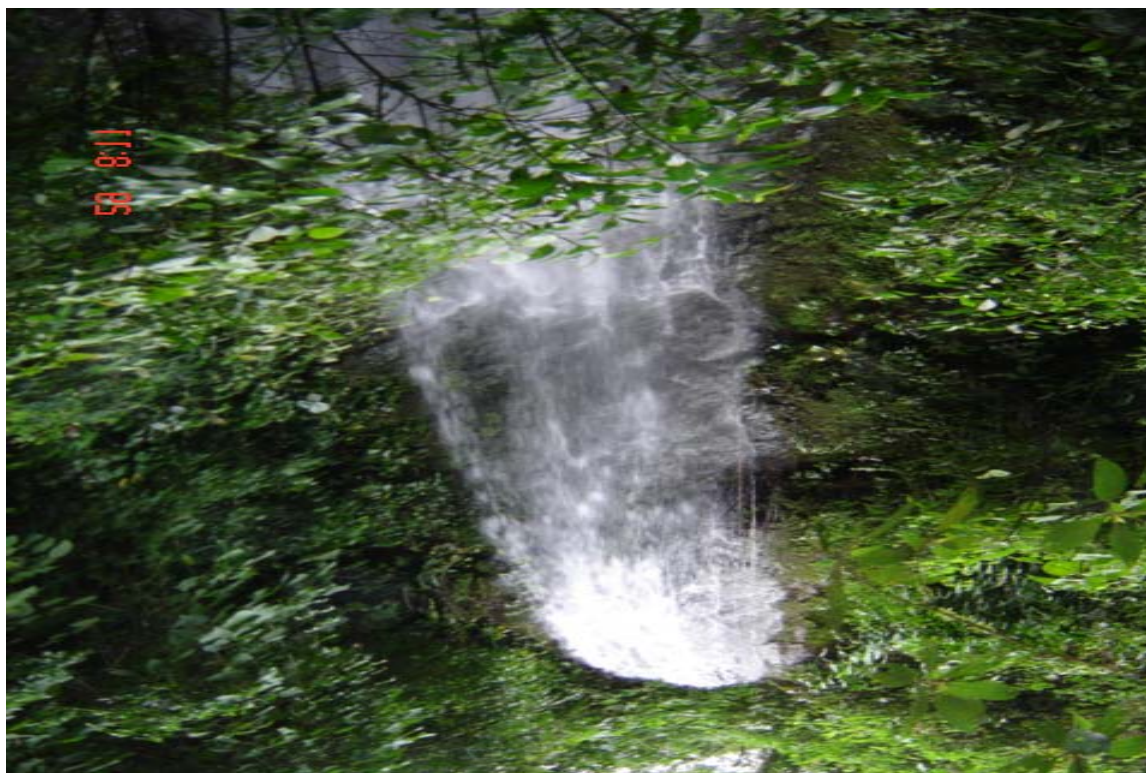


# Análisis de disponibilidad del recurso hídrico para uso domiciliario en el Cantón de Orotina y propuesta de una guía para un plan de gestión





# Abstract

The development of the civilization has been traditionally related with a good disposition of water in quality and quantity enough to satisfy the human activity.

To guarantee water availability is one of the main objectives of governments and local administrations, who are totally aware of its value, not only for the economical and social growth but also for the natural patrimony of the community.

On the specific case of Orotina region, local authorities are presently making satisfy the water consumption for an estimated increase population of 49% in the year 2025.

It is important to notice that the analysis is not evaluating the impact that will suffer Orotina with the expansion of the metropolitan area derived from the construction of the highway San José – Caldera.

The study is supported on an inventory of all water supply systems that provide water to all aqueducts of the zone.

With the help of mathematics methods it is possible to forecast water consumption for the present and the future.

From the inventory we can determine, that the present water supply system satisfies the residential necessities. The study also includes a guide to create an environmental plan to protect one of the best natural majors: The water.

The keywords are: availability, hydric resource and aqueduct.

# Resumen

El desarrollo de la civilización, ha venido tradicionalmente ligado a la disponibilidad de agua en cantidad y calidad suficiente para la actividad humana.

La garantía de la disponibilidad de agua, es uno de los objetivos prioritarios de los gobiernos y de las administraciones que entienden de su necesidad para el desarrollo económico y social, pero que a su vez valoran el patrimonio natural.

En el caso específico del cantón de Orotina se realiza un análisis del potencial hídrico de esta zona, en lo que a ubicación, cantidad e infraestructura respecta, a fin de dotar el 49% de crecimiento de la población domiciliaria, cifra estimada para el año 2025, sin tomar en cuenta el desarrollo que experimentará el cantón con la expansión del gran área metropolitana, por la construcción de la futura carretera San José Caldera.

Este estudio está basado, en un inventario detallado de todas las fuentes que abastecen los diferentes acueductos, que prestan servicio a las poblaciones de la zona.

Con ayuda de métodos matemáticos, se calculan las proyecciones y consumos para determinar las necesidades de agua actuales y futuras, del inventario realizado se determinó que los sistemas abastecidos por las fuentes, cumplen las necesidades domiciliarias. Finalmente se propone una guía que permitirá formular un plan de gestión ambiental en la zona, para mantener esta parte del capital natural: El agua.

Las palabras claves son: Disponibilidad, recurso hídrico y acueducto.



# **Análisis de disponibilidad del recurso hídrico para uso domiciliario en el Cantón de Orotina y propuesta de una guía para un plan de gestión**

# **Análisis de disponibilidad del recurso hídrico para uso domiciliario en el Cantón de Orotina y propuesta de una guía para un plan de gestión**

JORGE EDUARDO GÓMEZ PICADO

Junio de 2005

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Contenido

PREFACIO.....	1
RESUMEN EJECUTIVO.....	2
INTRODUCCIÓN.....	5
MARCO DE REFERENCIA .....	6
ANTECEDENTES.....	11
MARCO TEÓRICO .....	14
METODOLOGÍA .....	20
RESULTADOS.....	23
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	40
CONCLUSIONES.....	43
APÉNDICES .....	44
ANEXOS .....	59
REFERENCIAS .....	60
GLOSARIO .....	62





# Prefacio

El presente estudio, se titula “Análisis de disponibilidad del recurso hídrico para uso domiciliario en el Cantón de Orotina y propuesta de una guía para un plan de gestión”; el mismo está sustentado en la necesidad e importancia que tiene esta ciudad y demás poblaciones en reunir las condiciones necesarias de seguridad, salubridad y comodidad para un desarrollo urbano y ordenado, en aras del crecimiento que se avecina a corto plazo, debido a la construcción de la carretera San José – Caldera.

El agua desde la óptica del ordenamiento y el desarrollo del territorio debe ser considerada como un medio físico – natural del territorio. La protección y la conservación del medio, mediante una gestión eficaz y sostenible del agua, son elementos claves de las estrategias integradas de ordenamiento y desarrollo territorial.

Se logra el desarrollo sostenible, que es el objetivo prioritario de las políticas de ordenamiento del territorio. Es en este contexto, en el que las recomendaciones de una política de ordenamiento del territorio puede favorecer la prevención de los graves daños sociales y económicos, derivados de situaciones de usos abusivos del agua.

Con el presente estudio se logró en esencia lo propuesto en el proyecto, en razón de la ubicación, capacidad, demanda, infraestructura y disponibilidad de los recursos hídricos existentes en la zona, para la atención del 49% de la futura población normal y flotante (crecimiento al año 2025) y la propuesta de una guía para la elaboración de un plan de gestión ambiental, que garantice la demanda para los próximos 20 años.

La realización de este proyecto se logra gracias a la valiosa orientación y ayuda desinteresada del profesor guía, Ingeniero Carlos Fernández Córdoba, ex director de la Escuela de Ingeniería en Construcción de esta entidad, el valioso aporte del Dr. Allan Astorga Gätgens, profesor e investigador de la Universidad de Costa Rica, y Consultor en Gestión Ambiental Integral, la colaboración especial de los funcionarios municipales, y de las Instituciones Gubernamentales Consultadas.

# Resumen ejecutivo

Tener la disponibilidad de agua en cantidad y calidad adecuada, en el lugar y en el momento preciso, tiene una gran importancia para la supervivencia y desarrollo de cualquier país.

Las anteriores cuatro variables, cada vez son más difíciles de manejar de forma conjunta ya que existen zonas en las que podemos encontrar grandes cantidades de agua, pero de una calidad deficiente para consumo humano.

En el caso específico, el Cantón de Orotina es una zona privilegiada ya que cuenta con un excelente potencial hídrico, de aguas subterráneas y superficiales, debido al hecho que la hidrología local del Cantón, está situado en la divisoria de aguas que separa la cuenca del río Jesús María al norte, de la cuenca del río Grande de Tárcoles al sur, así como las zonas montañosas de los cerros Turrubares y Chompipe, que constituyen zonas de recarga de gran cantidad de fuentes acuíferas existentes.

Este documento podrá ser utilizado como una herramienta para la toma de decisiones por parte de la administración municipal, en cuanto a las políticas

- población y crecimiento urbano la situación futura de demanda de agua potable de la zona.
- Analizar las diferentes categorías posibles y determinar las necesidades de agua futura.
- Proponer una guía para la formulación de un plan de gestión ambiental para la disponibilidad de los recursos hídricos de la zona.

Con el fin de cumplir con los objetivos propuestos, se utilizó la siguiente metodología.

- Se caracterizó la zona de estudio desde el punto de vista histórico, físico, social y

de ordenamiento y desarrollo urbanístico, como información básica para la formulación del plan regulador del Cantón que actualmente inicia su contratación. Es de suma importancia para el Concejo Municipal, ya que en su oportunidad había solicitado a la administración un estudio del recurso hídrico existente en el área, preocupados por el creciente desarrollo urbanístico actual, tanto de la población normal, como la población flotante; por la extensión de la investigación, no se valoró el impacto que se producirá una vez que se inicie la construcción de la carretera San José – Caldera, aspecto de importancia para el Concejo Municipal.

Para el desarrollo del proyecto como objetivo general y específico, se propuso lo siguiente:

Objetivo general:

Analizar el potencial hídrico de la zona en lo que a ubicación, capacidad, demanda, infraestructura y disponibilidad, para el uso domiciliario respectivo.

Y como objetivos específicos los siguientes:

- Describir la zona de estudio (Orotina) desde el punto de vista social, económico y físico.
- Realizar un inventario de los recursos hídricos de la zona y su potencial como abastecimiento de agua potable.
- Analizar mediante proyecciones de económico, en este caso el Cantón de Orotina.
- Seguidamente se realizó una revisión minuciosa de la existencia, en toda la zona, de diferentes fuentes productoras entre ellas: aguas subterráneas (naciente, pozos), aguas superficiales (quebradas, ríos), se evaluaron los acueductos rurales de la zona como otra opción.
- Se comprobó el estado, cantidad, capacidad y tipo de las fuentes de abastecimiento actuales del acueducto

- municipal (nacientes del Cerro Turrubares).
- Se proyectó la población del área o zona en estudio, para un lapso de 20 años (hasta el 2025), sin considerar el crecimiento extraordinario de la población normal y flotante que causará la futura carretera San José- Caldera.

Del estudio realizado se determinó la existencia de fuentes productoras, subterráneas, y superficiales, que abastecen los diferentes acueductos existentes del cantón.

Para determinar las posibles categorías se clasificaron en cuatro grupos principales todas las fuentes existentes.

En la primera categoría se agruparon todos los sistemas que se abastecen de nacientes (acueducto municipal, acueducto rural de Hacienda Vieja y el acueducto privado proyecto urbanístico Vista Mar en Hacienda Vieja de Orotina).

La segunda categoría se agrupó, los sistemas que abastecen con pozos perforados (Las asociaciones administradoras de acueductos rurales-ASADAS de Cebadilla, Santa Rita, Uvita, Trinidad, Coyolar, Urbanización Villa Los Reyes y Condominio Casas de Campo S.A).

En la tercera categoría se encuentra la participación del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, por medio del acueducto, del manantial de Ojo de Agua que abastece la provincia de Puntarenas.

La cuarta y última categoría se identificó en los sistemas que se abastecen de aguas superficiales (quebradas), el caso del acueducto rural de Pital-Centeno que se abastece de las quebradas del mismo nombre.

Para realizar las proyecciones de población se utilizaron exclusivamente los datos obtenidos de los censos nacionales de 1950,1963,1973,1984 y 2000, a pesar de existir datos censales más antiguos, solo se tomaron los últimos cinco censos debido a que los datos antiguos no garantizan cifras confiables, además de no reflejar tendencias actuales de crecimiento demográfico.

Se consideró como población flotante aquella cantidad de personas que por las características geográficas de la zona, condiciones de clima, cercanía de las playas del Pacífico Central, han construido cabinas, ranchos, casas y algunas quintas de lujo que generalmente las utilizan para fines de semana y periodos de vacaciones; no se considera en este grupo de población, el aumento anormal que causará la construcción de la nueva carretera San José-Caldera. La población flotante se calculó como

diferencia de la población total servida por las instituciones que prestan el servicio y el valor de la proyección de la población normal en el año 2005.

Mediante el uso de métodos matemáticos (método de crecimiento aritmético, método de crecimiento geométrico y el método de crecimiento logarítmico), se proyectó la población normal y flotante para el año 2025.

Posteriormente con datos reales, obtenidos de la información actualizada del acueducto municipal se calculó la demanda actual y el caudal máximo diario.

Utilizando los datos de demanda y la proyección de población futura normal y flotante calculada con anterioridad, se determinaron las necesidades o caudales de agua para el año 2025.

De las cuatro categorías propuestas se descartaron la tercera y la cuarta, por razones de inversión para el mejoramiento de las tomas superficiales de las quebradas Pital y Centeno, en el caso del grupo de la categoría cuatro; igual situación ocurre en el caso del grupo de la categoría tercera que requiere gran inversión por parte del ICAA para reubicar el acueducto a Puntarenas, o buscar nuevas fuentes de abastecimiento, una vez se inicien los trabajos de construcción de la futura carretera San José – Caldera, por la razón, que según los diseños actuales el derecho de vía de la carretera, requiere de un trayecto largo de la servidumbre de dicho acueducto.

Entre los datos de población obtenidos del estudio se encuentran los siguientes:

TIPO DE POBLACIÓN	No. De Personas (miles)
Población servida actual	24.746
Población normal actual	16.681
Población flotante actual	8.065
Población normal proyectada	24.821
Población flotante proyectada	11.984
Población total proyectada	36.805

Finalmente, en el capítulo de resultados, se propone una guía para un plan de gestión ambiental a fin de lograr la disponibilidad para uso domiciliar propuesta para el año 2025.

Entre las principales actividades propuestas en la guía para el plan de gestión se indican las siguientes:

- Localización exacta de las fuentes productoras.
- Delimitación de las áreas de protección, según criterio legal y criterio técnico.
- Evaluación del uso de la tierra en actividades que se encuentran dentro de las áreas protegidas.
- Promover la no ubicación de actividades humanas dentro de las áreas de protección, por que son potencialmente contaminantes.
- Identificación de aquellas áreas donde existen potenciales conflictos de uso de la tierra con respecto a las fuentes de agua.
- Establecer lineamientos de protección ambiental de fuentes superficiales y subterráneas.
- Revisión y perfeccionamiento de las evaluaciones del potencial de captación de las cuencas abastecedoras.
- Evaluación cuantitativa de los impactos sobre las cuencas abastecedoras y análisis de los procesos generadores.
- Establecimiento de micro cuencas experimentales para evaluación hidrológica.
- Definición de tratamientos y manejo general, de la cobertura vegetal y el suelo optimizados para la captación hídrica.
- Formulación y aplicación de planes de manejo para las cuencas abastecedoras.
- Instituciones que convalidan el plan de gestión.
- Aspectos de sensibilización (Programas educativos, concienciación).
- Aspectos de capacitación ambiental al personal o funcionarios encargados.
- Plazos aproximados de ejecución de las actividades.
- Posibles costos y asignaciones de responsables.
- Priorización del trabajo, empezando por las fuentes de agua más estratégicas.
- Marco legal vigente.
- Calidad del agua.

