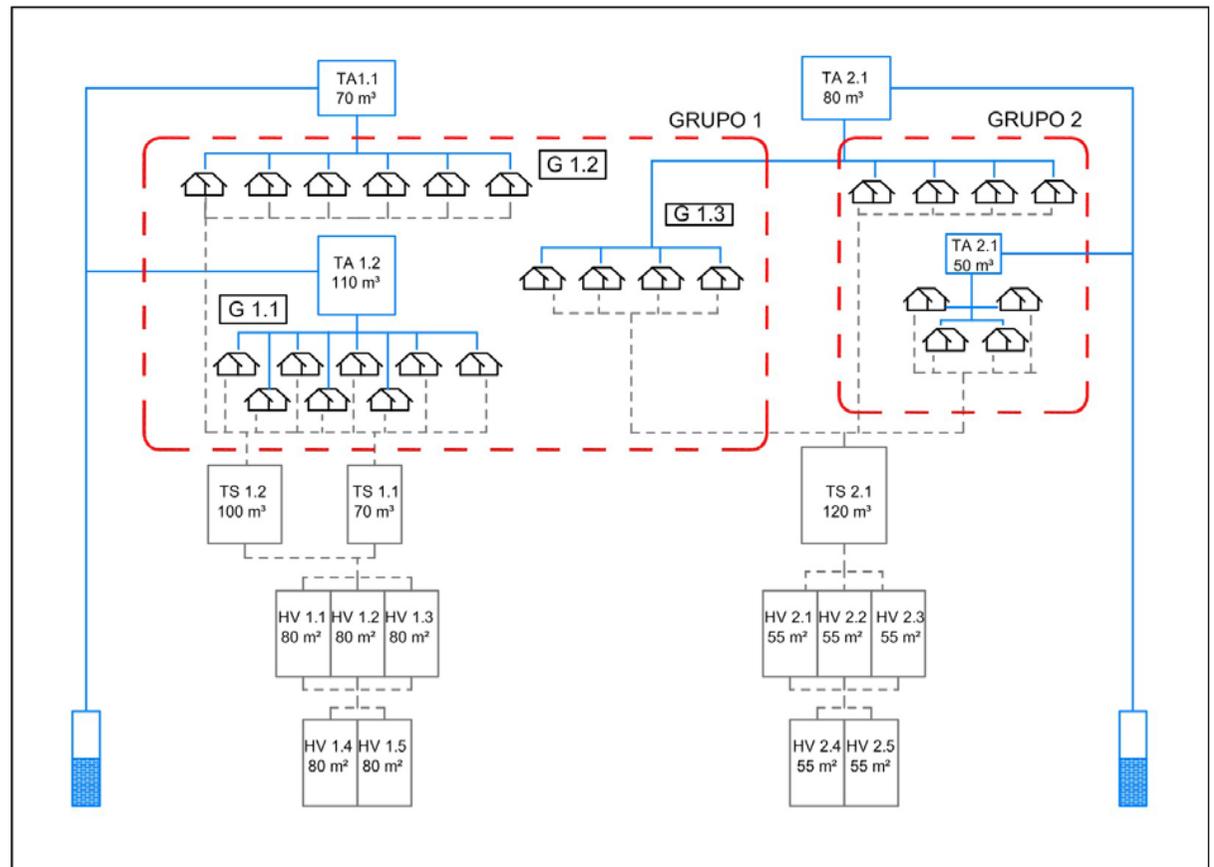


Fig.15. Diseño del sistema de agua potable y saneamiento con una proyección a 20 años para la Comunidad María Auxiliadora.

FASE 1 (2009):

Esta fase corresponde a las medidas a tomar con carácter de urgencia para conseguir paliar los efectos de la contaminación existente en la actualidad y ampliar la red de alcantarillado al menos al doble de las familias que en la actualidad tienen acceso, existiendo el límite impuesto por la dimensión del TS 1.1.

Tiempo	Año	T 1 (2009)
Población	Grupos	1.1+1.2+1.3
Familias	Udad.	240 (170)
Dotación	l/hab.día	58,3
Vol. TA	m ³	70
Vol TS	m ³	97,3 (70)
Sup. HV	m ²	150 (109)

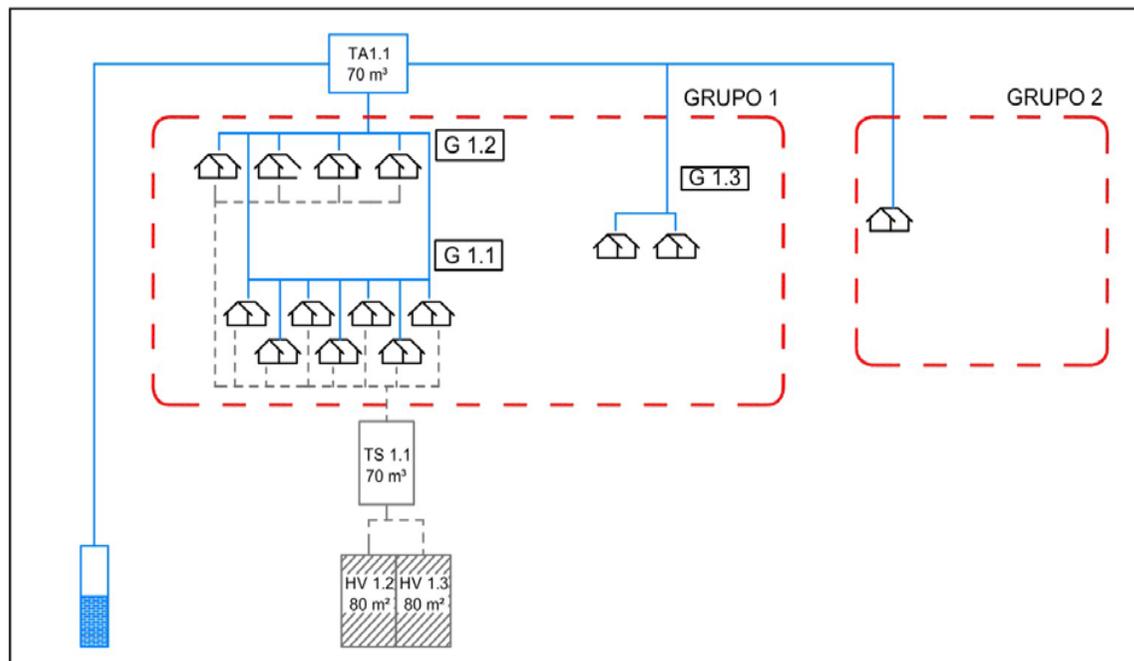
De este modo permitiría el tratamiento de aguas residuales para:

- G 1.1, 1.2 y 1.3: 170 familias
- Consumo: 58,3 l/ hab día.

Supone la construcción de:

- Cámara de desbaste para filtrado del efluente bruto de la red antes de entrar en el tanque séptico existente (TS 1.1 de 70 m³).
- Dos Humedales Verticales de 80 m² de funcionamiento alternado ½ (160 m²).

CONSTRUCCIÓN PTAR: FASE 1(2009)

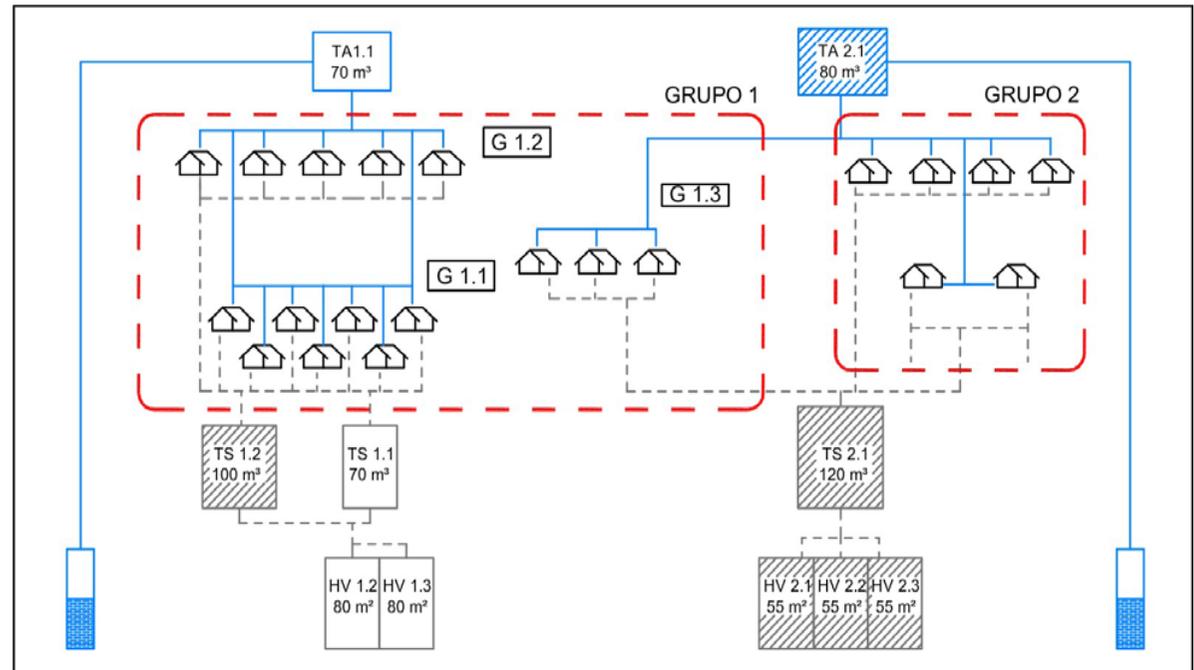


FASE 2 (2014):

Se trata de una fase intermedia, a implementar en un espacio no muy dilatado de tiempo (2-5 años) en la que se conformaría el subsistema 2 (grupos G 1.3 y G.2).

Tiempo	Año	T 2 (2014)	
Población	Grupos	1.1+1.2	1.3 + 2
Familias	Udad.	294 (210)	203
Dotación	l/hab.día	64	64
Vol. TA	m ³	108 (70)	80
Vol TS	m ³	131 (92)	92
Sup. HV	m ²	250 (154)	165

CONSTRUCCIÓN PTAR: FASE 2



Permitiría el abastecimiento y la depuración satisfactoria de las aguas residuales de:

- G 1.1 y G 1.2: 210 familias (en relación al límite impuesto por el tamaño del TA 1.1. de 70 m³).
- G 1.3 y G 2.: 203 familias
- Consumo: 64 l/ hab día
- Supone la construcción de:
 - Sistema 1 (G 1.1 Y G 1.2):
 - o Nuevo tanque séptico (TS 1.2) de 100 m3 con cámara de desbaste.

- Sistema 2 (G 1.3 y G 2):
 - o Tanque de almacenamiento de agua (TA 2.1) de 80 m3.
 - o Tanque Séptico (TS 2.1.) de 120 m3
 - o Tres módulos de Humedal Vertical de 55 m2 cada uno (HV 2.1; 2.2; 2.3), con funcionamiento alterno 2/3.