# Introducción

Históricamente, las poblaciones se han ubicado en las proximidades de los ríos, pues el agua es el elemento básico e imprescindible para la supervivencia del hombre, de ahí que una gran parte de las ciudades que hoy conocemos están ubicadas literalmente al lado de los ríos.

Los procesos de colonización humana están unidos a la disponibilidad de este bien estratégico, lo que ha ocasionado la asociación inseparable entre el desarrollo social y la cultura del agua.

Los sistemas de acueductos existentes son parte esencial para el desarrollo del Cantón, por cuanto de ellos depende la gran mayoría de las actividades comerciales, industriales y agrícolas, además de ser un recurso vital para la vida y la salud de las personas.

El desarrollo de este proyecto, se enmarca específicamente en el área de la infraestructura y desarrollo de los sistemas de acueductos y bajo la siguiente metodología:

Se realizó un diagnóstico y evaluación de las fuentes que abastecen actualmente el acueducto municipal (búsqueda y localización de información en la municipalidad, instituciones públicas y visitas de campo).

Se realizó un inventario detallado de los sistemas existentes en la zona, así como las diferentes fuentes que los abastecen (acueductos rurales y privados, pozos perforados privados, fuentes no explotadas).

Se determinó el crecimiento normal de Orotina en los últimos años, según las estadísticas del INEC y mediante cálculos se estableció por diferencia la población servida, la población flotante, y mediante proyecciones de población y consumos, se estableció la necesidad de agua al año propuesto, sin tomar en cuenta el crecimiento extraordinario que se producirá con la futura construcción de la carretera San José-Caldera.

Se realizó un análisis de las categorías posibles según criterios de disponibilidad del recurso hídrico y crecimiento poblacional.

Se seleccionaron las categorías que potencialmente cumplieron la disponibilidad para uso domiciliario para la demanda futura.

Por último se elaboró una propuesta de una guía para un plan de gestión con el fin de la disponibilidad en el suministro de agua proveniente de fuentes subterráneas (nacientes de cuencas hidrográficas y mantos acuíferos)

El objetivo general de este proyecto, se centró en analizar el potencial hídrico de la zona en lo que a ubicación, capacidad, demanda, infraestructura y disponibilidad de uso domiciliario de la población normal y flotante, sin tomar en cuenta el crecimiento anormal que se avecina con la construcción de la carretera San José-Caldera.

Paralelamente se desarrollaron los siguientes objetivos específicos:

1.Describir la zona de estudio (Orotina) desde el punto de vista socio- económico y físico.

2.Realizar un inventario de los recursos hídricos de la zona y su potencial como abastecimiento de agua potable.

3.Analizar mediante proyecciones la población normal y flotante para la futura demanda del sector domiciliario, (no se incluye crecimiento por la construcción de la mencionada carretera a San José).

4.Analizar las diferentes y posibles categorías

5.Proponer una guía con la cual se elabore un plan de gestión ambiental con el fin de mantener los recursos hídricos de esta región, en beneficio para la comunidad.

Se pretende que éste informe sea de gran utilidad para las autoridades municipales, en la toma de decisiones para el desarrollo del Cantón, así como información básica, a la hora de establecer el plan regulador y como una guía en la formulación un plan de gestión, para mantener la disponibilidad del recurso hídrico en la zona.

# Marco de referencia

## Justificación del proyecto

### Problema específico

Desde los tiempos de la sociedad primitiva, los seres humanos y los animales se formaban en colonias nómadas y para lograr la supervivencia, se asentaban cerca de la ribera de los ríos o en los alrededores de los manantiales. Al volverse más sedentarias, construyeron sistemas para trasladar el agua hasta las poblaciones, no causando un problema significativo, debido a que las poblaciones eran más pequeñas y por lo general el agua era abundante, situación que poco a poco ha ido cambiando por la tala indiscriminada de los bosques y la contaminación de los ríos. Sin embargo, con el pasar de los años, el consumo de agua ha venido en constante aumento, en parte por el crecimiento demográfico, pero sobre todo por el cambio en los estilos de vida. De aquí que el problema en nuestros días sea como mantener la disponibilidad futura de los recursos hídricos, involucrando la posible categoría más viable desde el punto de vista de factibilidad socioeconómica, así como las mejoras correspondientes en la parte administrativa y tener como resultado una guía para formular un plan de gestión ambiental con el fin de lograr la sostenibilidad de los recursos hídricos de la zona.

Es importante estar consciente que actualmente la potabilidad del agua es un problema en nuestro país, y evidenciándose desde hace varios años. Por ejemplo, el señor Juan José Sobrado escribe en su artículo, en el periódico La Nación el 2 de octubre del 2003, refiriéndose a los acueductos a cargo del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

“ Las Fuentes y Cuencas están en el más completo abandono por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados , lo que crea un riesgo evidente y grave para la salud pública cuyas consecuencias ya han sufrido los habitantes del área metropolitana en la forma de las dos graves y masivas emergencias de contaminación recientes”.

Hoy, a nivel nacional, se hacen grandes esfuerzos para dar una solución a dicho problema pero estos se ven afectados enormemente por la política, como escribe Juan José Sobrado.<sup>1</sup> “Atareados en la administración de crisis no superadas , y sobre todo preocupados por aparentar que hacen, mientras se sostienen electoralmente sobre el clientelismo que ha envenenado la política, tales partidos han abandonado igualmente también por apariencias y propaganda, la política social, el desarrollo urbano, la infraestructura nacional y el ambiente, elementos sustanciales de la vida moderna”.

En los periódicos de circulación nacional, es frecuente leer titulares como estos:

- AyA en el banquillo. La Nación 2 de octubre del 2003
- Tratamiento de aguas negras. La Nación 15 de mayo del 2004.
- Recurso Hídrico podría escasear en el 2025, Investigadores promueven preservación del agua. Informatemec, Mayo 2004.

En el caso específico de la ciudad de Orotina, el acueducto es abastecido por nacientes y una quebrada, de las cuales no se tiene suficiente información detallada sobre mediciones periódicas de caudales, ubicaciones en el sitio, planos de las

---

<sup>1</sup> Artículo del 2 de octubre del 2003. Periódico La Nación

líneas de conducción de las fuentes a los tanques de captación no cuenta con medidas adecuadas de protección (cercas de malla), en cada una de las tomas para evitar el paso de personas o animales a las nacientes.

En el nivel legal, es la Municipalidad como gobierno local, el ente responsable de suministrar el servicio de agua potable, el cual debe ser un servicio de calidad, cantidad y continuidad según consta en la Ley General de Aguas No.276. Además debe ejecutar una serie de recomendaciones para el mejoramiento del acueducto según denuncia presentada por los vecinos ante la Sala Constitucional (voto No. 2001-12957) en la cual se ordena al Presidente Ejecutivo del Instituto costarricense de Acueductos y Alcantarillados, disponer de asistencia técnica para la Municipalidad de Orotina.

En la resolución SG-2003-132 de la Subgerencia del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados se recomienda que por las características, propias del acueducto de Orotina, el cual se abastece de aguas superficiales, es vulnerable al presentar problemas de calidad por la mezcla de aguas superficiales crudas con las de la naciente, por lo que es recomendable a mediano plazo la construcción de una planta de tratamiento, para garantizar la calidad o bien modificar el sistema captando más manantiales.

También se manifiesta que en la Municipalidad de Orotina se desconoce cual es el volumen promedio mensual de las fuentes productoras. Desde el punto de vista ambiental, a pesar de que la Municipalidad cuenta con una área protegida de aproximadamente 400 hectáreas de terreno boscoso en el Cerro Turrubares, se ha carecido de una adecuada planificación en el manejo de los recursos hídricos, razón por la cual no hay un control de las fuentes productoras de agua, que abastecen el acueducto en diferentes épocas del año.

No se cuenta con programas de mantenimiento y reforestación para garantizar la sostenibilidad y protección del medio ambiente natural.

Posteriormente por la denuncia ante la Sala Constitucional (año 2001), de algunos vecinos de la ciudad de Orotina, ésta ordenó tomar medidas de emergencia a la Municipalidad, al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados y al Ministerio de Salud para verificar las condiciones técnicas del acueducto, y disponer de asistencia técnica, para realizar mejoras en cuanto a cantidad y calidad, principalmente desde las fuentes productoras hasta la distribución final, la

Municipalidad tomó acciones con el propósito de dar solución a las recomendaciones propuestas; fue así como se conformó la comisión en defensa del acueducto municipal compuesta por regidores, funcionarios, personas de la comunidad, en calidad de asesores para fiscalizar los trabajos propuestos y presionar para que el acueducto municipal no pasara a manos de la administración del ICAA.

## Importancia

La importancia de la disponibilidad de los recursos hídricos para el abastecimiento de agua potable actual y futura, está precisamente enfocado en garantizar a los habitantes del Cantón las mejores condiciones de vida, de salud pública, contar con un buen servicio en cantidad, calidad, continuidad de agua en todo momento.

De acuerdo con las estadísticas a nivel nacional, y que mantiene el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, el 60% de la población actual se abastece de aguas subterráneas y a su vez, es la principal fuente del suministro para proyectos futuros, con la grave amenaza en su potabilidad debido a la construcción de tanques sépticos, a falta de sistemas de alcantarillado sanitario y plantas de tratamiento adecuadas, de aquí la importancia de muchas organizaciones e instituciones nacionales y extranjeras (CIVCO, IFAM, GTZ, ACEPESA) han desarrollado una iniciativa que busca crear tecnologías alternativas en agua y saneamiento y la aplicación de otra filosofía para la vida: Se trata de ECOSAN, una letrina y tanque séptico que proponen una recolección separada en la casa, de excremento, orines, aguas grises y sólidos orgánicos con éstas tecnologías de alto nivel: la filosofía propone un sistema de alcantarillado doble o triple en la casa, con inodoros al vacío o inodoros con separación de orines; con tecnologías de menor nivel, se instalarían sistemas apropiados de letrinas en sitio (cámaras para el excremento y desviación de orines).

El desarrollo del proyecto en general se basa en tres aspectos de gran importancia.

1. El diagnóstico y evaluación de las actuales fuentes productoras.
2. Un inventario de posibles fuentes para el abastecimiento de agua de Orotina, dado un crecimiento poblacional determinado.
3. La propuesta de una guía que formule un plan de gestión ambiental para la sostenibilidad de las fuentes productoras de agua potable actual y futura. La

sostenibilidad del agua es también el tratamiento de aguas residuales, en el caso de los alcantarillados sanitarios y plantas de tratamiento. La desventaja es que los costos de construcción están más allá de los recursos financieros de muchas comunidades de Orotina. Este sistema contribuye a un alto consumo de agua. Las aguas recolectadas varias veces reciben tratamiento y el alcantarillado desperdicia recursos naturales y nutrientes; la descarga de aguas residuales es el mayor causante de contaminación de los cuerpos de agua en todo el mundo.

Los siguientes conceptos se ubican dentro de las áreas de prioridad que se analizan en ésta investigación.

- Área Técnica: Revisión actualizada de las técnicas y tecnologías de medición (macro y micro) aforos, cantidad, tipos de fuentes, tomas y sus estructuras
- Área Social: Brindar un servicio de calidad a la mayor cantidad de población actual y futura
- Área Económica: Evaluación, mantenimiento o reubicación de algunas fuentes para análisis de categorías de los diferentes sistemas.
- Área Educativa: Mediante programas educativos, hacer conciencia en los estudiantes y público en general sobre la necesidad de cuidar el agua y evitar la contaminación de ríos, quebradas manantiales, y nacientes entre otros.
- Área Ambiental: Fijar una propuesta de una guía para un plan de gestión ambiental (manejo de cuencas, reforestación, mantenimiento de obras, vulnerabilidad de los lugares donde se ubican las fuentes).

Con lo expuesto anteriormente, queda claro que un estudio es de suma importancia, porque evalúa actual y objetivamente el potencial hídrico del Cantón, con el fin de analizar la categoría que represente el mejor beneficio para la comunidad, y plantear su disponibilidad en el tiempo, de tal manera que la Municipalidad cuente con una herramienta para la toma de decisión, en lo que respeta a la administración y mantenimiento de su propio acueducto y así no se vea en la imperiosa necesidad de cumplir con lo indicado en el voto No. 2001-12957 de la Sala Constitucional que Textualmente dice: "En caso que dentro del referido plazo no se mejoren las condiciones del acueducto,

este deberá ser asumido por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

## **Antecedentes teóricos y prácticos del problema**

Sin duda alguna la calidad del ambiente de una ciudad es un factor determinante para que esta, se desarrolle de la mejor manera posible, buena calidad y cantidad de agua potable, mejoras en la salud pública, un adecuado ordenamiento territorial, eficiencia en el cobro de impuestos y un uso consciente de los recursos económicos. El país ha dirigido esfuerzos para ampliar la legislación en materia ambiental con la creación de la Secretaría Técnica Nacional del Ambiente (SETENA) y la propuesta para incorporar un capítulo de Garantías Ambientales dentro de nuestra Constitución Política, como continuación a la legislación ambiental iniciada por las Naciones Unidas desde la Declaración de Estocolmo (1972), hasta la designación de metas y principios de la evaluación de Impacto ambiental (1987).

En el nivel cantonal, en los últimos años, la Municipalidad de Orotina ha venido realizando gestiones para mejorar su relación con el medio ambiente, específicamente en lo que a calidad del agua se refiere y manejo de desechos sólidos, dos de los servicios más importantes prestados por la Municipalidad.

Una de las iniciativas tomadas para mejorar la calidad del agua fue el cambio de un viejo clorador manual, que casi nunca funcionó, por uno nuevo, automático (cloro- gas).

En lo que respecta a la organización interna de la municipalidad, se cuenta con los recursos técnicos suficientes para dar solución a los múltiples problemas que aquejan al cantón.

Es importante mencionar que hasta hace poco menos de un año, que se contaba con una oficina de ingeniería formalmente establecida. Su ausencia impedía que acciones de un profesional en la materia fueran realizadas en forma eficiente y técnicamente aceptadas.

Ha sido gracias a la actual administración, que se efectúan gestiones más concretas y realizables a mediano plazo para sacar el acueducto municipal adelante, y no trasladar los activos del mismo y su administración al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.



Por otra parte la Comisión Externa en defensa del acueducto municipal nombrada por el Concejo Municipal, en el acta N0.97 del 24-06-2003 formada por regidores, funcionarios y representantes del pueblo se mantiene dando seguimiento para que se realicen las mejoras indicadas por el Ministerio de Salud y el Departamento Técnico del ICAA, debido a que la Municipalidad se encuentra denunciada ante la Sala Constitucional (voto No.2001-12957) por la mala prestación que daba del servicio.

Estos documentos técnicos son sin duda una valiosa fuente de información para hacer una propuesta, que oriente y solucione de una manera más fácil el problema que se desarrolla en el caso específico de la disponibilidad de las fuentes de agua presente y futura para la población domiciliaria.

## Objetivos

### Objetivo general

Analizar el potencial hídrico de la zona en lo que a ubicación, capacidad, demanda, infraestructura y disponibilidad para uso domiciliario respecta.

### Objetivos específicos

- Describir la zona de estudio (Orotina) desde el punto de vista social económico y físico.
- Realizar un inventario de los recursos hídricos de la zona y su potencial como abastecimiento domiciliario de agua potable.
- Analizar mediante proyecciones de población y crecimiento urbano la situación futura de demanda domiciliar de agua potable.
- Analizar las diferentes alternativas posibles y determinar la de mejor factibilidad socioeconómica.
- Proponer una guía para formular un plan de gestión para la disponibilidad de los recursos hídricos de la zona para la alternativa de mejor factibilidad técnicamente explotable.

### Alcances y limitaciones del proyecto

El trabajo desarrollado para este proyecto, se enmarca dentro de los siguientes aspectos:

La zona considerada, el cantón de Orotina, cuyo crecimiento poblacional normal, se proyecta según

las estadísticas del INEC, la población flotante que se calcula por diferencia de la población servida, con la población normal, no se toma en cuenta un posible aumento anormal de la población domiciliar por causa de la futura construcción de la carretera San José-Caldera, en razón que por más de veinte años, se anuncia su posible construcción y a la fecha no se concreta tal proyecto.

El estudio abarca no solo la población que es servida por el acueducto municipal. Además algunos distritos y otros caseríos que son atendidos por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (ICAA) y acueductos rurales administrados.

La información que se utilizó para la caracterización de la zona fue la disponible en entidades públicas, tales como:

- Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT). Ubicación de calles y carreteras de la zona. Establecimiento del derecho de vía existente en la zona de la futura carretera San José-Caldera
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)  
Proyecciones de población de varios Años. Censos nacionales
- Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM) Asesoría al acueducto municipal  
Financiamiento a la corporación municipal
- Instituto Geográfico Nacional (IGN). Cartografía Nacional (hojas)  
Planos y mapas de la zona
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN) Estadísticas de tiempo y temperatura.
- Instituto de Desarrollo Agrario (IDA)  
Ubicación y localización de asentamientos en la zona  
Topografía y ubicación de sistemas
- Municipalidad de Orotina  
Estadística de datos (consumo, contribuyentes, cobros, tasas, medición y otros). Planos y croquis de conducción y distribución.

Con esta investigación se dictarán las pautas a seguir, para que las autoridades municipales cuenten con información bien detallada y lograr desarrollar una guía para un plan de gestión que garantice la disponibilidad de los recursos

hídricos, para el futuro desarrollo que se avecina al Cantón de Orotina.

El trabajo tiene como fines principales, primero evaluar las condiciones de las fuentes que abastecen actualmente el acueducto municipal, así como investigar y determinar nuevas fuentes de abastecimiento futuro para la ciudad y segundo proponer una guía para elaborar una guía para un plan de gestión, la categoría o categorías que se recomienden al final de la presente investigación quedarán a discreción de las autoridades municipales el llevarlas a la práctica.

1. Informe de visita técnica, acueducto municipal de Orotina, elaborado por funcionarios del ICAA (anexo No.7)

2. Consideraciones de diseño para las mejoras del acueducto de Orotina, elaborado por el Ing. David Solís del SENARA (anexo No.8)

## Realización del proyecto

### Recursos disponibles

Para la realización de este proyecto se contó con:

a. Acceso a toda la información sobre el tema que maneja la Municipalidad de Orotina, en especial los informes de la visita técnica, acueducto municipal de Orotina, elaborado por el Ing. David Solís Rojas de SENARA, previo permiso por parte de la Alcaldía Municipal y Comisión Externa del Agua.

sobre vías terrestres de la zona.

b. Equipo de profesionales que colaboraron con la realización de este proyecto:

1. El Ing. Carlos Fernández Córdoba, graduado como ingeniero civil, de la Universidad de Costa Rica.

Asesor de infraestructura y desarrollo de acueductos municipales

2. El geólogo Allan Astorga Gätgens es doctor en gestión ambiental integral y ex secretario de la SETENA

c. Acceso a los programas para manejo de información geográfica

Catastro de la Municipalidad de Orotina. (Arc. View),

d. Estudio de vulnerabilidad del territorio nacional.

-Instituto Geográfico Nacional (IGN) , información para la caracterización física de la zona.

En lo que se refiere a estudios llevados a cabo en el Cantón, se tienen los siguientes:

# Antecedentes

## Breve reseña histórica

### Origen topónimo

En las obras históricas y en transcripciones de textos coloniales es posible localizar términos como Orotina, Orutina, Brutina, Gurutiña, todas semejantes gráfica y fonéticamente a “Orotina”. Se supone que erróneamente se le asignó ese nombre al cantón.

Es posible, por lo tanto, que alguien se confundiera al designar esta región con el nombre de Orotina. Resulta por lo demás, comprensible, este tipo de error si se toma en cuenta las condiciones primitivas de la comunicación y la información en épocas pasadas, por lo que no se tiene hipótesis claras sobre el origen etimológico o semántico del término “Orotina”.

### Creación del cantón

El distrito de Santo Domingo de San Mateo, estaba acumulando las condiciones necesarias de desarrollo para competir inclusive en su hegemonía con el propio cantón de San Mateo, debido al impulso prosista de sus habitantes, con hechos tales como:

- Influencia de las escuelas de varones públicas y privadas (1868-1879)
- Influencia de la Iglesia Católica en 1876
- Aumento de la población (nativa o inmigrante)
- Aumento de la producción agraria,, comercio, ganadería y condiciones económicas de la población
- Llegada del ferrocarril con su paso para el Pacífico

Con todos estos acontecimientos fue que el 23 de agosto de 1908, a las 09 horas con 45 minutos, el

Congreso Constitucional en su acuerdo No. 3 redacta el acta de creación del cantón de Orotina.

## Características físicas

### Ubicación del cantón

El Cantón de Orotina es el noveno de la provincia de Alajuela y está ubicada en la Región Pacífico Central, se encuentra a 84° 31' longitud oeste y a 09° 53' latitud norte, posee una altitud de 224 m.s.n.m (tomando como punto el Parque José Martí ubicado en el distrito central). Dentro del sistema de Hojas 1:50.000 que hace el Instituto Geográfico Nacional, Orotina se localiza en la hoja Barranca.

Tiene una extensión de 141,73 km<sup>2</sup>, distribuidos como a continuación se muestra en la figura No.1

<u>DISTRITO</u>	<u>NÚMERO</u>	<u>EXTENSIÓN</u> km <sup>2</sup>
Orotina	1	21,36
Mastate	2	5,76
Hacienda Vieja	3	14,78
Coyolar	4	46,11
Ceiba	5	51,72

Fuente: Hernández Lobo Juan B. Reseña Histórica. IFAM. 1983.

Este Cantón presenta los siguientes límites:

Al Norte: Cantón de San Mateo(Río Machuca, Colinas de Pital, Cerro del Zopilote y la Quebrada boca del Infierno).

Al Sur: Cantón de Garabito (Río Grande de Tárcoles).

Al Este: Río de la Concepción

Al Oeste: Cantón de Esparza

## Geología

En el Cantón de Orotina afloran dos formaciones, una de origen sedimentario. Tivives-Esparza, y la otra de origen volcánico

## Hidrografía

En términos hidrográficos, el Cantón de Orotina es avenado por el Río Grande de Tárcoles y el Río Machuca, este a la vez lleva sus aguas al Río Jesús María. Ambos cursos de agua desembocan en el litoral oriental del Golfo de Nicoya y el Océano Pacífico.

Un rasgo interesante de la hidrografía local lo constituye el hecho de que Orotina está situado en la divisoria de aguas que separa la cuenca del Jesús María, al norte, de la cuenca del Río Grande de Tárcoles, al sur (Véase para un mejor detalle la figura No.2).

## Clima

El clima de la región se clasifica como húmedo, muy caliente, presentando las siguientes características:

- ✓ Precipitación media anual..2400-2740mm
- ✓ Temperatura mínima anual.....21° C
- ✓ Temperatura media anual.....24° C
- ✓ Temperatura máxima anual.....31.8 C
- ✓ Período de estación seca mínima.....5 meses(diciemb. a abril)
- ✓ Brillo solar.....5 a 6 hrs
- ✓ Viento.....predomina durante todo el año (NE-SO)

## Uso del suelo

Desde el punto de vista agropecuario, las actividades principales en el cantón son la agricultura y la ganadería.

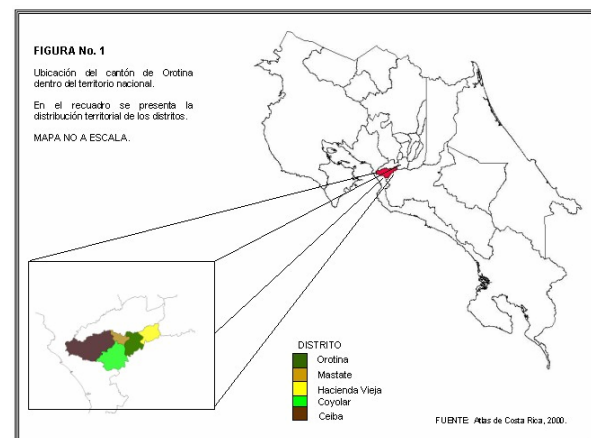
En la parte agrícola se tiene la producción de granos básicos, como, maíz, arroz, sorgo y frijoles, se debe mencionar aquí la práctica de la fruticultura, la cual tiene auge con la siembra de mango, marañón, aguacate, nance, tamarindo, caimito, guanábana y otros.

Los suelos de clase III tienen pendientes más accidentadas, requieren prácticas especiales para su conservación, son poco profundos, con presencia de piedras, lo cual impide la

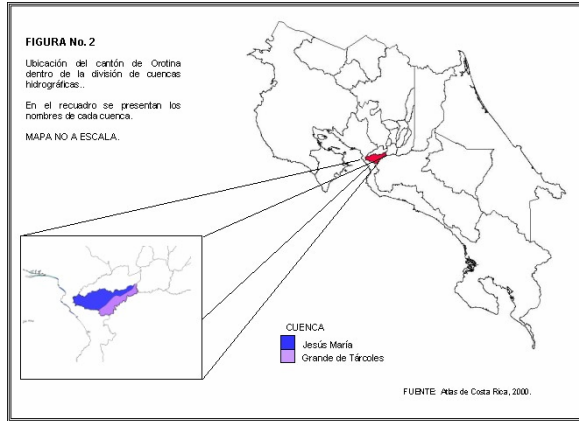
mecanización, con drenajes de medio a bueno y fertilidad de baja a alta.

El área urbana está bien dividida en cuadrantes y el uso del suelo en ella tiene predominio en infraestructura habitacional contando con un sector comercial bien definido que poco a poco se ha ido extendiendo hacia el sector oeste, debido a la construcción de nuevas urbanizaciones, tales como Las Palmas y Casas de Campo, así como de establecimiento de centros educativos y hacia el sector sureste de la ciudad, dado que éste se ubica junto a la carretera hacia Puntarenas, así como del entronque con la nueva autopista hacia Ciudad Colón. El crecimiento de la ciudad de Orotina a corto plazo se prevee que ocurra hacia el este debido a la mencionada carretera a Ciudad Colón, pero hay que tener en cuenta que el sector este no se debe olvidar, porque a futuro se piensa construir un aeropuerto internacional para dicha zona.

Los suelos II requieren de prácticas moderadas de conservación, presentan pendientes suaves y de poca profundidad, sin pedregosidad superficial, por lo cual se pueden utilizar maquinaria en ellos. Estos mismos tienen una erosión de media a baja, con drenajes superficiales de medios a buenos.



Se ha descrito en forma detallada el Cantón de Orotina, su desarrollo y características para una mejor comprensión. Si se desea ahondar un poco más sobre la institución, Municipalidad de Orotina, que tiene a cargo estos proyectos (Ver apéndice No.2).



# Marco teórico

## Disponibilidad del agua para usos humanos

La cantidad de agua que hay en el planeta es enorme. Si se extendiera sobre toda la tierra formaría una capa de unos 3000 metros de profundidad. Sin embargo alrededor del 97% de esta agua está en los mares y océanos y es salada, por lo que no se puede usar para beber ni para la agricultura, y mucho menos para la mayor parte de los usos industriales.

El 3% del agua restante es dulce pero casi toda ella está en los hielos de los polos, o en los glaciares, o en depósitos subterráneos, o en otros lugares de difícil utilización. Por todo esto sólo un 3% de la masa total de agua del planeta está fácilmente aprovechable para los usos humanos.

Por fortuna el agua sigue un ciclo de evaporación, precipitación y vuelta a los mares y océanos, por el que está continuamente purificándose. Por eso, si no contaminamos o agotamos a un ritmo mayor del que necesita para limpiarse para recargar sus lugares de almacenamiento, tenemos un suministro continuo barato de agua de muy buena calidad. Por desgracia, en muchas ocasiones, se está perturbando el ciclo de renovación del agua por no cumplir los requisitos mínimos para su uso.

## Definición del acueducto

Un acueducto es una infraestructura compuesta por varias obras sanitarias, posibilita el desarrollo de una determinada comunidad.

Es un sistema compuesto por tanques y tuberías para conducir agua en forma protegida desde una determinada fuente (naciente, pozo, quebrada), hasta las viviendas de una comunidad. Incluye los principales elementos como son los tanques de captación, de

almacenamiento, así como las tuberías de conducción y distribución.

En algunos casos es necesario mejorar las características de la calidad del agua, por lo que el acueducto se complementa con sistemas de tratamiento. Esto es, etapas de algunos procesos que eliminan los elementos contaminantes y que al estar presentes, no permiten que el agua por utilizar sea potable.

## Requisitos mínimos que debe cumplir un acueducto

El acueducto para que sea eficientemente y funcional, debe cumplir con las siguientes condiciones básicas:

- Suministrar el agua con la calidad apropiada
- Proveer la cantidad mínima necesaria de agua
- Contar con un servicio intra domiciliario
- Que el servicio sea continuo durante las 24 horas del día

## Clasificación de acueductos

Dependiendo de la posición topográfica de la fuente productora principal con respecto a la población por servir, se podría decir que existen dos tipos de acueductos: Acueductos por gravedad y Acueductos por bombeos.

Cuando la naciente o quebrada donde se ubique la toma principal, se encuentra en un nivel superior al de la población, que ha de servir, se aprovecha la energía potencial del líquido para construir un acueducto por gravedad.

## Características de las fuentes productoras

Es esencial para toda comunidad, contar con un abastecimiento limpio y constante de agua potable. Las personas en las ciudades toman agua de fuentes superficiales, tales como lagos, ríos y embalses, tal es el caso de Cartago y San José, que en su mayoría consumen agua tratada del Proyecto Orosí. Algunas fuentes están cerca de las comunidades, pero por lo general la producción no es suficiente, para el consumo de las mismas. En otros casos, las municipalidades o instituciones encargadas de proveer el agua potable, obtienen el preciado líquido de fuentes ubicadas a varios kilómetros de distancia.