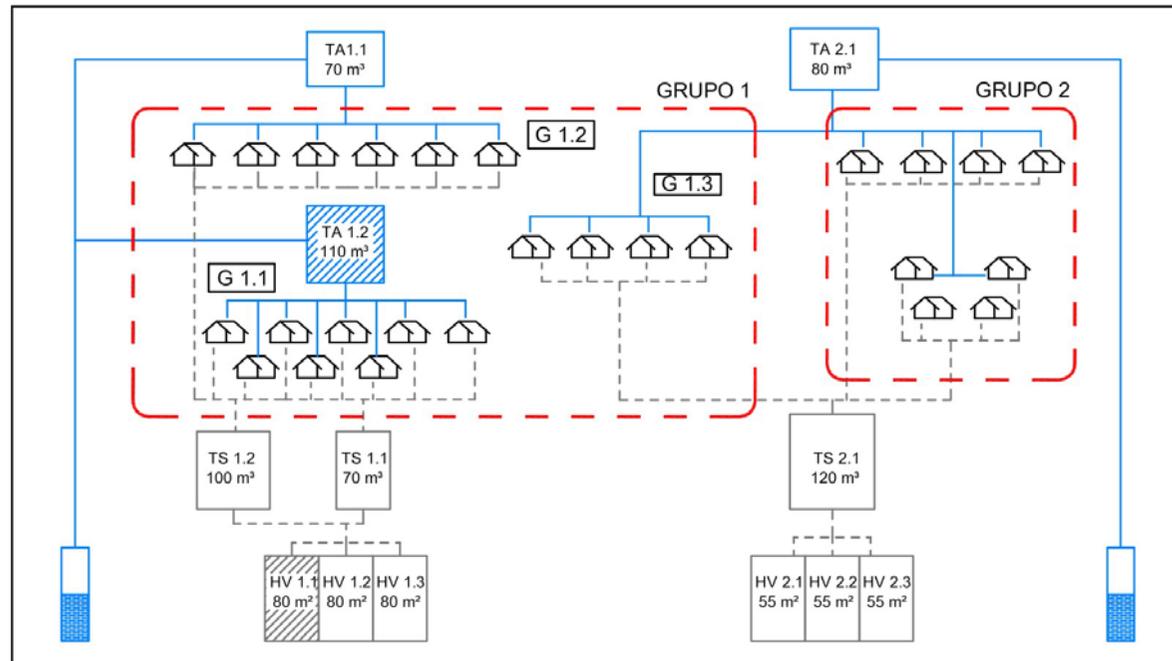
FASE 3 (2019):

Esta fase se prevé a implementar en unos 10 años, periodo para el que se estima la urbanización habrá sido completada (todas las viviendas construidas).

- o Nuevo módulo de humedal vertical (HV 1.3.) de 80 m². Este humedal entraría en funcionamiento en alternancia 2/3.

Tiempo	Año	T 3 (2019)	
Población	Grupo	1.1 + 1.2	1.3 + 2
Familias	Udad.	294	203
Dotación	l/hab.día	70	70
Vol. TA	m ³	115	80
Vol TS	m ³	139	96
Sup. HV	m ²	250	175

CONSTRUCCIÓN PTAR: FASE 3



De este modo se satisfecería la demanda de agua potable y depuración de aguas residuales para:

- G 1.1 y G 1.2. : 294 familias
- G 1.3 y G 2. : 203 familias.
- Consumo: 70 l/ hab día

Supone la construcción de:

- Subsistema 1:
 - o Nuevo tanque de almacenamiento de agua (TA 2.1) de 110 m³

FASE 4 (2029):

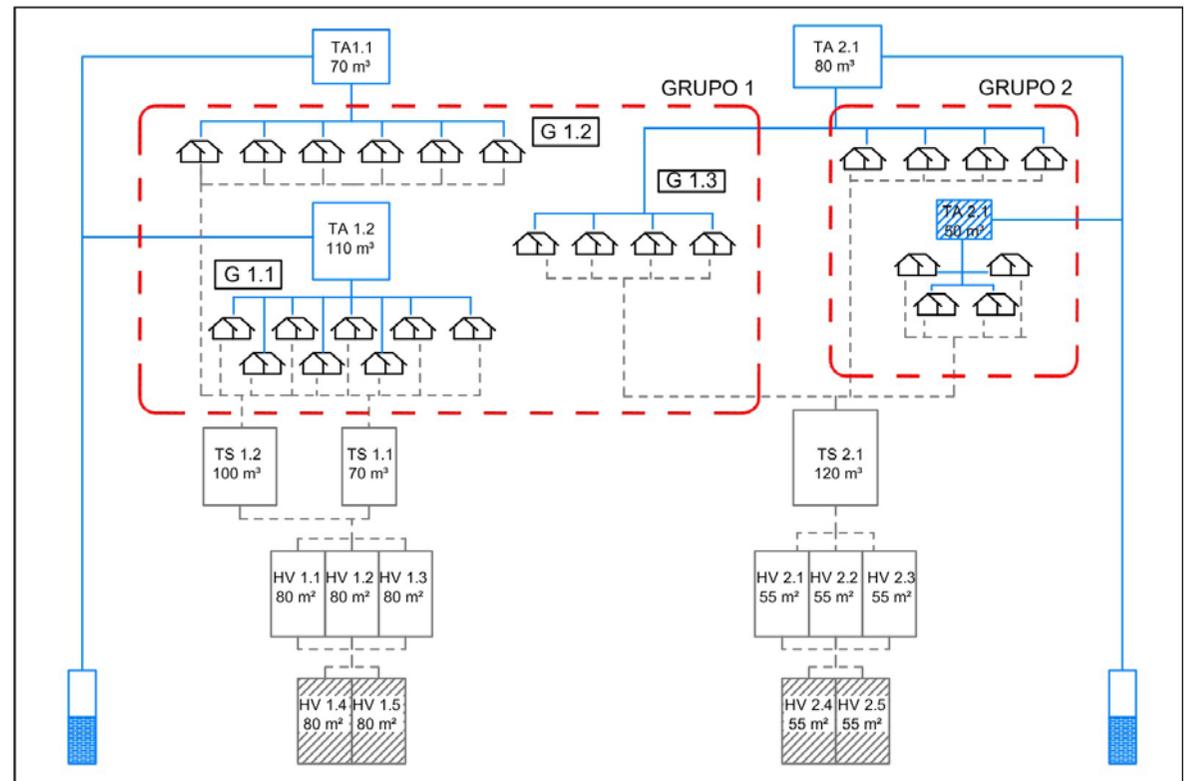
Se completarían los humedales permitiendo ya la limpieza del agua correspondiente a un consumo de 100 l/persona día para toda la población, pudiéndose así ampliar las restricciones existentes al consumo (establecidas a través del costo del m³ de agua) hasta este límite.

Tiempo	Año	T 4 (2029)	
Población	Grupo	1.1+1.2	1.3 + 2
Familias	Udad.	294	203
Dotación	l/hab.día	100	100
Vol. TA	m ³	180	125
Vol TS	m ³	172,4	118
Sup. HV	m ²	400	275

Supone completar el sistema con la construcción de:

- Segunda fase del tratamiento secundario del Subsistema 1, con dos nuevos módulos de humedal vertical de de 80 m2 cada uno (160 m2) .
- Segunda fase del tratamiento secundario del del Subsistema 2, con dos nuevos módulos de 55 m2 cada uno (110 m2).

CONSTRUCCIÓN PTAR: FASE 4



6. DOCUMENTACIÓN ADJUNTA.

6.1. Análisis de Aguas.



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CENTRO DE AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL
LABORATORIO REGIONAL DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS
LABORATORIO PILOTO A NIVEL NACIONAL
LABORATORIO PILOTO A NIVEL NACIONAL
LABORATORIO PILOTO A NIVEL NACIONAL
LABORATORIO PILOTO A NIVEL NACIONAL

REPORTE DE ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO DE AGUAS RESIDUALES
NUMERO DE REGISTRO:26896-SC-18555
NUMERO DE MUESTRA:489/09

PRESTATARIO : ANGELA LARA GARCIA (IIA -UMSS)
DIRECCION : CAMINO A SANTIVANEZ - 77430704

DATOS DE LA MUESTRA:
DEPARTAMENTO : COCHABAMBA
PROVINCIA : CERCADO
LOCALIDAD : COMUNIDAD MARIA AUXILIADORA
TIPO DE FUENTE : RESIDUOS DOMESTICOS LIQUIDOS
PUNTO DE MUESTREO : EFLENTE DE PROCESO
LUGAR DE MUESTREO : PLANTA DE TRATAMIENTO
PRESERVADA : SI
TIPO DE ENSAYO : ESPECIAL
MUESTREADOR : CLIENTE

REUNE LAS CONDICIONES DE TOMA Y PRESERVACION DE MUESTRAS

FECHA DE MUESTREO	: 09/04/26	HORA DE MUESTREO	:10:00
FECHA INGRESO LAB.	: 09/04/27	HORA INGRESO LAB.	:08:00
FECHA DE ENSAYO.	: 09/04/27	HORA ENSAYO	:09:30
FECHA CONTROL	: 09/05/12	HORA CONTROL	:12:00

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	METODO NORMALIZADO AWWA APHA,WEF	TECNICA	LIMITE DE DETECCION	UNIDADES	CONCENTRACION	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGAS LIQUIDAS ANEXO A - LEY 1333
pH	4500- HB	ELECTROQUIMICO	0,10	-	7,78	6 a 9

PARAMETRO	METODO NORMALIZADO AWWA APHA,WEF	TECNICA	LIMITE DE DETECCION	UNIDADES	CONCENTRACION	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGAS LIQUIDAS ANEXO A - LEY 1333
SÓLIDOS TOTALES	2540 B	GRAVIMETRICO 105°C	0,001	mg/L	1130,00	
SÓLIDOS DISUELTOS	2540 C	GRAVIMETRICO 105°C	0,001	mg/L	985,00	
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	-	CALCULO	0,001	mg/L	145,00	60
D.B.O ₅	5210 B	DILUCION - WINKLER	-	mgO ₂ /L	255	80

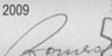
ANALISIS DE RESULTADOS
Según los límites máximos permisibles para descargas líquidas anexo A ley 1333, la muestra puntual de agua analizada presenta exceso en los parámetros de sólidos suspendidos y DBO₅.