En las poblaciones rurales es más probable que las personas tomen aguas subterráneas bombeadas de un pozo. Estos pozos se conectan a acuíferos los cuales son reservas naturales debajo de la tierra, que puede que sean solamente unos pocos metros de ancho, o puede que abarquen extensas áreas, igual que el agua superficial, es importante recordar que las actividades diarias acaecidas a varios kilómetros de distancia de nuestra casa pueden afectar la calidad del agua subterránea.

El criterio general es que las fuentes ideales para la captación de agua con potabilidad adecuada para la salud pública, son en principio las aguas subterráneas (manantiales y pozos).

## Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas se consideran tradicionalmente como virtualmente puras por la acción protectora ejercida por los fenómenos que acontecen en ella a su paso a través de las capas del terreno y por la escasa viabilidad de las bacterias patógenas en el agua que no presta un hábitat adecuado. Ofrecen las aguas subterráneas, la ventaja de constituir una reserva natural protegida en gran parte de los riesgos de polución que acecha a las aguas superficiales.

Este criterio, cierto para las aguas artesianas y para las más subterráneas, en general estimadas como bacteriológicamente puras, no puede aplicarse a las aguas subterráneas más superficiales en las que es más conveniente considerarlas como peligrosas, por su

frecuente exposición a contaminaciones generales en la superficie.

## Aguas superficiales

Se llaman aguas superficiales aquellas que corren sobre la tierra. Esta agua tiene su origen fundamentalmente en las llamadas meteóricas, las cuales al caer sobre la misma forman las llamadas aguas de escorrentía, que o pueden infiltrarse o contribuir a la formación de ríos o lagos.

Las aguas llovidas al caer hacia la tierra arrastran las partículas de polvo suspendidas en la atmósfera, los gases producto del humo de vehículos e industria, microbios y todo tipo de polución.

Cuanto mayor es la cantidad de estos materiales en la atmósfera, más cantidad de contaminantes contiene el agua. En las zonas deshabitadas o en las que se desarrollan escasas actividades humanas, ésta apenas contiene gérmenes, pero al llegar a la tierra, las aguas se cargan de microorganismos proporcionados por el suelo, definiendo que desde el punto de vista bacteriológico, el agua potable es aquella que no contiene gérmenes patógenos que puedan provocar en corto o largo plazo, alteraciones de la salud en el hombre o en los animales. La potabilidad del agua no depende solo de las características bacteriológicas, también son importantes las características físico-químicas, además la frecuencia del muestreo, la severidad de las pruebas, y los volúmenes de agua por examinar dependerán de la información de datos insitu en el origen de la captación.

Dependiendo del origen y de la apreciación de la pureza de las aguas, se relaciona, que el orden de preferencias en las captaciones para el abastecimiento de nudos urbanos, como sigue:

Aguas de manantiales y pozos (aguas profundas)

Aguas de pozos artesanos

Aguas superficiales

En este sentido, la mayor parte de la legislación Europea expresa "solamente las fuentes y los acuíferos subterráneos que son susceptibles, bajo determinadas condiciones de suministrar aguas naturalmente puras". En el caso de que no se pueda recurrir a las aguas subterráneas se estudiarán las posibilidades y condiciones de utilización de las aguas superficiales.

## Naturaleza del agua

La legislación costarricense sobre el agua es de orden público y de interés general. El recurso agua aparece regulado por la ley de aguas No.276 de 1942 en relación con el uso, conservación, propiedad y manejo<sup>2</sup>. Además la ley de Salud Pública define como agua potable la que reúne las características físicas, químicas, y biológicas que la hacen apta para el consumo humano, de acuerdo con los patrones de potabilidad de la Oficina Panamericana de la Salud aprobados por el gobierno. Todos los abastecimientos de agua del país deberán llenar los requisitos de estructura y funcionamiento fijados por las normas y especificaciones técnicas que el poder ejecutivo dicte, en consulta con el ICAA. La misma ley establece que todo abasto de agua potable, sin excepción, queda sujeto al control del Ministerio de Salud en cuanto a calidad del agua que se suministre a la población debiéndose velar porque los elementos constitutivos del sistema, su funcionamiento y estado de conservación garanticen el suministro adecuado y seguro pudiendo ser intervenido por el Ministerio si hubiera peligro para la salud de los habitantes.

Cualquier sistema de abastecimiento de agua, destinada al uso y consumo de la población, deberá suministrar agua potable en forma continua, en cantidad suficiente para satisfacer las necesidades de las personas y con presión necesaria para permitir el correcto funcionamiento de los artefactos sanitarios en uso.

Corresponde al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (ICAA)

- ✓ Dirigir y vigilar todo lo concerniente para proveer a los habitantes de la República de un servicio de agua potable, recolección y evacuación de aguas negras y residuos industriales líquidos y de aguas pluviales.
- ✓ Promover la conservación de las cuencas hidrográficas y la protección ecológica, así como el control de la contaminación de las aguas.

El agua no se encuentra en la naturaleza en estado químicamente puro. Según sea su procedencia, puede contener gran diversidad de sustancias, en el camino que el agua recorre a

través del aire o del suelo. Según el uso al que se destine el agua, se clasifica en:

- ✓ Agua Potable: la adecuada para el consumo humano con las propiedades especificadas por las normas de consumo humano.
- ✓ Agua para uso industrial: La empleada en el trabajo, la industria, agricultura y similares. Las propiedades que le exigen serán distintas según la aplicación a la que se destine.

En cualquier caso su aspecto debe ser agradable, no habrá tenido contacto con sustancias perjudiciales para la salud y no debe captarse en zonas contaminadas.

La temperatura óptima del agua es de 5° a 15°. En el caso de Orotina la temperatura del agua se encuentra muy cerca del límite superior en razón que las tomas de agua, se encuentra en el cerro Turrubares a una altura superior a los 800 m sobre el nivel del mar. El agua demasiado fría puede ser perjudicial para la salud y demasiado caliente no resulta refrescante.

El agua debe carecer de materias orgánicas, porque estas, al descomponerse en las conducciones por falta de luz, dan lugar a procesos de putrefacción. La reacción conveniente es la neutra o débilmente básica, pero ha de tenerse en cuenta que esta reacción puede estar influida por la dureza de carbonatos que contenga el agua, y por lo tanto el punto de transición no se encuentra en el PH= 7. El valor máximo recomendable es de 6,5 a 8,5 y el valor aceptable superior a 9,2.

El agua potable debe contener escasas bacterias. El agua potable de buena calidad presenta solamente unidades de gérmenes por centímetro cúbico, con esto el límite admisible es de 10 bacterias por centímetro cúbico de agua. Las costumbres periódicas de la vida cotidiana son las causas de estas oscilaciones. Las oscilaciones anuales en el consumo de agua dependen en cierto modo del clima de la localidad. El consumo máximo diario en días calurosos es mayor que el consumo máximo medio.

El factor de relación entre el consumo medio y el máximo diario depende también de la magnitud de la ciudad y de las costumbres locales.

<sup>2</sup> Rossi. A Normativa ambiental relacionada con la contaminación de las aguas. Fund. Ambio,1992.CR



## Captaciones

Para el abastecimiento de agua se cuenta principalmente con las aguas subterráneas y las superficiales. Además se utiliza el agua de los manantiales, lagos, y embalses.

Los pozos excavados amplios, de 1, 82 metros o más de diámetro, se construyen generalmente sólo donde el agua subterránea tiene poca profundidad y el almacenamiento dentro del pozo compensa las variaciones en el gasto de bombeo. Donde la permeabilidad del suelo es muy baja, para mantener un solo pozo abastecido con suficiente agua, este pozo puede ser reemplazado por varios. Los pozos cavados pequeños se abren a mano, generalmente. En terrenos o suelos superficiales, se les adema con madera, o se les reviste con ladrillo, piedra en bruto, concreto, o bien se les recubre con tubo vitrificado de barro o tubo de concreto de gran diámetro.

La excavación se continúa hasta que el agua fluye al interior con mayor rapidez de la que puede extraerse. La manera como brota el agua es de gran importancia para la forma de entrada de agua. Así se pueden distinguir los siguientes casos:

-Salida horizontal en un punto, se presenta en los manantiales de capas sedimentarias, de rebose de aluvión e intermitentes, y eventualmente, en los de agua remansada.

En este tipo de manantial se capta el agua en la pared posterior del depósito de acumulación, allí se instalan orificios de entrada de agua de tamaño suficiente, y delante de ellos se disponen de varias capas de material filtrante.

-Salida vertical en un punto, se presenta en los manantiales de fallas, grietas o artesianos y, eventualmente, en los de aguas remansadas.

La instalación de captación necesaria en este caso se parece a un pozo ordinario con el acceso del agua en el fondo. Por ello, es esencial determinar exactamente la altura del rebose.

-Salida horizontal en una franja de anchura determinada, se presenta en los manantiales de capas sedimentarias, de aluvión o de rebose.

-Salida en forma de plano vertical, se presenta en manantiales de agua remansada. Dado que en este tipo de manantial fluyen sólo pequeñas cantidades de agua por la sección transversal horizontal del suelo, es necesario facilitar su circulación por medio de construcciones

apropiadas. Esto se consigue empleando materiales de grano.

## Ciclo del agua

En la antigüedad la dificultad mayor para comprender el ciclo del agua, era explicar por qué el nivel de los océanos no se elevaba, a pesar del aporte continuo de los ríos. Habría sido necesario estimar la fuerte cantidad de agua oceánica evaporada por la energía solar, pero, esto era imposible ya que las extensiones marinas se suponía que ocupaban sólo una superficie muy reducida en un mundo plano y en forma de disco, pero, este concepto heredado de Tolomeo desapareció poco a poco en el Occidente, después de los trabajos de Copérnico y de Galileo. Véase figura 2.1.

En la actualidad puede definirse el ciclo hidrológico como el movimiento del agua y sus interrelaciones tanto en la atmósfera, superficie y subsuelo. En el ciclo hidrológico, bajo el efecto del sol, hay agua que se evapora constantemente en la atmósfera. Una parte de ella se transforma en lluvia y en nieve precipitándose, pero no toda el agua que precipita llega al suelo ya que una parte es interceptada por los edificios, árboles, etc. El agua que llega al suelo escurre, desaguando en lagos y ríos, a fin de emprender el regreso al mar. Otra parte se infiltra en la tierra para convertirse en humedad o en agua subterránea, que, en condiciones naturales, recorre su camino regresando a las aguas superficiales.

Los vegetales absorben parte de esa humedad del suelo y del agua subterránea y liberan una parte en la atmósfera, por el proceso de evapotranspiración. Este fenómeno se repite a lo largo del tiempo en una cuenca hidrográfica. El ciclo hidrológico moviliza enormes cantidades de agua alrededor del mundo. Parte de este movimiento es rápido: una gota de agua permanece un tiempo promedio de 16 días en un río y de unos ocho días en la atmósfera pero ese tiempo puede convertirse en siglos para un glaciar y en decenas de miles de años para el agua que atraviesa lentamente un acuífero profundo.

El agua no permanece siempre en los mismos lugares. Todos hemos visto como cae desde las nubes cuando llueve o nieva, también como discurre por los ríos y arroyos: además podemos comprobar cómo, con el paso del tiempo, se

evapora el agua contenida en un recipiente abierto. El agua puede provenir de:

-Del mar a las nubes. Evaporación

Debido al calor del sol, el agua de la superficie del mar se va evaporando poco a poco y este vapor se eleva y forma las nubes

-De las nubes a tierra. Condensación y precipitación

El viento empujará las nubes, se enfrían, y el vapor que contiene se condensa y precipita en forma de lluvia.

-De la tierra al mar

Una vez que el agua que se ha precipitado sobre la tierra firme, puede seguir diferentes caminos, como corrientes subterráneas, en la superficie como ríos, arroyos, torrentes, entre otros.

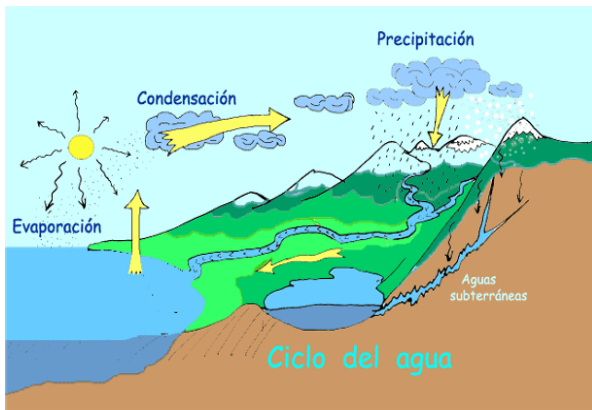


Figura 2.1

## Metodología para la medición de caudales

### Vertederos

En el caso del acueducto municipal de Orotina, el sistema (tomas y tanques de captación), se encuentra previsto de un vertedero, pero por el mal estado debido a la construcción no fue posible utilizarlo, los datos de caudales utilizados se refieren a mediciones realizadas por funcionarios del ICAA, no fue posible determinar los métodos utilizados.

El vertedero es un dispositivo simple y práctico que se usa comúnmente para medir

gastos pequeños. Cuando se utiliza en condiciones controladas, es muy preciso. En su forma sencilla, consiste en colocar en un canal una obstrucción o tabique con una escotadura en su parte superior por la que se hace pasar el agua, y que tiene dimensiones fijas. Los tipos ordinarios son el rectangular, con contracción lateral, el vertedero cipolletti y el vertedero triangular de 90°.

El vertedero rectangular es el más antiguo y más popular debido a la sencillez y facilidad de construcción.

El caudal se determina con un vertedero de aforo de pared gruesa, pueden emplearse para medir el caudal en un canal.

$$\text{El canal unitario es } q = \sqrt{g \left(\frac{2}{3} E\right)^{3/2}}$$

Aforo de pared gruesa

donde E es la energía específica referida a la cresta del vertedero a la altura de carga aguas arriba más la altura de velocidad de aproximación. Debido al rozamiento, el caudal real es del 90 al 92% del valor dado por esta fórmula.

La ecuación aproximada es  $q = 1,67H^{3/2}$

### Pitometría

Las actividades necesarias para operar, evaluar, analizar y planear sistemas de agua potable, requieren de una metodología que permita realizar múltiples mediciones, sin que para ello sea necesario contar con equipos permanentemente instalados en los puntos de edición. Esta la proporciona la Pitometría.

La Pitometría es la aplicación del tubo pitot, o pitómetro, a la medición de caudales en conductos forzados. En un sentido amplio, se entiende por Pitometría, al conjunto de elementos y actividades, en las que se usa como elemento básico el pitómetro portátil, para la obtención y posterior procesamiento, análisis y divulgación de los datos operacionales relativos a flujos, volúmenes, presiones y niveles de agua, con el propósito de obtener diagnósticos específicos sobre las condiciones reales o simuladas del funcionamiento de un sistema de abastecimiento de agua.

## Macro medición

Se define el sistema de macro medición o simplemente como el conjunto de elementos y actividades permanentes destinadas a la obtención, procesamiento, excluidas las conexiones domiciliarias.

Son objetivos de la actividad macro medición los siguientes:

- Evaluación de las condiciones hidráulicas reales de funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua.

- Determinación de los flujos y volúmenes en los diferentes sectores de distribución y comparación de estos elementos con la disponibilidad y con la demanda de agua

- Determinación de las presiones y niveles de agua en los puntos de importancia del sistema de abastecimiento

- Evaluación del tiempo de saturaciones de los sistemas, en función de la evolución demográfica, socioeconómicas y culturales de las comunidades.