AGUAS RESIDUALES

PARAMETRO	METODO NORMALIZADO AWWA APHA,WEF	TECNICA	UNIDADES	CONCENTRACION	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGAS LIQUIDAS ANEXO A - LEY 1333
COLIFORMES TERMO TOLERANTES		M.F.	UFC / 100 ml	8.8 x 10 ⁶	1000
GIARDIA sp	EPA 1623	IMS -IFA	PIA	PRESENCIA	-
CRYPTOSPORIDIUM sp	EPA 1623	IMS -IFA	PIA	PRESENCIA	-
AMEBAS	-	Técnica de Ritchie	PIA	PRESENCIA	-

ANALISIS DE RESULTADOS
Según los límites máximos permisibles para descargas líquidas anexo A ley 1333, la muestra puntual de agua analizada presenta exceso en los parámetros de sólidos suspendidos y DBO₅.
El valor obtenido de coliformes termotolerantes en la muestra puntual analizada sobrepasa el valor límite permisible para descargas líquidas establecidos por la Ley y Reglamento del Medio Ambiente 1333 Anexo 2.
Por otro lado existe presencia de GIARDIA sp CRYPTOSPORIDIUM sp y AMEBAS

Cochabamba, 12 de mayo de 2009





UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CENTRO DE AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL
LABORATORIO REGIONAL DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS
LABORATORIO PILOTO A NIVEL NACIONAL
LABORATORIO PILOTO A NIVEL NACIONAL
LABORATORIO PILOTO A NIVEL NACIONAL

REPORTE DE ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO DE AGUAS RESIDUALES
NUMERO DE REGISTRO:26895-SC-18554
NUMERO DE MUESTRA:488/09

PRESTATARIO : ANGELA LARA GARCIA (IIA -UMSS)
DIRECCION : CAMINO A SANTIVANEZ - 77430704

DATOS DE LA MUESTRA:
DEPARTAMENTO : COCHABAMBA
PROVINCIA : CERCADO
LOCALIDAD : COMUNIDAD MARIA AUXILIADORA
TIPO DE FUENTE : RESIDUOS DOMESTICOS LIQUIDOS
PUNTO DE MUESTREO : AFLUENTE ENTRADA TANQUE SEPTICO
LUGAR DE MUESTREO : PLANTA DE TRATAMIENTO
PRESERVADA : SI
APARIENCIA : TURBIA
TIPO DE ENSAYO : ESPECIAL
MUESTREADOR : CLIENTE

REUNE LAS CONDICIONES DE TOMA Y PRESERVACION DE MUESTRAS

FECHA DE MUESTREO	: 09/04/26	HORA DE MUESTREO	:10:00
FECHA INGRESO LAB.	: 09/04/27	HORA INGRESO LAB.	:08:30
FECHA DE ENSAYO.	: 09/04/27	HORA ENSAYO	:09:30
FECHA CONTROL	: 09/05/12	HORA CONTROL	:08:30

RESULTADOS

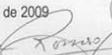
ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	METODO NORMALIZADO AWWA APHA,WEF	TECNICA	LIMITE DE DETECCION	UNIDADES	CONCENTRACION	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGAS LIQUIDAS ANEXO A - LEY 1333
pH	4500- HB	ELECTROQUIMICO	0,10	-	7,85	6 a 9

PARAMETRO	METODO NORMALIZADO AWWA APHA,WEF	TECNICA	LIMITE DE DETECCION	UNIDADES	CONCENTRACION	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGAS LIQUIDAS ANEXO A - LEY 1333
SÓLIDOS TOTALES	2540 B	GRAVIMETRICO 105°C	0,001	mg/L	1620,00	
SÓLIDOS DISUELTOS	2540 C	GRAVIMETRICO 105°C	0,001	mg/L	1135,00	
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	-	CALCULO	0,001	mg/L	485,00	60
D.B.O ₅	5210 B	DILUCION - WINKLER	-	mgO ₂ /L	590	80

ANALISIS DE RESULTADOS
Según los límites máximos permisibles para descargas líquidas anexo A ley 1333, la muestra puntual de agua analizada presenta exceso en los parámetros de sólidos suspendidos y DBO₅.

Cochabamba, 12 de mayo de 2009

Lic. M.C. Rosario Montaño M.
RESPONSABLE LABORATORIOS CASA.

Lic. M.Cs. Ana María Romero J.
DIRECTORA
CENTRO DE AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



Calle Sucre frente al Parque La Torre, Telf. 4250660, Fax 4229480, Cochabamba-Bolivia email: aguas@ficyt.umss.edu.bo
Página web: http://casa.ficyt.umss.edu.bo

6.2. Cálculo para el dimensionamiento de humedales.

Tabla de cálculo utilizada para el dimensionamiento de los elementos de la planta, en este caso los referentes al caso de la primera fase para un total de 170 familias y una dotación de 58/l.hab.día.

Dimensionado PTAR. Tiempo 1 (2009)

Datos generales

Fecha de estudio	2009
Ubicación	Maria Auxiliadora
Agua potable	Población con acceso 170
	Población sin acceso 203
Fuente	pozo
Uso del agua	domestico

Datos de cálculo

Población	Población total	PT = 850 hab.	Pf arithm. = 850
	Tasa Crecimiento (INE)	TC = 1 %	Pf geom. = 850
	Tiempo de proyección	TP = 0 años	Pf expon. = 850
			Pf = Pmax = 850 hab.
Dotación	D = 58 l / día / hab		

TCO	DBO5 ingreso	Co = 255 mg / l	
	DBO5 salida	Ce = 80 mg / l	Eficiencia = 0,69 %

Cálculos generales

Caudal	$Qd = Qm + Qe + Qi$		
	$Qm = (C.P.D) / 84000$	C = 70 %	
		P = 850 hab.	Consumo = 49,30 m3/dia
	$Qmax = Qm * M$	M = 2,4	Qmax = 0,96 l / seg
	$Qe = 5% * Qmax$		Qe = 0,05 l / seg
	$Qi = 5% * Qmax$		Qi = 0,05 l / seg
	$Qd = 0,50 l / seg$		42,79 m3 / dia

Kt	$Kt = K20 * (1,06)^{(T2-T1)}$	K20 = 1,104 / dia	
		T1 = 20 grados	
		T2 = 5 grados	Kt = 0,46 / dia

Dimensionado Humedal Vertical.

Datos

Humedale	Profundidad	h = 1 m
	Porosidad	n = 35 %
	Frecuencia	F = 8 veces/dia
	Nº humedales	N = 2
	Treposo	Treposo = 7 dias
Tuberia	Orificios	Diam = 8 mm
		Dist lat = 0,6 m
		Dist orif = 0,6 m
		H = 1 m
		Coef Cv = 0,63

Cálculo

Población equivalente	$Pe = Qd * Co / (60 \text{ grDBO5/hab.dia})$	Pe = 181,87 HE
-----------------------	--	----------------

Area Humedal	$As = 0,6 * HE$	As = 109,12 m²
--------------	-----------------	----------------

Area orificio	$Ao = Pi * R^2$	Ao = 5,03E-05 m²
	$Qo = Ao * Cv * Racine(2g * H)$	Qo = 1,40E-04 m3/s

Distribución Humedale	W = 12,08 m	As = 160,00 m²
	L = 13,25 m	
Num tuberia = W/dist lat - 1	N tub = 19,13	Ntub = 18
Num orificios = L / dist orif	N orif = 22,08	Norif = 22

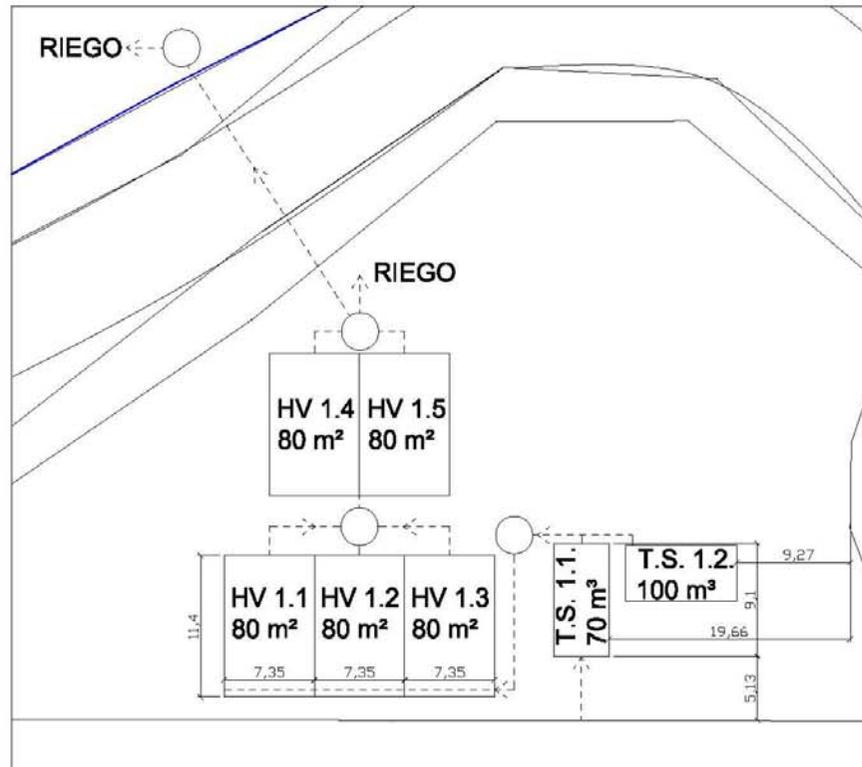
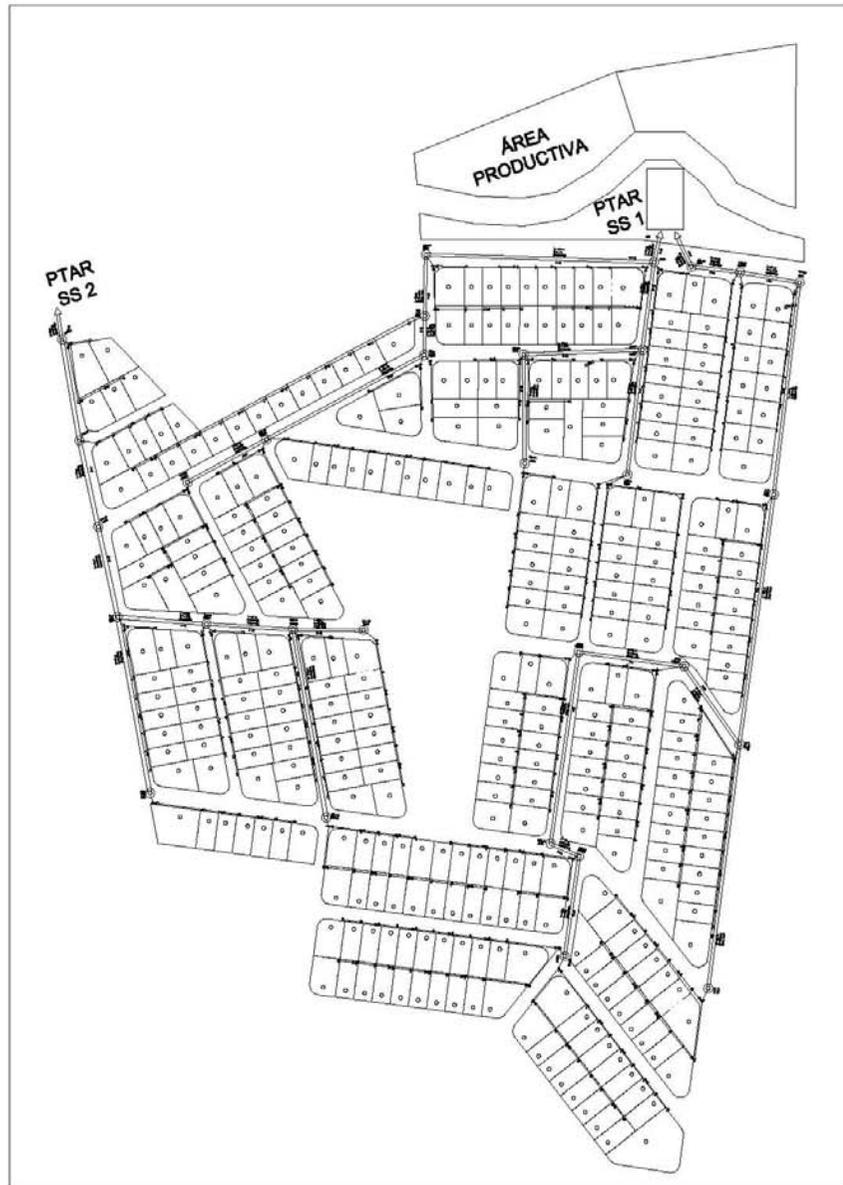
Qdosis = Qd / F	Qdosis = 5,35 m³ / dosis
QT = Qo * Ntub * Norif	QT = 56,15 l / s 0,056 m3 / s