- Determinación de las dotaciones per cápita real de los sistemas y de los diferentes sistemas de abastecimiento.

- Determinación de los factores diarios y horarios del consumo en los diferentes sistemas y sectores de abastecimiento.

También se encuentran las actividades básicas entre ellas están:

- Establecimiento de prioridades de implantación de sistemas de macro medición en la empresa.

- Clasificación de los sistemas

- Elaboración de proyectos de ejecución, considerando la localización de los puntos de medición de flujos, presión y nivel de agua.

- Definición del nivel de información por obtener en cada punto de medición (indicación, totalización, registro, transmisión, recepción).

- Especificación del medidor más adecuado para cada caso

- Detalle de cada punto de medición

- Definición del tratamiento, procesamiento y análisis de datos

- Análisis del aprovechamiento de los equipos existentes

- Adquisición de materiales y equipo

- Organización del sistema de macro medición (relaciones funcionales con las áreas de planeamiento, construcción, operación mantenimiento y administración).

- Elaboración del cronograma de ejecución

# Metodología

Un análisis de disponibilidad de recursos hídricos para el abastecimiento domiciliario de agua potable de una ciudad, en cualquiera que sea, debe proponerse que se cumpla con las siguientes etapas.

- a- Diagnosticar de la mejor manera posible la situación actual de la zona para abastecer con agua potable.
- b- Proponer y analizar las categorías que sean posibles de implementar por las autoridades locales y que se ajusten a las características propias de la zona en estudio.
- c- Elaborar una guía para plan de gestión que contemple una adecuada operación y monitoreo ambiental de la alternativa socioeconómica.

Como se mencionó anteriormente, en la ciudad de Orotina no existe una oficina de acueducto que se encargue de un plan para el mantenimiento del mismo, menos para las fuentes productoras, por lo que la información es muy pobre y no se encuentra centralizada; también hay deseos por parte de esta nueva administración municipal para mejorar la situación que se vive día con día.

Con respecto al primer punto, se requiere determinar muy bien las características presentadas por la zona en estudio como: factores históricos, físicos, sociales y económicos.

En lo que respecta al segundo punto, todas las disposiciones técnicas que resulten de las diferentes categorías, deben de reunir las condiciones para que se adapten a la zona caracterizada previamente y por último deben conocerse las acciones (plan) que hay que realizar durante el tiempo de operación actual y futuro.

De ahí que la metodología por seguir para concretar el trabajo es la siguiente:

1. Caracterizar la zona de estudio desde el punto de vista histórico, físico, social y económico, en este caso, el Cantón de Orotina.
2. Seguidamente se hace una revisión minuciosa de la existencia en toda la zona de diferentes fuentes productoras, entre ellas subterráneas (nacientes, pozos), superficiales (manantiales, ríos), se evalúa los acueductos rurales, como otra opción).
3. Se determina el estado, cantidad, capacidad y tipo de las fuentes de abastecimiento actual (agua tomada en el Cerro Turrubares).

En esta revisión, diagnóstico y evaluación de las últimas dos actividades indicadas anteriormente se analizaran desde la perspectiva técnica, ambiental y social.

a- El análisis técnico comprende entre otros aspectos, la cantidad de fuentes, el volumen de producción, determinada principalmente por aforos, el tipo de fuente y sus dificultades para encausar aguas hasta un tanque de captación.

b- El análisis ambiental comprende la determinación de mantenimiento y reforestación de las diferentes zonas donde se ubican las fuentes productoras.

c- El análisis social comprende la demanda de población, habitacional, comercial, industrial, las cuales se revisarán con la zonificación establecida por el desarrollo y control urbano del Cantón.

4. Se determina la proyección de población del área o zona en estudio para un período de por lo menos 20 años, partiendo de un dato de población dado (ultimo censo).

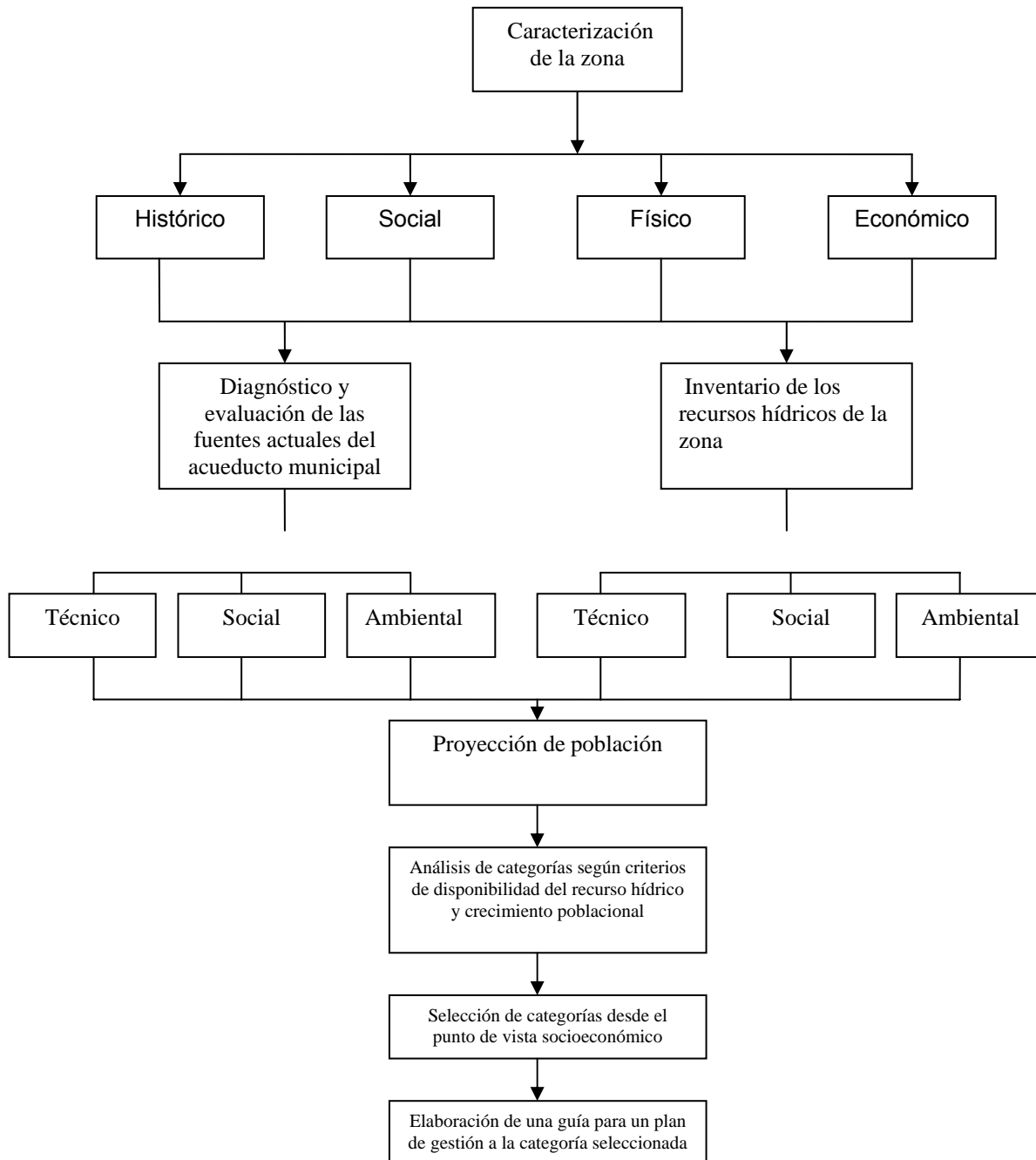
Para realizar esta proyección se utilizaron diversos métodos, tanto matemáticos y estadísticos, como por ejemplo.

- Método de crecimiento aritmético

- Método de crecimiento geométrico
  - Método de crecimiento logarítmico
5. Análisis de categorías: Una vez realizado el inventario de recursos hídricos de la zona y establecido el diagnóstico de las fuentes de abastecimiento actuales y con los datos de proyección de población para un período de 20 años,(población domiciliar normal y flotante, no tomando en cuenta expansión por influencia de la futura carretera), se determinarán las diferentes categorías para su evaluación.
  6. Se seleccionará la mejor categoría para el abastecimiento actual y futuro, la cual será la de mejor factibilidad técnica y socioeconómica explotablemente.
  7. Proponer una guía para un plan de gestión a la categoría seleccionada.

El siguiente esquema muestra en detalle la forma en que se desarrollará el proyecto.

## ESQUEMA METODOLÓGICO



# Resultados

## Inventario y evaluación de los recursos hídricos de la zona

### Evaluación de las fuentes del acueducto municipal

El Acueducto Municipal de Orotina es abastecido actualmente por siete fuentes provenientes de seis nacientes y una quebrada, las cuales por situaciones ocurridas en los lugares, objetos muy cercanos o personas que realizaron alguna actividad en su momento, dieron origen a los nombres ellas, a saber:

La Catarata, La Llave, El Gallinazo, Dra. Montero, Güicho, El Rubí y la quebrada La Plata, que se toma en dos sitios, todas están ubicadas en un terreno propiedad de la Municipalidad de Orotina, según consta en escritura pública.<sup>3</sup>

Dicho inmueble se localiza en el Cerro Turrubares, que pertenece al distrito Tercero San Juan de Mata de Turrubares, del Cantón 16, Turrubares de la Provincia de San José (a una distancia aproximada de 14 kilómetros del centro de Orotina). En el apéndice No.2 se detalla la ubicación del acueducto municipal.

Las nacientes son captadas en su mayoría por obras civiles que constan de drenajes como piedra clasificada y ordenada, tuberías perforadas para la recolección de agua y finalmente protegiendo todo el sitio con una delgada losa de concreto para evitar la contaminación. Las fuentes superficiales son captadas mediante presas de concreto colocadas

en lugares estratégicos aprovechando los lugares de mayor altura.

La producción de las fuentes se recibe en dos tanques independientes, uno para las nacientes La Catarata, La Llave, El Gallinazo, Dra. Montero, Güicho y otro tanque para la Veranera (Quebrada La Plata) y la naciente Rubí. Durante la estación de verano y dependiendo de las condiciones del mismo, se adjunta otra captación superficial (sin nombre), la cual se toma en la misma quebrada La Plata aguas abajo, tal y como se detalla en el apéndice No.3, Esquema No.1



Figura 3: Captación La Veranera

La captación superficial La Veranera es una de las últimas obras de este proyecto gracias al

<sup>3</sup> Escritura pública inscrita en el registro de la propiedad, tomo 1762, folio26, asiento10, número 168130, Partido San José

préstamo otorgados por el IFAM<sup>4</sup> con el objetivo de captar el caudal que faltaba para completar la capacidad hidráulica de la segunda línea de conducción, con la cual se garantizaba la dotación para la época. Los tanques de recolección y quiebra gradientes son en su mayoría de tamaño uniforme. Los tanques de captación son de mayor volumen, tal y como se detalla en el cuadro No.1, todos fueron colados en el sitio; están en buenas condiciones y una gran parte funcionan casi de forma hermética para mantener la calidad del agua aparentemente son pequeños para la cantidad de agua que reciben, esto provoca una gran turbulencia que llega a los tanques de captación, desperdiándose una cantidad considerable de agua; además la misma turbulencia introduce aire en la tubería de conducción, produciendo sobrepresiones perjudiciales para la tubería, y a la vez limita el caudal efectivo de conducción.

<b>CUADRO 1. Capacidad de los tanques quiebra gradientes</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Alto M</b>	<b>Volumen m<sup>3</sup></b>
A	1,35	1,35	1,40	2,55
A'	1,30	1,30	1,40	2,37
B	1,35	1,35	1,40	2,55
B'	1,35	1,35	1,40	2,55
C	1,35	1,35	1,40	2,55
C'	1,30	1,30	1,40	2,37
D	2,30	1,65	1,70	6,45
D'	1,62	1,62	1,75	4,60

#### OBSERVACIONES:

En el apéndice No.3, esquema No.1, se detalla la tubería de recolección

A=Tanque de recolección de aguas subterráneas

A'=Tanque de recolección de aguas superficiales

B=Tanque quiebra gradiente 1, aguas subterráneas

B'=Tanque quiebra gradiente 1, aguas superficiales

C=Tanque quiebra gradiente 2, aguas subterráneas

C'=Tanque quiebra gradiente 2, aguas superficiales

D=Tanque de captación, aguas subterráneas

D'=Tanque de captación, aguas superficiales

Las tuberías utilizadas, según se detalla en el cuadro No.2, apéndice No.4, en las diferentes captaciones son variables en cuanto a diámetros

<sup>4</sup> Préstamo No.2' A909-0494, otorgado por el Instituto de Fomento y Asesoría Municipal por \$29,806,019.50

y materiales, de la evaluación realizada se encontraron diámetros de 38,1 mm (1,5 pulgadas) hasta 203,2 mm (8 pulgadas), y entre los materiales cloruro de polivinilo de (PVC), hierro galvanizado y el hierro fundido entre otros, aun con el uso que presentan y con pasar del tiempo se conservaron en muy buen estado.

Dada la cantidad de agua producida por las fuentes en esta época de año (invierno), además de que las obras de captación no están preparadas en cada nacimiento individual para realizar mediciones, y a su vez la municipalidad no cuenta con equipo especial de medición, no fue posible medir los caudales. Sin embargo, el departamento de optimización de sistemas de acueducto y alcantarillados, ha realizado aforos en las cajas recolectoras, teniéndose como resultados que las nacientes Catarata, La Llave, Gallinazo, Dra. Montero y Guicho en conjunto producen un caudal de 52,14 litros por segundo, mientras que la toma La Veranera (Quebrada La Plata) y la nacimiento Rubí producen 23,64 litros por segundo.

Aforos realizados por el mismo departamento en el mes de enero del 2003, registraron caudales de 4,5 litros por segundo para las nacientes y 19,7 litros por segundo para la Quebrada.

Desde el punto de vista ambiental, y como anteriormente se indicó en el Cerro de Turrubares en la micro- cuenca de la Quebrada La Plata, pertenece a la Cuenca del río Grande de Tárcoles, que desemboca en el Océano Pacífico. El tipo de suelo que caracteriza la Quebrada La Plata, es suelo rojo, profundo bajos en bases, se encuentra en relieves de colinas y montañas, la cobertura vegetal y uso actual del suelo, se clasifica como bosque lluvioso tropical sub. montañoso siempre verde, y por encontrarse en una zona protegida se ha visto favorecido en la no explotación de sus bosques.<sup>5</sup>

Se caracteriza por tener grandes pendientes, muy erosivas, por tanto debe mantenerse cubierta de bosque, para evitar los deslizamientos, y por ende la pérdida de suelos. Además cuenta con un clima húmedo caliente, con poca variación en su caudal.

Los bosques juegan un papel importante en el equilibrio ambiental, porque regula el

<sup>5</sup> Propuesta y Análisis del recurso hídrico y evaluación del acueducto de la ciudad de Orotina. UCR. Facultad de Ingeniería



régimen hidrológico y reduce la producción de sedimentos y deslizamiento masivo de talud.

La protección de cuencas, zonas protectoras de recarga acuífera, según nuestra legislación, debe estar en terrenos protegidos y solicitar por parte de la Municipalidad, estudios de impacto ambiental, en todos los casos es necesario, en que se afecte el ambiente. Este aspecto es respetado por la Municipalidad de Orotina, aunque no se da mantenimiento, ni protección alguna al sitio.

Al mantenerse las micros-cuencas en áreas protegidas, se garantiza que las aguas de las nacientes serán siempre cristalinas y puras.

En las áreas donde se encuentran las nacientes que suministran el agua, no se llevan a cabo monitoreos ambientales para la conservación de los mismos. Sin embargo es totalmente de bosque natural protegido, es reserva forestal, con una seguridad por ser estos terrenos, en su gran mayoría propiedad de la Municipalidad de Orotina y se encuentran dentro de la zona, protegida del Cerro de Turrubares, lo que facilita su conservación.



Figura 4: Micro cuenca Quebrada La Plata

La Municipalidad no cuenta con un renglón de pagos de servicios ambientales, de acuerdo con la ley de biodiversidad.

El acueducto municipal de Orotina por las características propias, se abastece en parte de aguas superficiales (Quebrada La Plata), este sistema es vulnerable por presentar problemas de calidad al mezclarse aguas superficiales crudas con las de las nacientes.

En la estación de invierno, por lo general no se realizan pruebas de calidad, físico – químico, ni de turbiedad.

Desde el punto de vista social, el acueducto municipal brinda el servicio de agua potable a 2.162 familias, de aproximadamente 6 personas por familia, ubicadas en su mayoría en el distrito Central y parte de distrito de Mastate.

El servicio de agua potable en la ciudad de Orotina es vital para el desarrollo socioeconómico de la zona y de cada una de las comunidades. La continuidad y la buena calidad del líquido aseguran la salud y disposición de los habitantes para enfrentar tareas productivas. En cuanto a la salud, el agua es indispensable para la vida del hombre. El abastecimiento de agua en la zona, posee las características de accesibilidad y volumen continuo, todo asociado para un saneamiento adecuado y a buenos hábitos de higiene. del personal en la manipulación de alimentos. Por tanto, se constituye un factor importante en el control de muchas enfermedades.

## **Inventario de recursos hídricos de la zona**

Como se dijo anteriormente, se realizó una investigación detallada de otros recursos hídricos existentes en el Cantón de Orotina, que analizaremos posteriormente.

En lo que a perforación de pozos profundos se refiere, la Municipalidad ha llevado a cabo varios intentos, sin mucho éxito, debido a que no han contado con el respaldo de los estudios hidrogeológicos correspondientes. Los lugares seleccionados se centraron en los alrededores del Cantón Central.

Se realizó un pozo de aproximadamente 60 m, de profundidad en la esquina suroeste del parque central de Orotina, el cual no tuvo éxito, debido a que, la cantidad de agua producida era mínima y se abatía en muy poco tiempo.

Se realizaron dos pozos más, cuyas profundidades oscilan entre los 60 y 90 m, uno al costado sur de la plaza de deportes, en Barrio Jesús y el otro en terrenos propiedad de la Junta de Educación (Escuela Primo Vargas), diagonal de la iglesia católica de Orotina, dichos pozos nunca funcionaron.

Se perforó otro pozo en terreno municipal donde se encuentra ubicado, en las instalaciones del campo ferial, con una profundidad aproximada de 76 m; se obtiene un caudal de 3 l p s en la época de verano, el mismo abastece todas las actividades que se realizan durante todo el año en ese campo.

Finalmente, el año pasado, en diciembre del 2003, el Comité Cantonal de Deportes perforó un pozo en la propiedad donde se ubica el estadio municipal, con una profundidad aproximada a los 75 m, produce un caudal de 1 l p s, el cual se utiliza exclusivamente para riego en la época de verano.

En el Cerro Turrubares, a distancias no mayores de 600 m, de las nacientes que abastecen el acueducto municipal. Existe gran cantidad de nacientes, de las cuales la Municipalidad planea plasmar estudios y buscar financiamiento para realizar un nuevo proyecto, con una tercera línea de conducción, entre otras se planea captar la Quebrada Rubí, que se abastece de varias nacientes.

Consultada la información y registro que para tal fin, mantiene actualizada el SENARA, (Servicio Nacional de aguas subterráneas, riego y avenamiento) específicamente en el área de aguas subterráneas, se determinó que en el Cantón de Orotina, existen alrededor de 210 pozos perforados esto sin contar una cantidad considerable de pozos artesanales, no reportados. En el cuadro No.3 se muestra la cantidad de pozos perforados en cada distrito y los caudales máximos y mínimos registrados en ellos.

En la figura No.5 se muestra la distribución porcentual por distrito, siendo el distrito Central quien registra mayor cantidad de pozos. Para una mejor comprensión, en el anexo No.1 se presenta la información completa obtenida en el SENARA, donde entre otros datos se indica la provincia, el cantón, el distrito, simbología, No. de pozos, las coordenadas de

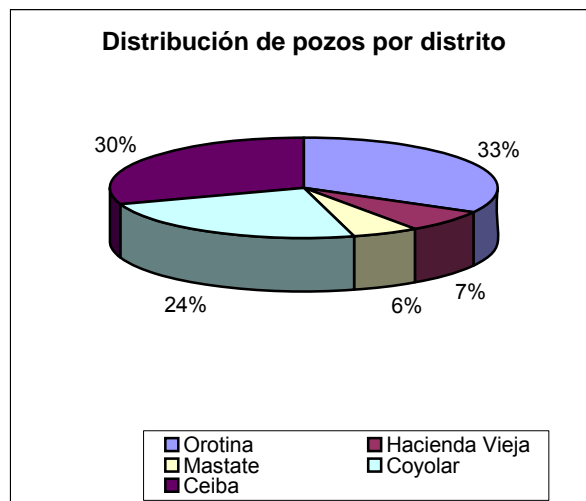
**CUADRO 3. Cantidad de pozos perforados por distrito, indican los caudales máximos y mínimos**

Distrito	Cantidad	Caudales		
		Máximos	Mínimos	Medida
Orotina	69	11	0,20	Lps
Mastate	12	4	1,00	Lps
Hacienda Vieja	16	4	1,00	Lps
Coyolar	50	8,5	0,60	Lps
Ceiba	63	10	0,50	Lps
<b>Total</b>	210			Lps

Fuente: SENARA, registro de pozos perforados. Cantón de Orotina

localización, el nombre de hoja cartográfica donde se ubica, el nombre del propietario, la profundidad, el caudal en lps, y el uso que se le dará a cada pozo.

**Figura 5**



En la zona existen, además del acueducto municipal, seis acueductos rurales, administrados por asociaciones de desarrollo o asociaciones de acueductos (ASADAS) y al menos tres acueductos privados desarrollados para proyectos urbanísticos y de condominios. Por su parte el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, con el antiguo acueducto Ojo de

Agua-Puntarenas abastece comunidades de Orotina.

Los acueductos rurales atienden las localidades de Cebadilla, Santa Rita, Uvita-Trinidad, Hacienda Vieja y Cuatro Esquinas.

Los acueductos privados atienden las urbanizaciones de Villa de Los Reyes, Vista Mar y el Condominio Casas de Campo.

En el caso del Acueducto de Cebadilla de Coyolar se abastece de un pozo, que tiene una profundidad aproximada a los 70 m, el cual produce 8,5 lps, en la época de verano, el sistema cuenta con un tanque de almacenamiento de 200m<sup>3</sup>, 1.880 m lineales de tubería de conducción de la bomba al tanque, 6.800 m de tubería de distribución, sistema de cloración, en la actualidad abastece 126 abonados con medición completa, de cinco miembros en promedio por familia, todas en su mayoría de la localidad de Cebadilla que pertenece al distrito cuarto Coyolar.

Los acueductos de Santa Rita se abastece de un pozo que tiene una profundidad aproximada de 86m, el cual produce 6,5 lps, el sistema cuenta con un tanque de almacenamiento de 200 m<sup>3</sup>, una tubería de distribución de 3.800 m. En la actualidad abastece a 110 abonados con medición completa, sistemas de cloración.

El Acueducto de la Uvita- Trinidad de Ceiba se abastece de un pozo con una profundidad aproximada de 76 m, el mismo produce, 4,5 lps, este sistema cuenta con un tanque de almacenamiento de 250 m<sup>3</sup>, una tubería de distribución de 3.600 m, cuenta con sistema de cloración, abastece 240 abonados activos, 15 inactivos. El sistema cuenta con medición completa, atiende las localidades de Uvita y Trinidad del Distrito de Ceiba.

El acueducto de Coyolar se abastece de un pozo propiedad del Instituto de Desarrollo Agrario con una profundidad aproximada de 42 m, que produce 3,0 lps, este sistema cuenta con un tanque de almacenamiento de 200 m<sup>3</sup>, cuenta con una tubería de distribución de 1.850 m, cuenta con sistema de cloración y medición completa, abastece a 125 abonados en su mayoría del asentamiento Coyolar del IDA.

En relación con otras fuentes de abastecimiento hídrico de la zona, se cuenta con las nacientes que abastecen el Acueducto rural, ASADA de Hacienda Vieja, las dos quebradas, que abastecen el agua del acueducto. Pital –

Centeno, (Acuoro) las dos nacientes que abastecen el acueducto privado del proyecto residencial Vista Mar, propiedad de Agro Negocios de Atenas S.R. LTDA, desarrollado en el Cerro El Chompipe. Por su parte el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados con sede en San Mateo, de Alajuela y con el viejo acueducto que abastecía a Puntarenas (línea de conducción desde Ojo de Agua, hasta Puntarenas) brinda servicio en el Cantón de Orotina a 633 abonados programadas en dos rutas de distribución. La primera ruta de Coyolar, Limonal, San Jerónimo, cuenta con 221 abonados y la segunda ruta de Mastate, Coyolar, Ceiba, Cascajal, Kilómetro 81 y Jesús María cuenta con 412 abonados, además cuenta con 70 servicios inactivos, producto de personas que se trasladaron de varios lugares cuando se eliminó el servicio del ferrocarril.

En caso de emergencia cuando por algún problema falla, este sistema de conducción a Puntarenas, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, cuenta con un pozo perforado en el distrito de Coyolar, con una profundidad de 60m. y una producción de 7 lps.

Con el fin de ampliar más la investigación y a la vez establecer detalles de la información obtenida, se solicitó al Ministerio del Ambiente y Energía, que en adelante lo llamaremos MINAE, al Instituto Meteorológico Nacional, Departamento de Aguas, copia del reporte Técnico de las concesiones detalladas, donde se logra apreciar en forma resumida algunas características de las fuentes investigadas anteriormente como por ejemplo el No. de expediente, el estado en que se encuentra la concesión, los caudales inscritos y el uso que se le dará al caudal solicitado.

En el anexo No.2 se presenta la información completa, obtenida en el MINAE, Departamento de Aguas, en este reporte técnico, se indica el No. de expediente, el Estado de la concesión, el número de cédula de la persona física o jurídica, el nombre y apellido o nombre, según se trate sea persona física o jurídica, la ubicación por medio de las coordenadas, latitud y longitud, información de la provincia, cantón y distrito, el uso que se le dará a la concesión, por ejemplo acueducto rural, agropecuario, agroindustrial, riego, consumo humano, comercio, industria, fuerza hidráulica, turismo y finalmente el caudal reportado para cada una de las actividades anteriores.

El acueducto de Hacienda Vieja, está abastecido por cuatro nacientes ( Ojoche, Chilamate, Bajo Oscuro1, Bajo Oscuro2), captaciones tapadas para evitar contaminación, las cuatro nacientes se recogen en una caja de aproximadamente cinco metros cúbicos, mediante tuberías cuyos diámetros varían en 25,4 mm (1pulg.) y 50,8 mm (2pulg.) de materiales que se combinan entre PVC y el hierro galvanizado, posteriormente y a una distancia de seis metros se encuentra el tanque de almacenamiento con una capacidad de 120 metros cúbicos, este sistema con un caudal de 7 litros por segundo en el invierno y 3 litros por segundo en la época de verano, abastece a 234 abonados distribuidos en cinco sectores, todos del distrito tercero del Cantón noveno de Orotina.

Las nacientes Ojoche, Bajo Oscuro1 y Bajo Oscuro2 se ubican en un bosque de aproximadamente 88 hectáreas, zona de reserva protegida por el MINAE y la naciente Chilamate se ubica en una finca privada de los hermanos Rescia Haita, localizadas en las faldas del Cerro Chompipe lado sur. En el cuadro No.4 se detalla información sobre la altura, localización cartográfica y caudal producido por cada una de las nacientes.

El acueducto de Pital- Centeno (Acuoro) es administrado por la Asociación Pital- Centro, y se abastece de las Quebradas Pital que se localiza en Hacienda Vieja y Centeno localizada en Higuito de San Mateo, las tomas de agua se realizan por medio de presas, que posteriormente pasan a filtros de arena con volúmenes aproximados a los 800 metros cúbicos, mediante tuberías que varían de 101,6 mm (4pulg.) a 152,4 mm (6pulg.) de materiales que se combinan entre PVC y el hierro galvanizado.

Este sistema con un caudal de 11 litros por segundo abastece a 1.100 abonados de cinco miembros en promedio por familia, localizadas en sectores que suma 17,5 kilómetros de red de distribución, entre localidades del sector norte del Distrito Central de Orotina y una pequeña parte del Distrito segundo Mastate.

La Quebrada Pital pertenece a la Cuenca del Río Grande de Tárcoles y se localiza en las faldas del Cerrgo Chompipe, al lado oeste, la Quebrada de Centeno pertenece a la Cuenca del río Jesús María, y se localiza en la localidad de ramada, del distrito segundo del cantón cuarto de San Mateo.

El acueducto privado del proyecto residencial Vista Mar, propiedad de la compañía

Agro Negocios de Atenas L.A.C S.R.LTDA, se abastece de dos nacientes (La Roca, El Guapinol), captaciones tapadas para evitar la contaminación. Las dos nacientes se recogen en un tanque de aproximadamente 250 m³, el cual bombea el agua hasta una altura de 132 m, con una línea de conducción de 392 m de los cuales los primeros 60 m se construyeron en tubería de hierro galvanizado de 50,8 mm. (2pulg.).

**CUADRO 4. ASADA Hacienda Vieja de Orotina. Exp. 281.R**

<b>Naciente</b>	<b>MSNM</b>	<b>Latitud Norte</b>	<b>Longitud Oeste</b>	<b>Caudal lps</b>
Chilamate	370	212.300	483.100	3,1
Ojoche	425	212.700	482.910	0,69
Bajo Oscuro I	390	212.600	483.500	1,95
Bajo Oscuro II	390	212.400	483.550	1,00

Fuente: MINAE. Departamento de Agua

El acueducto privado de la urbanización Villa Los Reyes, se abastece por un pozo con una profundidad aproximada a 80 m, el cual produce 7,0 lps, el sistema cuenta con un tanque de almacenamiento de 200 m³, con sistema de medición y cloración, abastece a 200 abonados.

El acueducto privado del Condominio Casas de Campo, se abastece de un pozo con una profundidad aproximadamente 105 m, el cual produce 3,15 lps, el sistema cuenta con tanque de almacenamiento de 250 m³, con sistema de cloración y medición, por ser un proyecto en construcción en actualidad abastece sus abonados.

De la investigación realizada en el inventario de recursos hídricos de la zona se puede resumir la información obtenida en cuatro grupos, tomando como principal elemento, la fuente productora de abastecimiento

El siguiente cuadro No.5 muestra en forma resumida los recursos hídricos en el cantón de Orotina.