Duración dosis	T = Qdosis / QT	T = 1,59 min / dosis
TR = (dia - F*dosis) / F	TR = 178,41 min	2,97 h

Infiltración	Conductividad hidráulica	Ks = 0,0010 m / s	86,4 m / dia
	$Qi = Ks * As$	Qi = 0,16 m³ / s	576,00 m³ / h

Tasa Carga Organica	TCO = Co * Qd / As	TCO = 68,20 g DBO5 / m².dia
	TCO = Ce * Qd / As	TCO = 25,50 g DBO5 / m².dia
Tasa Carga Hidraulica	TCH = Qd / As	TCH = 0,27 m / dia
Tasa Hidraulica Aplicación	THA = TCH / F	THA = 0,0334 m / dosis

6.3. Planos Constructivos para el Subsistema 1.



SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES
SUBSISTEMA 1

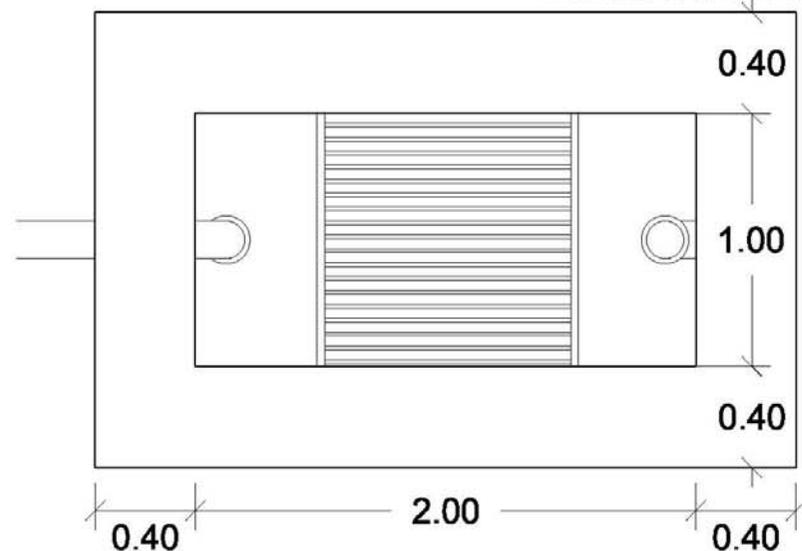
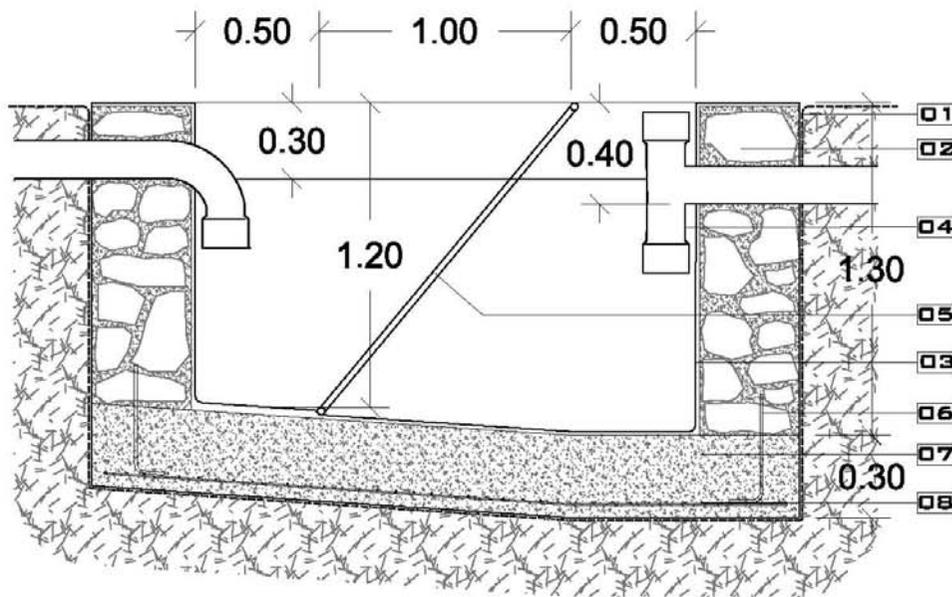
ESQUEMA GENERAL

Comunidad María Auxiliadora
(Cochabamba)

Arquitecta: Ángela Lara García

01

OCTUBRE
de 2009



LEYENDA

- 01. Recubrimiento plástico.
- 02. Muro de piedra natural tomada con mortero de cemento-cal.
- 03. Recubrimiento de 3 cm de espesor de mortero hidráulico (alto contenido en cal).
- 04. Tubería de 6" de PET.
- 05. Rejilla con una separación entre las barras de 2cm.
- 06. Anclaje en L de 0,50 x 0,20 m cada 30 cm de acero diámetro 10 mm.
- 07. Losa de hormigón armado de 30 cm. de espesor.
- 08. Mallazo de acero de 6 mm cada 15 cm.

SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES
SUBSISTEMA 1

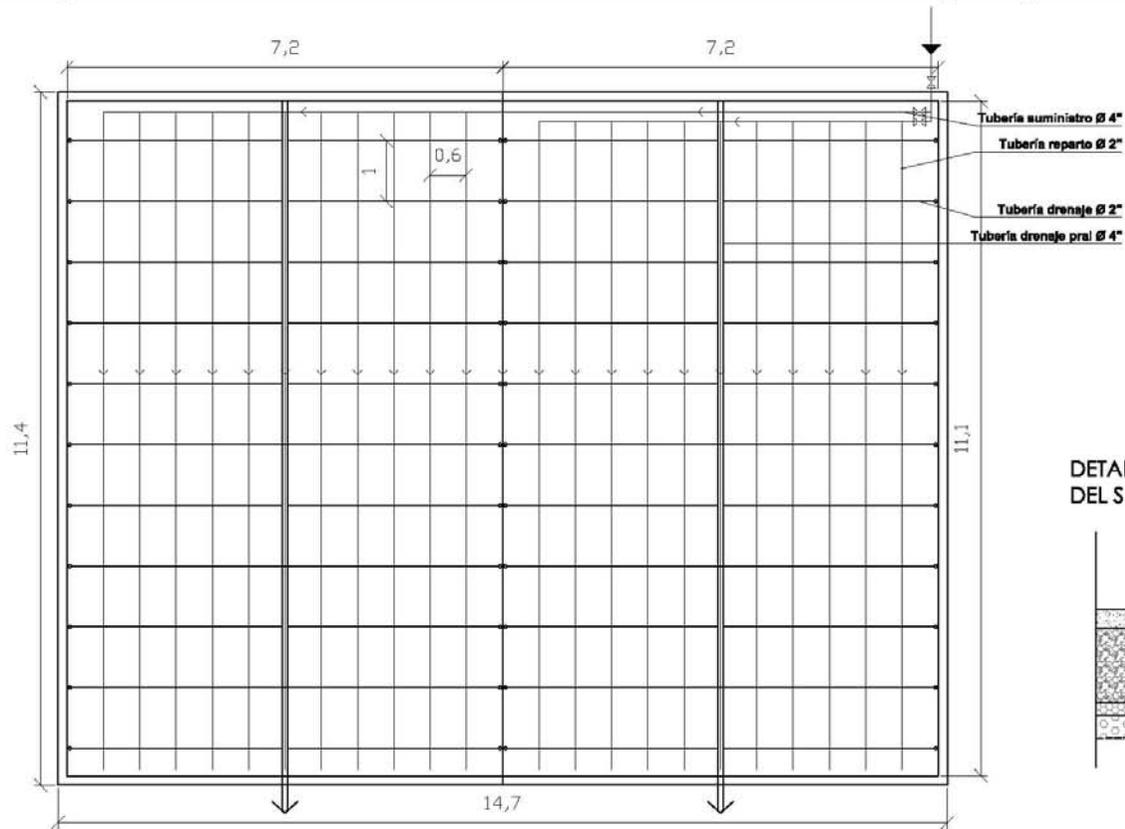
CÁMARA DE REJAS

Comunidad María Auxiliadora
(Cochabamba)

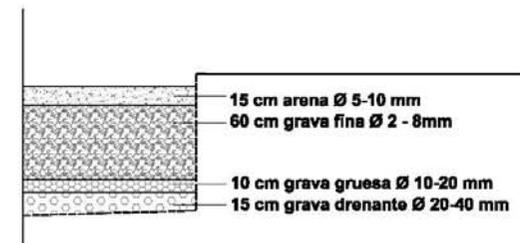
Arquitecta: Ángela Lara García

03

JULIO
de 2009



DETALLE COMPOSICIÓN DEL SUSTRATO FILTRANTE



PLANTA Y SECCIÓN CONSTRUCTIVA DE DOS HUMEDALES VERTICALES 80 m². E 1/250

SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES SUBSISTEMA 1

HUMEDALES VERTICALES

Comunidad María Auxiliadora (Cochabamba)

Arquitecta: Ángela Lara García

04

JULIO de 2009

6.4. Manual sobre procesos constructivos de humedales verticales.

Fuentes:

“Gestión Sostenible de aguas residuales y periurbanas” Módulo de formación. Centro AGUA.

“Guía de procesos extensivos de depuración de aguas residuales”. Comisión Europea. 2001.

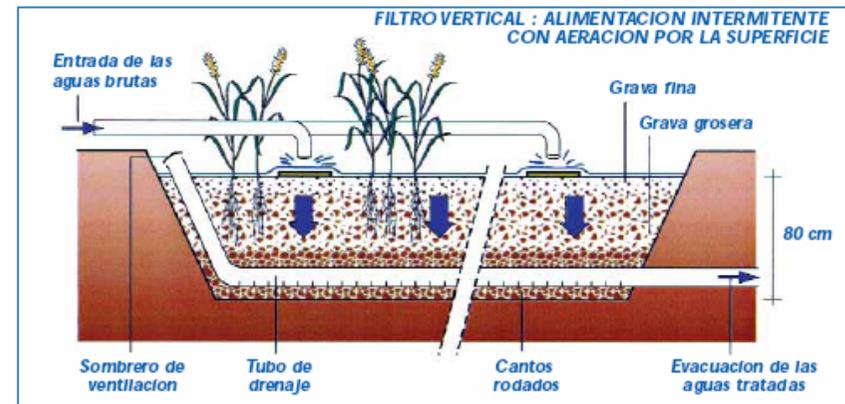
Los humedales verticales, o filtros plantados de flujo vertical, son procedimientos extensivos para la depuración de aguas residuales que permiten, con tecnologías de bajo costo y escasa especialización, la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales bastante eficientes para poblaciones de tamaño medio (hasta unos 500 habitantes equivalentes, o incluso más adoptando ciertas precauciones).