<b>CUADRO 5. Recursos hídricos en el Cantón de Orotina</b>					
<b>Recurso Hídrico</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Caudal disponible lps</b>			
		<b>Verano</b>	<b>Invierno</b>	<b>Cantidad abonados</b>	<b>Población</b>
Nacientes	Acueducto Municipal	61,2	75,8	2.152	10.756
	Acueducto Rural Hda. Vieja	3,0 0,42	7,0 1,5	234 0	1.170 0
Pozos	Asadas	8,5	11	126	630
	Cebadilla	6,54,6	7,5	165	825
	Santa Rita	3,0	6,5	264	1.320
	Uvita-Trinidad	7,0	4,5	125	625
	Coyolar	3,15	8,5	200	1.000
	Urb. Villa los Reyes Asoc. Condominio Casa de campo		4,5	20	100
Manantial Ojo de Agua	Acueducto de AyA (Belén-Puntarenas)	76	0	563	2.815
Quebradas	Acueducto Pital-Centeno	11	0	1.100	5.500
<b>TOTAL</b>				4.949	24.746

total actual, es decir, la población normal del cantón y la población flotante.

En el cuadro No.11 se determina la población normal actual.

### **Población presente y pasada**

Para realizar las proyecciones de población se utilizaron exclusivamente los datos obtenidos de los censos nacionales de 1950, 1963, 1973, 1984 y 2000. véase cuadro No. 6, sin entrar en detalle con los que puedan tener instituciones como ICE, Seguro Social, centros educativos y otros. A pesar de la existencia de datos censales más antiguos, solo se tomaron los últimos cinco censos, debido a que, los datos antiguos no garantizan cifras confiables y además de no reflejar las tendencias actuales de crecimiento demográfico.

Los procesos o factores que influyen en la demografía actual, son diferentes a los que participaban en el pasado, ahora influyen las políticas demográficas como planificación familiar, los procesos de urbanización, industrialización, disponibilidad de expansión, variación del crecimiento vegetativo (cambio en la tasa de natalidad y mortalidad) debido al desarrollo que se ha tenido en el sector salud (menor porcentaje de mortalidad infantil y mayor expectativa de vida entre otros).

De aquí que el uso de la información más reciente, da mayor confiabilidad a los resultados.

## **Proyección de población del área en estudio**

### **Población flotante**

Se considera como población flotante aquella cantidad de personas, que por las características geográficas, condiciones de clima, cercanía con las playas del Pacífico Central y futura construcción de la carretera San José – Caldera, han construido cabinas, casas y algunas quintas de lujo, y que generalmente, las usan para recrearse, los fines de semana y períodos de vacaciones.

De la información obtenida anteriormente, establece una población de 24,746 personas, esta cantidad de personas constituye la población

<b>Distrito</b>	<b>CUADRO 6. Población total</b>				
	<b>Año del censo</b>				
	<b>1950</b>	<b>1963</b>	<b>1973</b>	<b>1984</b>	<b>2000</b>
Orotina	3.018	3.925	5.038	6.539	8.045
Mastate	441	680	917	1019	1.624
Hacienda Vieja	742	774	766	728	890
Coyolar	1.081	971	946	1.161	3.636
La Ceiba	669	743	812	1.047	1.510
<b>Totales</b>	<b>5.951</b>	<b>7.093</b>	<b>8.479</b>	<b>10.494</b>	<b>15.705</b>

Fuente: Censos Nacionales de 1950, 1963, 1973, 1984, 2000. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. San José. CR.



## Proyecciones demográficas

En el período de estudio para las proyecciones demográficas pueden presentarse diversos factores que hacen variar el crecimiento normal de la ciudad (desarrollos urbanísticos, mejora en los servicios, disminución de inmigración, entre otros), de aquí que las políticas de planificación y las mismas proyecciones pueden verse afectadas, es por ello que estas últimas deben revisarse periódicamente para corroborar su validez. Para realizar las proyecciones que a continuación se presentan, se utilizaron diversos métodos, tanto matemáticos como estadísticos.

- ✓ Métodos matemáticos

### Método de crecimiento aritmético

Supone que el aumento de la población es constante e independiente del tamaño de esta, el crecimiento es lineal. Se basa en la siguiente ecuación:

$$\frac{dP}{dP} = K$$

La cual integrando entre los límites de último censo (uc) y censo inicial (ci), se tiene que:

$$K = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}}$$

- K** = Pendiente de la recta
- P<sub>uc</sub>** = Población de último censo
- T<sub>uc</sub>** = Año de último censo
- P<sub>ci</sub>** = Población de censo inicial
- T<sub>ci</sub>** = Año del censo inicial

Podrá entonces tomarse un valor de **K** promedio entre los censos o entre el primer y último censo disponible. Por tanto la ecuación de proyección de población será:

$$P_f = P_{uc} + K * (T_f - T_{uc}), \text{ en donde}$$

- P<sub>f</sub>** = población de proyección
- T<sub>f</sub>** = año de la proyección

Luego de efectuar este análisis a la población de los distritos de Orotina se determinó que :

<b>CUADRO 7. Proyección de población para cada distrito mediante el modelo lineal</b>						
Distrito	AÑO DE PROYECCIÓN					
	TasaK (Hab./año)	2005	2010	2015	2020	2025
Orotina	10.054	8.548	9050	9553	10056	10559
Mastate	23,66	1.742	1861	1979	2097	2216
Hacda Vieja	2,96	905	920	934	949	964
Coyolar	51,10	38,92	4147	4403	4658	4914
La Ceiba	16,82	1.94	1678	1762	1846	1931
Totales		16.681	17.656	18.631	19.606	20.584

### Método de crecimiento geométrico

El crecimiento será geométrico si el aumento de población es proporcional al tamaño de ésta. En este caso el patrón de crecimiento es el mismo que el interés compuesto, el cual se expresa como:

$$P_f = P_{uc} * (1+r)^{(T_f - T_{uc})}$$

En donde:

- T<sub>f</sub>** = Año de la proyección
- T<sub>uc</sub>** = Año del último censo
- P<sub>f</sub>** = Población de proyección
- P<sub>uc</sub>** = Población de último censo
- r** = Tasa de crecimiento anual

Al aplicar este modelo a la población de interés se obtuvieron los resultados que se muestran en el siguiente cuadro No.8:

Distrito	<b>CUADRO 8. Proyección de población para cada distrito mediante el modelo geométrico</b>					
	AÑO DE PROYECCIÓN					
	Tasa r	2005	2010	2015	2020	2025
Orotina	0,020	8.874	9.788	10.796	11.908	13.135
Mastate	0,026	1.850	2.108	2.401	2.736	3.116
Hacda. Vieja	0,004	906	923	940	957	975
Coyolar	0,025	4.105	4.634	5.232	5.907	6.668
La Ceiba	0,016	1.638	1.777	1.928	2.091	2.269

### Método de crecimiento logarítmico

Si el crecimiento de la población es de tipo exponencial, la población se proyecta a partir de la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{dP}{dT} = K_g * P$$

La cual al ser integrada entre dos períodos de tiempo cualesquiera se tiene que:

$$K_g = \frac{\ln(P_{cp}) - \ln(P_{ca})}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Donde el subíndice cp corresponde al censo posterior y el subíndice ca al censo anterior. La aplicación de este método requiere el conocimiento de por lo menos tres censos, para evaluar un Kg promedio se requiere de un mínimo de dos valores de Kg.

Finalmente la expresión para el cálculo de la proyección es:

$$\ln(P_f) = \ln(P_{ci}) + K_{gprom} * (T_f - T_{ci})$$

Donde los subíndices aplican para los valores que se indicaron en los métodos anteriores y teniendo en cuenta que Kgprom, es el valor promedio de las Kg entre cada dos censos como se mencionó anteriormente. En el cuadro No.9, se muestran los resultados para este estudio:

Distrito	<b>CUADRO 9. Proyección de población para cada distrito mediante el modelo logarítmico</b>					
	AÑO DE PROYECCIÓN					
	Tasa Kg %	2005	2010	2015	2020	2025
Orotina	2,046	9.299	10.300	11.410	12.639	14.000
Mastate	2,548	1.791	2.034	2.311	2.625	2.982
Hacienda Vieja	0,254	853	864	875	886	897
Coyolar	1,978	3.208	3.541	3.909	4.316	4.764
La Ceiba	1,574	1.590	1.720	1.861	2.013	2.178

A manera de resumen el cuadro No. 10 refleja los tres modelos dados sobre la proyección de la población para el año 2025.

<b>CUADRO 10. Proyección de la población al año 2025</b>			
Distrito	Modelo Lineal	Modelo Geométrico	Modelo Logarítmico
Orotina	10.559	13.135	14.000
Mastate	2.216	3.116	2.982
Hacienda Vieja	969	975	897
Coyolar	4.914	6.668	4.764
La Ceiba	1.931	2.269	2.178
TOTAL	20.584	26.163	24.821

## Escogencia de la población futura

Luego de calcular los crecimientos de población para todos los distritos mediante los métodos matemáticos, crecimiento aritmético (modelo lineal), crecimiento geométrico (modelo geométrico), crecimiento logarítmico (modelo logarítmico), para proyectar la población de interés al año 2025.

En el siguiente cuadro se determina la población normal actual.

<b>CUADRO.11 Proyección de población al año 2005</b>			
<b>Distrito</b>	<b>Modelo lineal</b>	<b>Modelo Geométrico</b>	<b>Modelo logarítmico</b>
<b>Orotina</b>	<b>8.548</b>	<b>8.874</b>	<b>9.299</b>
<b>Mastate</b>	<b>1.742</b>	<b>1.850</b>	<b>1.791</b>
<b>Hda. Vieja</b>	<b>905</b>	<b>906</b>	<b>853</b>
<b>Coyolar</b>	<b>3.892</b>	<b>4.105</b>	<b>3.208</b>
<b>La Ceiba</b>	<b>1.594</b>	<b>1.638</b>	<b>1.590</b>
<b>TOTAL</b>	<b>16.681</b>	<b>17.373</b>	<b>16.741</b>

## Determinación de la población flotante

Se considera como población actual, la proyectada al año 2005, según el método geométrico por ser un valor más conservador de 16,681 habitantes.

Si se realiza la diferencia de este valor, con el dato calculado, anteriormente (cuadro.5), se determinará el valor de la población actual, cuyo valor será de 8,065 habitantes.

Aplicando los métodos anteriormente utilizados para la proyección flotante, obtendríamos un valor de 11,984 habitantes.

En razón que estos datos de crecimiento de población, son más de información que para diseño de algún sistema, no se realizan los gráficos, ni ajustes propios para determinar el comportamiento más exacto de la proyección de la población.

## Determinación de la demanda

### Consideraciones generales

La proyección de la demanda de agua para consumo humano depende de varios factores, siendo los principales, el crecimiento futuro de la población y las actividades que desarrollan las personas que habitan o visitan el lugar (domésticas, comerciales, industriales, recreativas, deportivas, religiosas, entre otros).

### Demanda neta no domiciliar

La demanda neta no domiciliar representa el agua utilizada por las personas en todos los usos diferentes a la de las viviendas. En esta demanda se incluye el uso del agua que se hace en lugares tales como:

- ✓ Establecimientos privados dedicados al comercio o a la prestación de servicios (tiendas, pulperías, oficinas, restaurantes, entre otros)
- ✓ Industrias (cuyo consumo es muy variable puesto que depende del producto que se elabore y del proceso de fabricación que se siga)
- ✓ Oficinas o establecimientos públicos (del gobierno, de la municipalidad, o de instituciones autónomas tales como: escuelas, oficinas, planteles, instalaciones deportivas, entre otras)
- ✓ Otro tipo de organizaciones no gubernamentales que prestan servicios públicos (asilos de ancianos, hogares para huérfanos, iglesias, entre otros)

En el cuadro No. 12 se presenta una serie de valores porcentuales de consumo neto no domiciliar. Estos valores están calculados con base en datos de facturación correspondientes a los sistemas de acueducto de las localidades indicadas:

### Demanda neta total

Representa la suma de la demanda neta domiciliar y la demanda neta no domiciliar.

### Demanda promedio total

Para realizar una estimación de la demanda promedio total en un sistema de abastecimiento de agua en operación, que esta demanda es todo



el volumen que debe ingresar al sistema para satisfacer los requerimientos de los usuarios y el agua no contabilizada (ANC), tomando a esta última como los volúmenes de agua que se consumen en los sistemas de distribución y no se facturan.

- ✓ Consumo en exceso, sobre un nivel razonable, los usuarios registrados que no tienen medidor en su conexión (lo que también propicia un desinterés en el mantenimiento de las instalaciones internas)
- ✓ Se utilizan en la operación y mantenimiento de la red de distribución (lavado de tanques y de redes de distribución)

<b>CUADRO 12. Estimación de factor de consumo no domiciliario</b>	
<b>LOCALIDAD ESTUDIADA</b>	<b>FACTOR DE CONSUMO NETO NO DOMICILIARIO (*)</b>
Miramar	9,3%
Cartago	15,7%
Paraíso	26,6%
ESPH	25,5%
AMSJ- AYA(**)	35,4%
Alajuela (El Pasito)	11,9%
Santiago de Puriscal	22,2%
Atenas	13,1%
Ciudad Colón	10,6%
Palmares	10,5%
San Ramón	20,0%

(\*) Factor de consumo no domiciliario (FND: representa el porcentaje del consumo neto.

(\*\*) AMSJ: Acueducto Metropolitano de San José

Fuente: Estudio para la determinación de la demanda de agua para el consumo humano en el acueducto de Miramar. CONCESA. Dic.1999.

Específicamente, el ANC se refiere a los volúmenes de agua que:

- ✓ Se pierden en la red por fugas en las tuberías de distribución o conducción y por rebalses en los tanques de almacenamiento
- ✓ Se utilizan en usos sin registro ni control, tales como incendios u otros usos públicos que no se facturan
- ✓ Consumen los usuarios de áreas marginales que se abastecen por medio de conexiones a la red o fuentes públicas que no se facturan
- ✓ A pesar de que pasan por los medidores, no se facturan debido a que los medidores sub – registra el volumen que pasa por ellos

### **Demanda máxima diaria**

En los acueductos, los patrones de consumo varían con el tiempo, tanto en forma diaria como horaria, por lo tanto deben estimarse estas variaciones para poder precisar los flujos para diseño o diagnóstico de los sistemas, para cumplir con las demandas de la población.