Están compuestos por un lecho de capas de arena y grava impermeabilizado sobre el que se reparte el afluente bruto desde la superficie. El afluente fluye desde las capas superiores a las inferiores, experimentando un tratamiento físico (filtración), químico (adsorción...) y biológico (biomasa fijada sobre soporte fino). Las aguas depuradas son drenadas y los filtros se alimentan por tongadas de aguas residuales brutas. Para un mismo piso, la superficie de filtración está separada en varias unidades (varios humedales) que permiten hacer periodos de alimentación y periodos de reposo.

El mantenimiento de estos sistemas no necesita una calificación particular, pero obliga al encargado de la explotación a realizar actuaciones frecuentes y regulares, que podríamos resumir:

- Cada 1-2 semanas:
 - limpiar la cámara de desbaste (cámara de rejillas).
 - Comprobar el funcionamiento de todos los componentes.
 - Comprobar obturaciones en las tuberías.
- Cada trimestre:
 - Análisis del efluente, principalmente de coliformes y nitratos.
 - Limpieza de los sifones.
- Cada año:
 - Segado y deshierba.

F



Filtros plantados de flujo vertical. (Fuente: CEMAGREF).

1. Replanteo del humedal sobre el terreno.



Los humedales pueden ser construidos excavados en el terreno o elevados. En ambos casos será necesario realizar replanteo de la ubicación de los humedales y demás elementos adecuadamente.

2. Formación de pendiente.



En cualquiera de los dos casos (ya sea excavación o relleno) será necesario realizar el allanamiento de la capa superior generando la inclinación necesaria para la colocación y adecuado funcionamiento de los drenes.

3. Colocación de membrana impermeabilizante (geomembrana).



Colocaremos a continuación una membrana plástica de $e=1$ mm que impida cualquier tipo de filtración de las aguas residuales hacia el terreno fuera del humedal.

Es necesario tener cuidado en la realización de los solapes y soldaduras en la membrana, así como en las esquinas y dobleces.

4. Sustrato drenante.



Sobre el plástico se extenderá la capa de material drenante formada por unos 15 cm de grava seleccionada de

diámetro 20-40 mm. Esta capa deberá estar bien nivelada para evitar la formación de flujos preferentes de agua.

5. Red de drenaje.



Está conformada habitualmente por tubos de diámetro 2" dispuestos cada metro con respiraderos que permitan la entrada de aire y a la vez que puedan ser registrados. Todos ellos se conectan a uno o dos tubos de diámetro 4" que serán

los que viertan el efluente a las cámaras dispuestas en el exterior, conformándose como desagües del humedal.

6. Material filtrante.



El sustrato filtrante puede componerse de tres capas: una capa inferior de unos 10 cm de grava gruesa, sobre ella la capa más espesa, de entre 40 y 60 cm de grava fina, y finalmente sobre esta una tercera capa de unos 15 cm de arena que hará que el

líquido no filtre con excesiva velocidad cuando sea arrojado sobre el filtro.

7. Red de suministro de agua residual.



Una red de tuberías de diámetro 2" separadas entre sí unos 60 cm y con orificios de 8mm realizados en uno sólo de sus costados cada 60 cm serán las encargadas de distribuir el fluido a depurar sobre la

superficie completa del humedal. Es importante que la distribución de los orificios sea uniforme para que todo el humedal trabaje homogéneamente.

8. Siembra de plantas.



Finalmente sembraremos las plantas (mejor trasplantadas) con una separación de unos 45 cm. Preferiblemente en este clima sembraremos totora, aunque también puede ser junco, carrizo, cartucho y papiros. La siembra se debe realizar con el humedal inundado,

procurando mantenerlo con bastante agua los primeros tiempos.

6.5. Proceso de planificación y construcción participativa.

Para el diseño y construcción del sistema de agua potable y saneamiento básico de la Comunidad María Auxiliadora se realiza un proceso de trabajo en el que los técnicos participan y se incorporan a los sistemas de organización y decisión que tiene la comunidad, explicados en puntos anteriores.

Esta fase del trabajo, como explicábamos en la introducción, forma parte de los estudios de caso que dentro de la metodología de Investigación Acción Participativa se desarrollan durante la estancia del investigador en la ciudad de Cercado (Cochabamba) entre Septiembre de 2008 y Octubre de 2009.

Para ello se realizaron una gran cantidad de visitas, reuniones de trabajo con los responsables de las áreas de medioambiente e infraestructuras de la comunidad, así como participando de las asambleas, en las que se realizaron una serie de talleres explicativos en relación a los principios de la ecología urbana y, una vez terminado el proyecto, explicación de el funcionamiento del mismo.

En una última fase, se comenzó la construcción tanto de la cámara de desbaste como de un nuevo filtro verde provisional que permitiría filtrar las aguas de la cámara séptica mientras se consiguen los fondos necesarios para llevar adelante la construcción de los humedales verticales. En las siguientes páginas se incluyen un álbum fotográfico del proceso descrito.



Primeras visitas de (re)conocimiento del lugar y sus gentes.





- Arriba izq.: Toma de muestras para análisis de aguas efluentes del tanque séptico existente.
- Arriba dcha.: Material del taller sobre gestión ecológica de servicios básicos realizado con la asamblea de la comunidad.
- Abajo izq.: Asamblea de la comunidad María Auxiliadora.
- Abajo dcha.: explicaciones durante los talleres.





- Arriba izq.: Construcción colectiva del filtro verde.
- Arriba dcha.: construcción de la cámara de desbaste.
- Abajo izq: Pequeños árboles plantados en el filtro verde.

ANEXO 2:

SEMINARIO: INTRODUCCIÓN AL DESARROLLO ECOLÓGICO DE LA ARQUITECTURA Y EL URBANISMO

**Laboratorio de Confort Ambiental.
Sociedad de Investigaciones Científicas de Estudiantes de la
Facultad de Arquitectura (SICEFA).
Instituto de Investigaciones de Arquitectura.**

Con la colaboración de:

Comunidad María Auxiliadora.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de urbanización avanzada que experimenta el Mundo en la actualidad requieren la introducción en el ámbito académico y de la profesión del debate acerca de los procesos ecológicos vinculados a dichos fenómenos.

El consumo de energía, agua, la producción de residuos, la impermeabilización de la superficie terrestre, la automovilización creciente... son todos ellos elementos indisolubles de la producción urbana y arquitectónica, con gran influencia en los cambios que el medio natural experimenta, siendo nocivos para éste los modelos a través de los cuáles se están desarrollando en la actualidad.

Es en base a estos conceptos que se plantean los contenidos de este seminario, tratando de introducir a los alumnos en el significado de la relación ecológica entre el desarrollo urbano, la arquitectura, el hombre y su medio.

OBJETIVOS

- Comprensión de los mecanismos vinculados al metabolismo urbano.
- Detección de las claves para el desarrollo de un modelo urbano propio de la sociedad boliviana.
- Incorporación al proyecto urbano y arquitectónico de estrategias propias de su contexto territorial: clima, vegetación, topografía, hidrología, parámetros de confort, hábitos sociales...
- Introducción a la incorporación de sistemas de aprovechamiento energético, energías renovables, reciclaje y tratamiento de aguas residuales en el proyecto urbano y arquitectónico.

METODOLOGÍA:

El seminario se desarrolló en cuatro sesiones distribuidas entre los días 8,9,15 y 16 de Mayo de 2009 con la siguiente estructura:

- Viernes 8. Urbanismo y desarrollo sostenible. Análisis de modelos de crecimiento urbano existentes y claves de desarrollo en el territorio boliviano.
- Sábado 9. Taller. Ejercicio de incorporación de los conceptos trabajados al desarrollo urbano de un barrio de Cochabamba.
- Viernes 15. Arquitectura y medio ambiente. Estrategias para un proyecto de edificación en equilibrio con el medio.
- Sábado 16. Taller. Diagnóstico y propuestas de intervención en edificaciones de vivienda de un barrio de Cochabamba.

CONTENIDOS:

Como podemos observar en la metodología, el curso fue estructurado a partes iguales en sesiones teóricas y prácticas, donde se desarrollaron los siguientes contenidos:

SESIONES TEÓRICAS:

1ª Sesión Teórica: Urbanismo y desarrollo sostenible. Análisis de modelos de crecimiento urbano existentes y claves de desarrollo en el territorio boliviano.

- Bloque 1:
 - o Conceptos básicos: ecología, ecosistema y metabolismo urbano, Sostenibilidad. Medio ambiente y desarrollo urbano.
 - o Modelos de desarrollo urbano: crítica a los modelos actuales e introducción a los modelos alternativos.

- Bloque 2:
 - o Desarrollo humano y equilibrio ecológico en la cosmovisión andina.
- Bloque 3:
 - o Criterios bioclimáticos de diseño urbano.

DESCANSO

- Bloque 3: Servicios básicos en Cochabamba. Realidad, problemas y soluciones desde la gestión sostenible de la ciudad:
 - o Agua
 - o Energía
 - o Materiales y Residuos Sólidos.
- Conclusiones:
 - o Condiciones de contexto en el Municipio de Cochabamba.
 - o Criterios de diseño para urbanizaciones dentro de un modelo sustentable de medio ambiente urbano.

2ª Sesión Teórica: Contextualización ecológica de la arquitectura. Estrategias para un proyecto de edificación en equilibrio con el medio ambiente.

- Bloque 1:
 - o Arquitectura y crisis del modelo de desarrollo actual.
 - o Influencia de la arquitectura en el medio: eficiencia energética, uso de materiales y gestión del agua.
- Bloque 2.
 - o Introducción a los conceptos básicos de la arquitectura bioclimática.
 - o El confort: la relación del hombre con el medio. Confort térmico, lumínico y sonoro.

- o Transferencia de calor. Principios básicos de la termodinámica.

DESCANSO

- Bloque 3.
 - o Caracterización climática. El caso de Cochabamba.
 - o Estrategias para el diseño bioclimático en Cochabamba.
 - o Pautas de diseño en relación al soleamiento.
- Bloque 4. Instalaciones y tecnologías para la edificación.
 - o Captación de energías renovables.
 - o Racionalización del uso y reciclaje de aguas.
 - o Tratamiento de residuos en la edificación.

SESIONES PRÁCTICAS. TALLER: realizadas en colaboración entre los miembros del SICEFA y el Laboratorio de Confort Ambiental, en ellos se realizaron dos ejercicios de aplicación de los conceptos estudiados aplicados al caso de la Comunidad M^a Auxiliadora (Distrito 9). Para el desarrollo de dichos ejercicios se agrupó a los alumnos en 6 grupos de 5 individuos, que desarrollaron las propuestas con asistencia de los docentes y las expusieron al final de la jornada.

1^a Sesión práctica: Desarrollo urbano de la Comunidad M^a Auxiliadora.

a). Presentación de la Comunidad M^a Auxiliadora: fases del proceso de urbanización.

b). Caracterización urbana: Uso de Suelo, características de las vías y situación de los servicios básicos. Caracterización Socioeconómica (1^a Fase de la Urbanización).

- Presentación del ejercicio: diseño de urbanización para la 3^a Fase de la Urbanización M^a Auxiliadora.

2^a Sesión práctica: Diagnóstico y propuestas de mejoramiento para la vivienda en M^a Auxiliadora.

a) La tecnología constructiva en las viviendas de María auxiliadora: Vivienda proporcionada por Hábitat para la Humanidad, vivienda autoconstrucción y viviendas de autoconstrucción asistida.

b) Características de la tecnología constructiva empleada.

- Presentación del ejercicio: diagnóstico y mejoramiento de viviendas de M^a Auxiliadora. Estudios de caso.

Material: planos (plantas, secciones, y sección constructiva), modelos, "recortable" y hojas guía para el análisis, diagnóstico y propuesta.

RESULTADOS DEL TALLER:

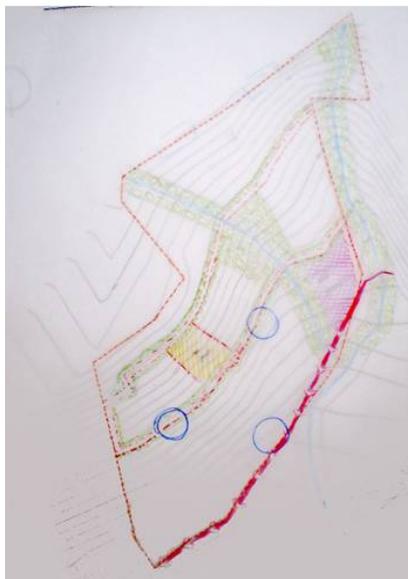
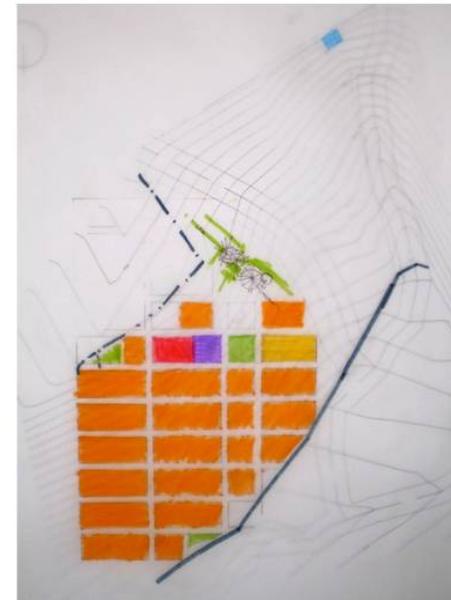
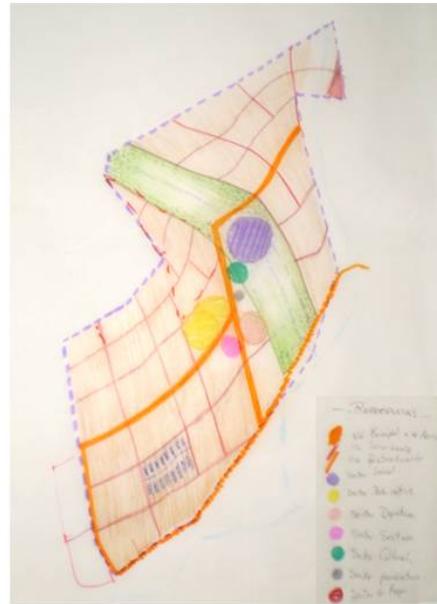
Nos parece interesante dentro de la investigación mostrar algunos de los resultados de dicho taller, principalmente los referidos a la 1^a sesión práctica en relación a la aplicación de los principios expuestos para la ordenación urbana de asentamientos humanos en áreas de la periferia de Cochabamba.

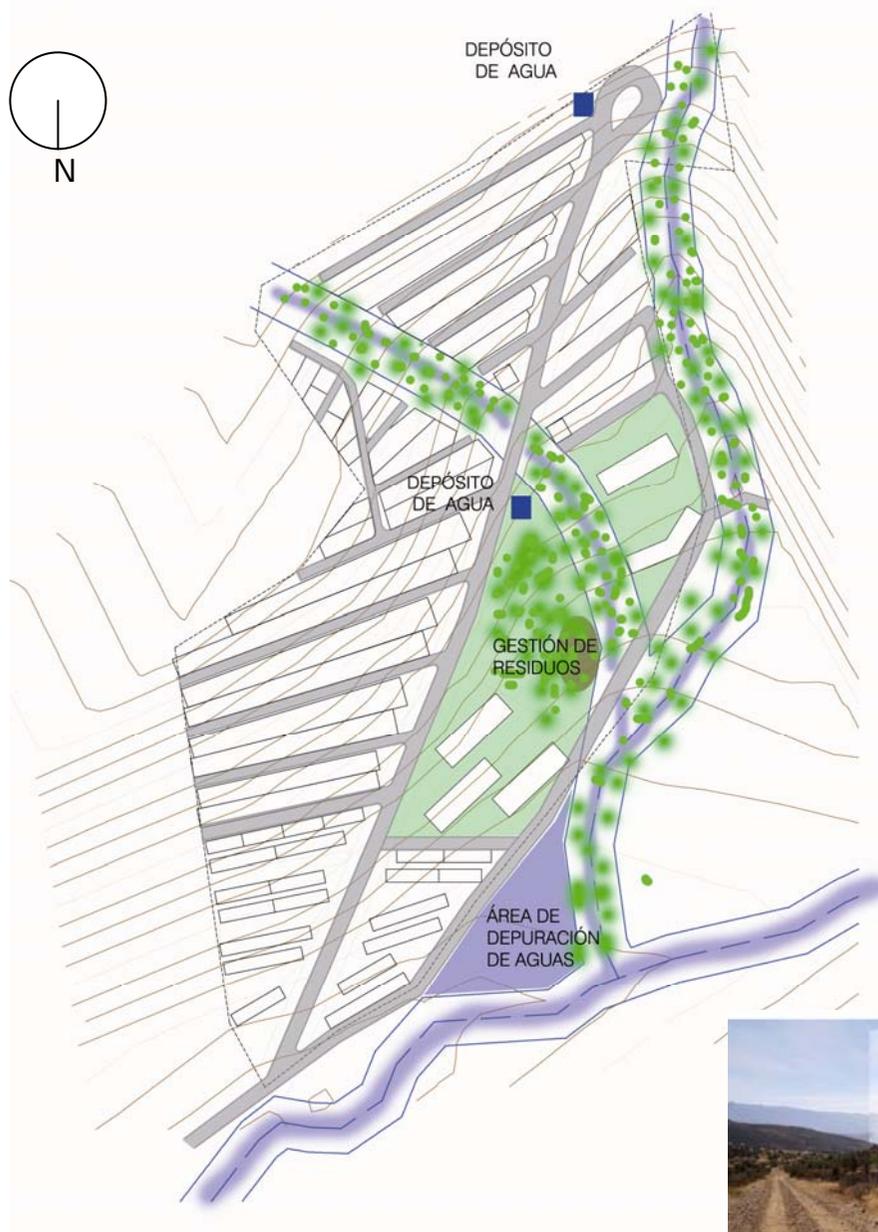
El taller se desarrolló en un solo día, incluyendo las presentaciones, lo cual representaba realmente poco tiempo como para alcanzar resultados muy desarrollados, pero sí permitió a los alumnos reflexionar y hacer planteamientos estratégicos en relación a la principales premisas que habrían de considerarse.

Como muestra se incluyen a continuación los planos presentados por cada uno de los grupos de trabajo. Finalmente, desde esta investigación se realizó un ejercicio de síntesis de los planteamientos trabajados que sirva como muestra de aplicabilidad de los principios de gestión autónoma de servicios básicos y diseño bioclimático de la urbanización.

Propuestas de ordenación urbana para el tercer grupo de la Comunidad María Auxiliadora.

Alumnos del Seminario *Introducción al desarrollo ecológico de la arquitectura y el urbanismo.*





Los criterios adoptados para la ordenación han sido:

- Garantizar la accesibilidad con transporte público a través de un eje principal que recorra la urbanización con pendientes transitables por transporte vehicular.
- Hacer accesibles todas las parcelas con un viario cuya pendiente sea transitable.
- Respetar las áreas de esorrentía de las torrenteras como áreas verdes.
- Incorporar áreas para la gestión del metabolismo de la urbanización.
- Ubicar las áreas de equipamientos en zonas centrales cercanas a las viviendas.
- Incorporar edificación plurifamiliar en las áreas más fácilmente accesibles (ubicadas en las zonas más bajas) de la urbanización.
- Priorizar la orientación norte para las edificaciones, de modo que se permita un máximo aprovechamiento y control del soleamiento.



ANEXO 3:**PROYECTO DE ORDENACIÓN URBANA DE ÁREAS LIBRES PARA SU USO COMO EQUIPAMIENTOS Y ZONAS VERDES.****JUNTA VECINAL ALTO SAN JOSÉ. DISTRITO 14.**

Mtra. Arq. Ángela Lara García
Becaria MAEC – AECID
Julio 2009

Con la colaboración de:

CEDIB
Centro de Documentación en Información de Bolivia.
Junta Vecinal Alto San José.

ANTECEDENTES:

En Junio de 2010 se celebra con los dirigentes de las Juntas Vecinales de Villa Pagador, en el distrito 14, a propuesta de la Oficina de la Zona Sur del CEDIB, un taller titulado “Planificación urbana y (auto)gestión colectiva”. Tras ese taller, en el que se trabajaron principios sobre condiciones mínimas de habitabilidad en relación a configuración urbana, servicios públicos y equipamientos básicos con los que sus barrios debían contar, la Junta Vecinal de Alto San José solicita una visita y asesoramiento en relación a la ordenación de dos vacíos que, habiendo sido calificados como áreas para equipamientos públicos, cuentan cada uno de ellos con una importante pendiente y se encuentran atravesados por una pequeña torrentera por la que en época de lluvias desciende cierta cantidad de agua.

JUNTA VECINAL ALTO SAN JOSÉ (DISTRITO 14):

La Ley de Participación Popular determina en Bolivia que son las Organizaciones Territoriales de Base (OTBs) las que se configuran como unidades de representación y gestión a nivel de barrios en territorios urbanos y rurales. Sin embargo, existen gran cantidad de áreas urbanizadas en Cercado que, al no estar dentro del área de ordenación permitida por el plan anterior (es decir, haber sido parceladas y vendidas irregularmente), no contaban con derecho a conformar OTB, y por lo tanto tampoco a recibir partidas del presupuesto municipal. Estas unidades barriales se organizan en las denominadas Juntas Vecinales.

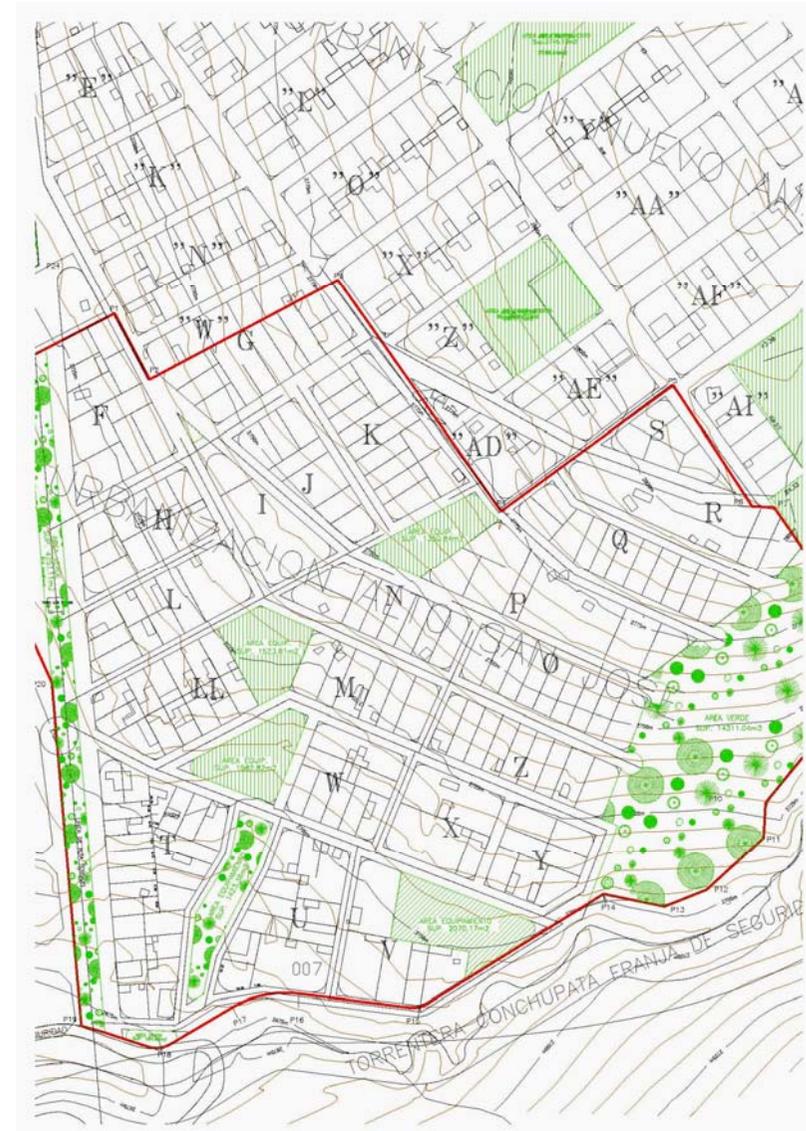
El proceso de urbanización de estos barrios, en gran parte ubicados en áreas de complejas topografías, surge de la secuencia parcelación-edificación-urbanización, no contando los predios con las mínimas condiciones de habitabilidad en relación a servicios urbanos. El trazado de las calles y la división parcelaria proviene de un principio de máximo

beneficio y aprovechamiento por parte de los loteadores, lo que da lugar en muchas ocasiones a tramas ortogonales con calles cuyas pendientes las hacen impracticables. La necesaria reserva de suelos mínimos para equipamientos y áreas verdes se realizan en zonas que en su mayoría no son aprovechables, ya sea por lo escarpado del terreno, por la existencia de torres eléctricas de alta tensión, o por ser áreas de escorrentía en épocas de lluvia.

Como veremos a continuación, este es el caso de Alto San José. Situada en las escarpadas laderas de los Cerros de San Miguel, en la zona sureste del municipio, cuenta con una diferencia entre la zona más alta y la más baja de 100 m de altitud. Sus tres áreas verdes se sitúan, la mayor de ellas en una zona de fuerte pendiente, otra al final de una escorrentía, y la tercera longitudinalmente bajo una línea de alta tensión.



Imagen aérea: ubicación de Alto San José.



Plano General del área correspondiente a la Junta Vecinal Alto San José.

ÁREAS DE ORDENACIÓN:

Tras una serie de visitas y reuniones, se reconocen las áreas destinadas a usos colectivos para las que se solicita ordenación, situadas ambas en zonas de fuerte pendiente y con escorrentías. Se observa también que en uno de los solares ha sido allanada un área para la realización de una plaza (imagen inferior) y construcción de una guardería adyacente. Así mismo se observa que el otro vacío se encuentra, a una cota superior, justo al final de una calle con bastante pendiente.

En la imagen inferior, vista del solar donde se preveía la construcción de una plaza y una guardería.



Vistas generales des las zonas más bajas y desde las más altas de la franja central donde se sitúan los dos solares objeto de la actuación.



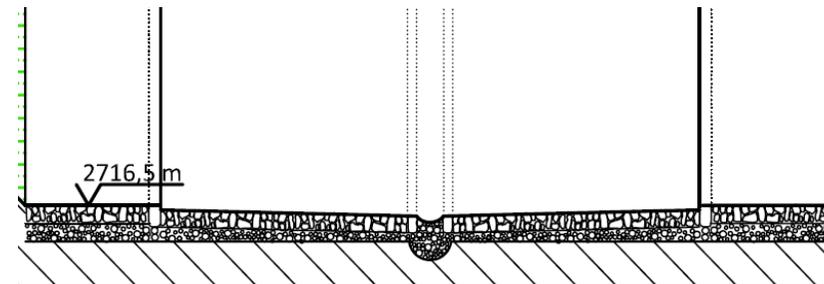
La estrategia de ordenación en relación a la gestión del drenaje será la de ubicar dispositivos intermedios de infiltración para el control del caudal de escorrentía. Por otro lado, se realiza un diseño para la sección del viario que permita empedrar pero manteniendo un canal central de drenaje, por donde el agua podrá discurrir y reinfiltrarse al terreno en épocas de lluvia, evitando su acumulación en las zonas inferiores (ver detalle).

El solar ordenado situado en cota superior, se ubica tras una calle con una fuerte pendiente, por lo que se colocará al principio un jardín de infiltración que permita retener y almacenar el agua de la escorrentía. A continuación una zona ajardinada en pendiente permitirá que el agua almacenada sea absorbida por la vegetación. A partir de ahí, se dispondrán dos espacios libres (una plaza y una cancha deportiva) en sucesivas terrazas escalonadas gracias a la construcción de muros de contención. Al final, un edificio de dos plantas servirá para albergar un centro social para el barrio (Ver plano adjunto).

En el área dispuesta en la cota inferior, la comunidad había realizado como hemos dicho un movimiento de tierras que ha sido reaprovechado para la nueva ordenación. En este caso, se ha tratado de respetar la forma natural del terreno en el área que no había sido modificada y que se encuentra adyacente al curso de la torrentera. El agua podrá así descender por su curso natural, con amplio margen de crecida, sin afectar a la zona en la que se dispone la edificación. Se trata de un espacio con una fuerte pendiente que comunica dos calles y en el que debía facilitarse la accesibilidad para padres, madres y niños. Se proyectan así una serie de rampas con pequeñas áreas de descanso intermedias que permiten conectar los diferentes niveles con los que el espacio linda. La edificación aprovecha también la diferencia de altura para generar un segundo salón de reuniones en la parte inferior que podrá tener acceso independiente.

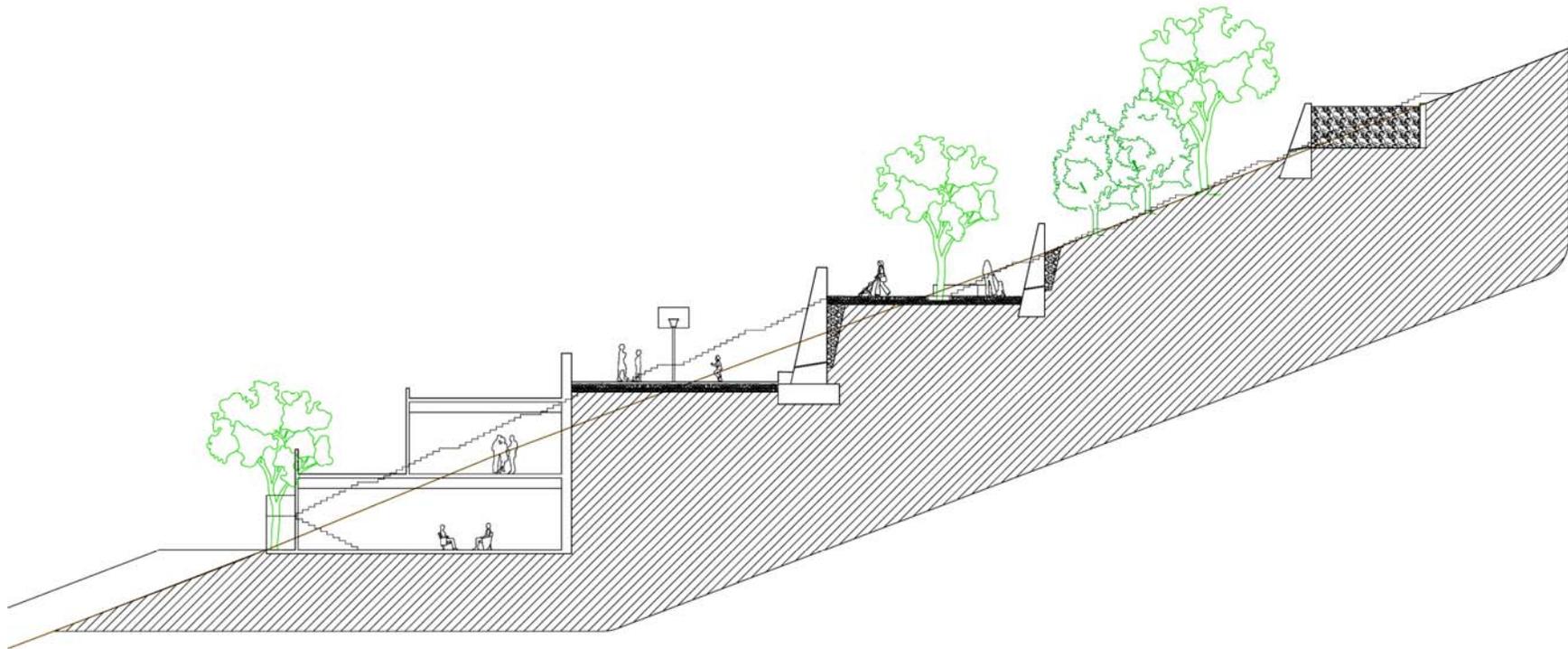


Plano General de la ordenación.



Propuesta de diseño constructivo: Sección de viario con empedrado y canal de drenaje central.





SECCIÓN B-B'

ORDENAMIENTO URBANO DE
EQUIPAMIENTOS Y ESPACIOS VERDES
PLAZA ALTA

Junta Vecinal Alto San José
(Cochabamba)

Arquitecta: Ángela Lara García
OCTUBRE 2009

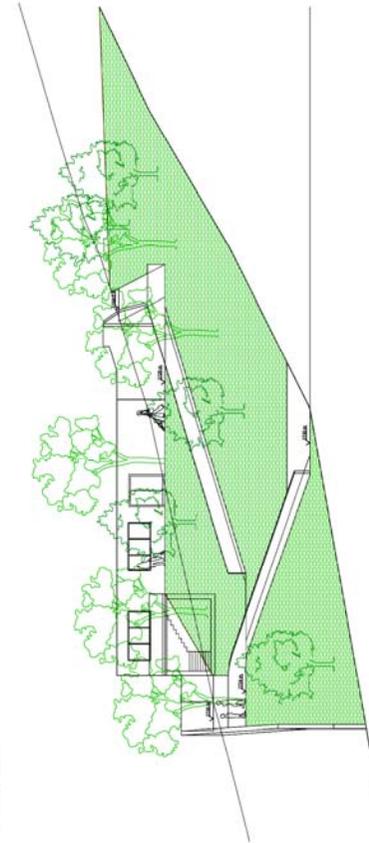
03



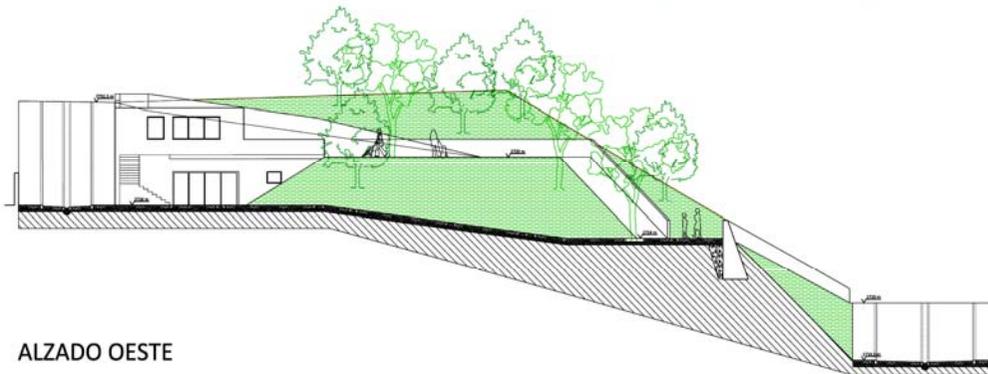
E: 1/200



PLANTA



ALZADO SUR



ALZADO OESTE

ORDENAMIENTO URBANO DE
EQUIPAMIENTOS Y ESPACIOS VERDES
PLAZA DE LA GUARDERÍA
Junta Vecinal Alto San José
(Cochabamba)

Arquitecta: Ángela Lara García
octubre 2011

04



8. BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS Y ARTÍCULOS

- AGRUCO (2002) *Si estamos de buen corazón, siempre hay producción.* Serie *La vida en las comunidades.* N°4. Co-Edición PLURAL-AGRUCO. Bolivia.
- Antequera Durán, Nelson (2007). *Territorios Urbanos. Diversidad cultural, dinámica socioeconómica y procesos de crecimiento urbano en la zona sur e Cochabamba.* CEDIB. Plural Editores. Cochabamba. Bolivia.
- Área Ciega (2004). *Crisis y reinención de la ciudad contemporánea.* Revista Archipiélago. Cuadernos de crítica de la cultura. N° 62. Septiembre de 2004. Edit. Archipiélago.
- Arnold, D., Jiménez, D y Yapita, J.D. (1992). *Hacia un orden andino de las cosas.* Hisbol-ILCA. La Paz. Bolivia.
- Arze Vargas, C. y Poveda Ávila, P. (2006). *Una reforma con pocas luces. Privatización del sector eléctrico boliviano* CEDLA. La Paz.
- Benavides Castro, E. (2006) *Metropolización en Bolivia.* Colegio Oficial de Arquitectos de La Paz, Ministerio de Desarrollo Sostenible, UNFPA. La Paz. Bolivia.
- CEDIB (2009). *Teoría y práctica de la gestión municipal en la ciudad de Cochabamba.* CEDIB. Cochabamba. Bolivia.
- Consoni, Angelo José (2002). *Selección de sitios y gestión de residuos sólidos municipales.* Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental. Cap. 12. Instituto de Investigaciones Tecnológicas de Sao Paulo-IPT. Brasil.
- Consultora Boliviana de Proyecto. (1992). *Estudio de las potencialidades y perspectivas de uso de las energías regenerativas en el departamento de Cochabamba.* Ed. Programa Especial de Energías. Cochabamba. Bolivia.
- Escorbar, Filemón (2008). *De la Revolución al Pachakuti. El aprendizaje del Respeto Recíproco entre blancos e indianos.* La Paz.
- Fundación Prohabitat y Oxfam (2006). *Habitat para la mujer: Comunidad María Auxiliadora.* Folleto de información. Cochabamba. Bolivia.
- Gandarillas, M., Rodríguez, G. y Tahbub, M. (2008) *Nacionalización de hidrocarburos en Bolivia. La lucha de un pueblo por sus recursos.* Icaria editorial. Barcelona. España.
- Galeano, Eduardo (1984-2008) *Las venas abiertas de América Latina.* Ed. Catálogos. Buenos Aires. Argentina.
- Garnier, J..P. (1976) *Planificación Urbana y Neocapitalismo.* Geocrítica.
- Gollinger, E. *Injerencias de Estados Unidos en América Latina.* CEDIB. 2009.
- Hugh, Michael (1998) *Naturaleza y Ciudad, planificación urbana y procesos ecológicos.* Edit. Gustavo Gili, SL. Barcelona. España.
- Jaramillo, Jorge (1991). *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales.* Washington, D.C.
- Klain, Gerard (1999). *Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión.* Volumen III. Mc. Graw-Hill/ Interamericana de España. Madrid.
- Kruse, Tom (2002). *Bechtel contra Bolivia. La segunda batalla de la Guerra del Agua.* Edición CEDIB y Escuela del Pueblo 1° de Mayo. Cochabamba, Bolivia.
- Lavrilleux y Compère (2006). *Diagnostico de las necesidades en apoyo a los Sistemas de Agua Potable de la región metropolitana de*

- Cochabamba. Programa Agua Tuya, Centro AGUA UMSS, Cochabamba, Bolivia.
- Ledo, C. (2005). *Agua Potable a nivel de hogares con una dimensión de género: derecho de las mujeres al agua en las ciudades de El Alto, La Paz y Cochabamba*. CEPLAG-UMSS. Cochabamba.
 - López de Asiain, J. (2001). *Arquitectura, ciudad y medioambiente*. Universidad de Sevilla. Consejería de Obras Públicas y Transporte. Sevilla.
 - Luján Pérez, Marcos (2003). *Propuesta básica para la Gestión de Residuos Sólidos en la Zona Metropolitana de Cochabamba*. Acta Nova; Vol 2, N° 2. Cochabamba, Bolivia.
 - Naciones Unidas (2006). *World Urbanizations Prospect. The 2005 Revision*, Department of Economy and Social Affairs, Population Division, Nueva York. EEUU.
 - Naredo Pérez, José Manuel. (Ponencia). *Desarrollo Sostenible y Territorio*.
 - Palma Carazo, Ignacio (2003). *Las aguas residuales en la arquitectura sostenible*. Ediciones Universidad de Navarra. Pamplona.
 - Pereira, Debra (1991). *Perfil de usuarios potenciales de Tecnologías de Energías Renovables en Cochabamba*. Ed. Programa Especial de Energías. Cochabamba. Bolivia.
 - Poch, M. (1999). *Las calidades del agua*. Cuaderno de Medio Ambiente. Ed. Rubes. Barcelona.
 - Prudencio, Augusto (1998). *Manejo Integral del Agua en el Valle de Cochabamba. Foro del Agua de Cochabamba*. Documento Base. Asociación de Investigación y desarrollo Andino-Amazónico. Cochabamba, Bolivia.
 - Prado Velasco, Pablo. (2006). *Crecimiento Urbano del Área Metropolitana de Cochabamba. "Escenarios para el futuro"*. Tesis de Grado. Instituto de Investigaciones de Arquitectura. Cbba. Bolivia.
 - Ribera A, M.O. (2008). *Diagnóstico general del estado ambiental de Bolivia*. Documento preliminar. LIDEMA. La Paz. Bolivia.
 - Ricaldi, Tania (Compendio) (1999). *La economía ecológica: Una nueva mirada a la ecología humana*. CESU-UMSS y UNESCO. Cochabamba. Bolivia.
 - Ruiz Hernández, V. (2006). *El Reto Energético*. Ed. Almuzara, Córdoba. España.
 - Sagárnaga, R. (2009). *Narcogolpe. Las cuentas pendientes de 1980*. Dominical del Diario Los Tiempos. 26 Julio 2009. Cochabamba, Bolivia.
 - SEMAPA (1994). *Estudio de recursos subterráneos para la ciudad de Cochabamba*. Cooperación Boliviana Francesa. Cochabamba. Bolivia.
 - TAMS Consultants (1992). *Explotación y utilización de recursos de agua en el Valle de Cochabamba y sus alrededores*. Ministerio de Planeamiento y Coordinación. Cochabamba. Bolivia.
 - TDE. Julio 2009. *Boletín Informativo TDE en línea*. Publicación periódica de la TDE. Bolivia.
 - Temple, Dominique. *Estructura comunitaria y reciprocidad*. Hisbol-CHITAKOLLA. La Paz. Bolivia.
 - Terrades, J (2001). *Ecología Urbana*. Cuaderno de Medio Ambiente. Ed. Rubes. Barcelona.
 - Urkía Lus, Iñaki y Sebastián (2003). *Energía Renovable Práctica*. Ed. Pamela. 3ª Edición Pamplona-Iruña.
 - Varios Colectivos (2004). *Nociones comunes. Experiencia y ensayos entre investigación y militancia*. Ed. Traficantes de sueños. Madrid.
 - Vera Jurado, Diego José (2003). *El medio ambiente urbano*. Capítulo VI: *La Ordenación Territorial y Urbanística en al protección del Medioambiente Urbano*. CEMCI. Granada.
 - Villegas, Pablo (2008). *Los Recursos Naturales en Bolivia*. CEDIB. La Paz. Bolivia.

- Yunén, E., Rodríguez, R., Sánchez, JR (1996). *Guía metodológica de Capacitación en Gestión Ambiental Urbana para Universidades de América Latina y el Caribe*. CEUR (PUCMM). Santiago. Rep. Dominicana.
- Zátopcká de Ballón, Jaroslava (Coordinadora) (2007) *Interpelaciones periurbanas. Análisis jurídico y sociopolítico de los asentamientos humanos irregulares*. Instituto de Investigaciones Jurídicas y Políticas. Cochabamba.
- Zibechi, Raúl (2008). *Territorios en Resistencia. Cartografía política de las periferias urbanas latinoamericanas*. La Vaca Ed. Buenos Aires. Argentina.

PONENCIAS

- Bertoni, J.C. (2009). Centro de Estudios Tecnológicos del Agua. Universidad Nacional de Córdoba. *El drenaje urbano en el contexto de la planificación urbana: un nuevo enfoque con experiencias en América Latina y el Mundo*. Simposio Hidrología Urbana. Asociación Boliviana de Ingenieros en Recursos Hídricos (ABIRH).
- Fernández, B. (2009). Dep. Ingeniería Hidráulica y Ambiental. P. Universidad Católica de Chile. *Enfoques y métodos para soluciones de drenaje urbano en el siglo XXI*. Simposio Hidrología Urbana. Asociación Boliviana de Ingenieros en Recursos Hídricos (ABIRH).
- Orellana, H. (2009). Oficialía Mayor de Servicios Técnicos. Honorable Alcaldía Municipal de Cochabamba (HALMC) *Drenaje Pluvial Urbano de la ciudad de Cochabamba*. Simposio Hidrología Urbana. Asociación Boliviana de Ingenieros en Recursos Hídricos (ABIRH).
- Ortuño, Carola. (2010). SwissContact. *Sistema de Gestión Integral e Integrada de Residuos Sólidos*.



PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN AUTÓNOMA DE LOS SERVICIOS BÁSICOS EN LA ZONA SUR DE COCHABAMBA (BOLIVIA)