La demanda máxima diaria corresponde a la demanda registrada el día de mayor consumo del año y se expresa como un porcentaje de la demanda promedio anual. Este porcentaje se denomina como factor de demanda diario (FDD), y para efectos de este estudio se toma como 1,2 del valor FFD. Para una mayor comprensión, en adelante los criterios y la información suministrada la podemos observar en los siguientes cuadros:

<b>CUADRO 13. Determinación del factor de demanda diaria</b>	
<b>POBLACIÓN</b>	<b>VALOR FFD</b>
Menor a 10.000 personas	1,3
Entre 10.000 y 100.000 personas	1,2
Mayor a 100.000 personas	1,1

Fuente: Estimación de la demanda de agua para consumo humano en el acueducto de Miramar CONCESA. Dic.1999

### **Proyección de la demanda para el acueducto municipal**

Para poder realizar el cálculo de la demanda futura, a partir de la proyección de población, lo que debe hacerse es determinar la demanda obtenida a la fecha, en el sistema, así que lo

primero fue conseguir la información sobre los servicios que tiene registrados la municipalidad así como los volúmenes que consume la población de interés. Estos se demuestran a continuación:

<b>CUADRO 14. Clasificación de servicios cubiertos por el acueducto municipal</b>	
<b>TIPO DE SERVICIO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Domiciliar	1.865
Ordinaria	142
Reproductiva	112
Preferencial	4
Fija	40
<b>TOTAL</b>	<b>2.164</b>

Fuente: Entrevista a Reineir Moreno, encargado del acueducto municipal

<b>CUADRO 15. Consumo promedio mensual por tipo de servicio por época</b>			
<b>Servicio</b>	<b>EPOCA</b>		<b>Consumo Promedio (m<sup>3</sup>/mes)</b>
	<b>Verano (m<sup>3</sup>/mes)</b>	<b>Invierno (m<sup>3</sup>/mes)</b>	
Domiciliar	33.285	35.894	34.590
Ordinaria	1.797	3.839	2.818
Reproductiva	2.979	3.248	3.114
Preferencial	161	105	133
<b>TOTAL</b>	<b>38.222</b>	<b>43.086</b>	<b>40.654</b>

Fuente: Entrevista a Reinier Moreno, encargado del acueducto municipal

Con los datos del cuadro anterior se obtienen los resultados que se muestran a continuación:

<b>CUADRO 16. Consumo promedio mensual por servicio</b>	
<b>SERVICIO</b>	<b>Consumo por servicio (m<sup>3</sup>/mes/servicio)</b>
	Domiciliar
Ordinaria	19,85
Reproductiva	27,80
Preferencial	33,25

Fuente: Entrevista a Reinier Moreno, encargado del acueducto municipal

Finalmente para el cálculo de la dotación y el consumo promedio total, se considera un factor de consumo no domiciliario de 10% debido a que este valor corresponde a zonas similares a la del estudio (véase cuadro 12), y un porcentaje de pérdidas de 40% (valor que se considera de modo y como mínimo), las políticas de administración del sistema.

También se estima un factor de hacinamiento de 3,8 según dato indicado por INEC.

Seguidamente se muestra el cálculo de dotación en el cuadro 17.

<b>CUADRO 17. Cálculo de dotación</b>	
<b>Con base en valores reales</b>	
Factor de hacinamiento	3,8
Consumo neto Domiciliar (l/hab./día)	162,72
Consumo neto no domiciliario (l/hab./día)	16,27
Consumo neto total (l/hab./día)	198,99
Porcentaje de pérdidas	40,0%
Consumo promedio total (l/hab./día)	286,38
Consumo promedio total (l/s)	27,26

### Determinación del caudal máximo diario

Con el dato calculado anteriormente, para la demanda actual del sistema, de 27,26 lps, procederemos a calcular el caudal máximo por día, para la cual se utilizarán las siguientes premisas, un factor de consumo no domiciliario de 1,2 valor tomado, según lo indicado en el cuadro

13. De la operación con los valores anteriores se obtiene , un caudal máximo diario de 32,71 lps.

## **Estimación de la necesidad de agua para el año 2025, población normal y flotante**

En razón que no es objeto de este informe realizar cálculos exactos para diseño alguno se realiza una proyección del caudal máximo diario, tomando como población proyectada el dato del modelo logarítmico calculado anteriormente:

- ✓ Población normal: 24,821 habitantes
- ✓ Caudal máximo diario: 98,73 lps
- ✓ Población flotante 11,984 habitantes
- ✓ Caudal máximo diario 47,67lps

Mismos caudales que deberían estar entrando en los tanques de almacenamiento (estimados para el año 2025 en 2000m<sup>3</sup>).

## **Propuesta de una guía para un plan de gestión**

En razón de los resultados obtenidos para la necesidad de aguas futuras, se determinó que el caudal disponible de los sistemas abastecidos por las nacientes (acueducto municipal, acueducto rural de Hacienda Vieja y el acueducto privado del proyecto urbanístico Vista Mar) y el caudal disponible de los sistemas, que se abastecen de los pozos (mantos acuíferos), prácticamente nos satisfacen el caudal máximo diario estimado para el año 2025, razón por la cual se propone establecer un plan de gestión tanto para las cuencas productoras, como para la conservación y aprovechamiento de las aguas subterráneas (mantos acuíferos).

A continuación se presentan las propuestas, del plan para la protección de las cuencas productoras y el plan para la conservación y aprovechamiento disponible de las aguas subterráneas, las principales actividades son:

- ✓ Objetivo general
- ✓ Objetivos específicos
- ✓ Actividades por realizar para cumplir los objetivos planteados.
- ✓ Actividades complementarias
- ✓ El marco legal vigente que enmarca dicho plan.

- ✓ Las disposiciones vigentes que regulan la calidad del agua.

## **Guía para formular un plan de gestión para la protección de las cuencas productoras.**

### **Objetivo general**

Optimizar la regulación y generación hídrica en las cuencas abastecedoras del sistema de acueducto municipal

### **Objetivos específicos**

- 1.Evaluar el potencial de captación de las cuencas abastecedoras actuales
- 2.Definir la cobertura y manejo adecuados para optimizar la regulación y captación hídricas
- 3.Identificar y manejar adecuadamente los principales impactos sobre las reservas hídricas superficiales actualmente captadas

### **Actividades por realizar**

1. Localización y ubicación de las nacientes.
  - ✓ Localización exacta en la hoja cartográfica.
  - ✓ Definición de áreas de protección según criterio legal.
  - ✓ Definición de áreas de protección según criterio técnico.
  - ✓ Evaluación de uso de la tierra en actividades que se encuentren dentro de las áreas de protección.
  - ✓ Promover la no ubicación de actividades humanas dentro de las áreas de protección.
  - ✓ Identificar aquellas áreas donde existan potenciales conflictos de uso de la tierra con respecto a las fuentes de agua.
  - ✓ Establecer lineamientos de protección ambiental de fuentes superficiales y subterráneas.
- 2.Revisión y perfeccionamiento de las evaluaciones del potencial de captación de las cuencas abastecedoras (Cerro Turrubares, Cerro Chompipe)

3.Evaluación cuantitativa de los impactos sobre las cuencas abastecedoras y análisis de los procesos generadores

4.Establecimiento de micro cuencas experimentales para evaluación hidrológica

5.Definición de tratamientos y manejo general de la cobertura vegetal y el suelo optimizados para la captación hídrica

6.Formulación y aplicación de planes de manejo para las cuencas abastecedoras

7.Convalidación de los estudios y concertación de los planes de manejo con las autoridades ambientales con jurisdicción en las cuencas abastecedoras.

MINAE Ministerio Industria, Energía y Ambiente  
SETENA Secretaría Técnica Nacional Ambiental  
MAG Ministerio de Agricultura y Ganadería  
CNE Comisión Nacional de Emergencia  
IMN Instituto Metereológico Nacional  
IDA Instituto de Desarrollo Agrario.  
ICCA Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

### Actividades complementarias

1. Aspectos de sensibilización (programas educativos, y de concientización )
2. Aspectos de capacitación ambiental al personal o funcionarios encargados.
3. Plazos aproximados de ejecución de las actividades.
4. Posibles costos y asignación de responsables.
5. Priorización, del trabajo empezando por las fuentes de agua más estratégicas.

### Marco legal vigente

#### Ley Orgánica del Ambiente

Art. # 35 inc. e. Proteger y mejorar las zonas acuíferas y las cuencas hidrográficas, para

reducir y evitar el impacto negativo que puede ocasionar su mal manejo

Art.# 50. El agua es de dominio público, su conservación y uso sostenible son de interés social

Art.#51 Incisos a, b, c

Art.#67. Contaminación o deterioro de cuencas hidrográficas

#### Ley general de salud

Art.#277 Se prohíbe a toda persona natural o jurídica las acciones que puedan producir la contaminación o sanitario de las cuencas hidrográficas que sirven a los establecimientos de agua para el consumo y uso humano

#### Reglamento para la calidad del agua potable

Art.#3-4-5 De los componentes, definiciones, regulaciones de las características del Agua (Decreto No.25991-S)

#### Ley de aguas No. 276

Art.#145 Para evitar la disminución de aguas

Art.#154 Protección a cuencas y hojas hidrográficas

Art.#1.inc.4. Aguas de dominio público, ríos y manantiales

#### Código de minería

Art.#103.inc. a. La contaminación del aire, las aguas y el suelo y de los demás recursos rurales renovables

Inc. ch. Las alteraciones nocivas del flujo natural de las aguas

Art.#104. Prohibición de explotación cuencas hidrológicas

Art.#106 inc. c. Calidad de agua y control de contaminación

A continuación el cuadro 18.A y 18. B contienen información sobre los controles, parámetros, así como las frecuencias mínimas de análisis y el número de muestras dado por el reglamento de la calidad del agua potable.

**CUADRO 18.B**  
**Frecuencias mínimas de análisis y número de muestras**

ACCIÓN AFECTADA (base del cálculo 200 litros por habitante y por día)	ANÁLISIS N 1 Cantidad de muestras por año	ANÁLISIS N 2 <sup>a</sup> Cantidad de muestras por año	ANÁLISIS N3 Cantidad de muestras por año	ANÁLISIS N 4 Cantidad de muestras por año
500	6	2	2	1
2000	6	4	2	1
5000	12	4	2	1
10000	24	12	2	1
50000	32	36	4	2
100000	-	60	4	2
150000	-	72	4	2
300000	-	90	6 <sup>b</sup>	2
500000	-	120	6 <sup>b</sup>	2
1000000	-	240 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>	4
5000000	-	500 <sup>b</sup>	12 <sup>b</sup>	4

Fuente: Reglamento para la calidad del agua potable

## Guía para la formulación de un plan de gestión para la conservación y aprovechamiento disponible de las aguas subterráneas.

### Objetivo general

Evaluar y planificar el uso racional de las reservas de aguas subterráneas en áreas urbanas y peri-urbanas, exceptuando las áreas rurales

### Objetivos específicos

1. Evaluar las reservas de aguas subterráneas (en áreas urbanas y peri-urbanas)
2. Identificar y manejar adecuadamente los impactos sobre la calidad y renovación de las aguas subterráneas

3. Proteger y manejar adecuadamente las áreas de recarga y acuíferos
4. Reglamentar y controlar el aprovechamiento de las aguas subterráneas

**CUADRO 18.A**  
**Niveles de control y parámetros**

PARÁMETRO A INCLUIR	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4
a. Parámetros organolépticos	Olor <sup>2</sup> sabor <sup>2</sup>	Análisis (N1)+ Turbiedad Color	Análisis (N2)+ Olor Sabor	Análisis (N3)
b. Parámetros físico-químicos	Cloro Residual <sup>3</sup>	Conductividad d Ph Temperatura	Cloruros Dureza Sulfatos Calcio Magnesio Sodio Potasio Zinc Aluminio Cobre	Sólidos totales disueltos
c. Parámetros no deseados			Nitratos Nitritos Amonio Hierro Manganes o Fluoruro Sulfuro de hidrógeno	Desinfectantes Orgánicos con significados para la salud (plaguicidas) Subproductos de la desinfección
d. Parámetros tóxicos (orgánicos e inorgánicos)			Arsénico Cadmio Cianuro Cromo Mercurio Níquel Plomo Antimonio Selenio	
e. Parámetros microbiológicos		Coliforme fecal		

Fuente: Reglamento para la calidad de agua

## Actividades por realizar

1. Localización y ubicación de los mantos acuíferos
2. Revisión del marco de políticas y normas nacionales y regionales
3. Afinación del modelo hidrogeológico con perforaciones exploratorias
4. Evaluación de áreas potenciales
5. Clasificación de las reservas hídricas subterráneas, según accesibilidad y condiciones de aprovechamiento sostenible
6. Identificación y evaluación cuantitativa cuando sea factible geo-referenciada de los impactos sobre el acuífero urbano y suburbano, incluyendo los generados por la explotación sobre éste y otros recursos
7. Identificación y verificación de procesos de contaminación del acuífero en áreas urbanas y peri-urbanas
8. Delimitación de campos de pozos para el aprovechamiento sostenible de las aguas subterráneas
9. Actualización de la base de datos geo-referenciada y registro caracterizado de los pozos existentes en el cantón (caudal, nivel, régimen de bombeo)
10. Diseño y aplicación de un sistema de monitoreo y seguimiento del acuífero, el aprovechamiento y los impactos
11. Ajuste del modelo hidrogeológico con los datos de pozos
12. Evaluación de factibilidad y diseños de alternativas de recarga artificial de los acuíferos explotados o aprovechables
13. Formulación de un plan de conservación y aprovechamiento sostenible acuífero. Incluye el sistema de registro, concesión y tasas
14. Desarrollar los monitoreos necesarios para mantener vigilancia sobre las reservas y calidad de las aguas subterráneas (determinación de los factores) de presión sobre la calidad de las mismas
15. Ampliar la cobertura de instalación de contadores para control del consumo y cobro del mismo
16. Aplicar las acciones necesarias para asegurar la protección y manejo adecuado de las zonas de recarga de los acuíferos

## Actividades complementarias

1. Aspectos de sensibilización (programas educativos, concientización)
2. Aspectos de capacitación ambiental al personal o funcionarios encargados.
3. Plazos aproximados de ejecución de las actividades.
4. Posibles costos y asignación de responsables.
5. Priorización, del trabajo empezando por las fuentes de agua que abastecen los sistemas en uso.

## Marco legal vigente

### Ley Orgánica del Ambiente

Art. # 50. Dominio público del agua

Art.# 51. Criterios para la conservación y sostenibilidad que son de interés social

Art.# 52. Protección y aprovechamiento del suelo

### Ley General de Salud

Art.#264. Del agua para el uso y consumo humano y de los deberes y restricciones a que quedan sujetas a personas en la materia

Art.#270. De la construcción de pozos privados

Art.#273 De la contaminación de los abastos de agua

Art.#275 De la contaminación de las aguas superficiales, subterráneas y marítimos

### Ley de Aguas No. 276

Art.#01 De las aguas de dominio público

Art.#07 Del alumbramiento de aguas subterráneas

Art.#10 De los aprovechamientos comunes de las aguas

Art.#15 De canales, pozos, acueductos construidos

Art.# 187 De la inspección cantonal de aguas

### Código de minería

Art.#36 De los cauces de dominio público

Art.#38 De los concesionarios

### Reglamento para la calidad del agua potable

Art.#04 Requisitos básicos que debe responder la calidad de agua suministrada

Art.#05 Del ámbito de aplicación

Art.#07 De los niveles de control operativo para los acueductos rurales

Art.#10 De los problemas que se presentan en la calidad del agua

### **Marco legal vigente en la calidad del agua potable**

Programa de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, en cumplimiento del Reglamento para la Calidad del Agua Potable (Decreto Ejecutivo No. 25991-S), publicado en la Gaceta del 27/05/97.

Para este plan de la conservación y aprovechamiento disponible de las aguas subterráneas, también se va a considerar la información registrada en el cuadro No. 18 A, que establece los niveles de control y parámetros dados por el reglamento para la calidad del agua potable. A su vez también considerará el cuadro 18. B, el cual establece las frecuencias mínimas de análisis y número de muestras, dadas por el reglamento de la calidad del agua potable.

# Análisis de resultados

## Análisis de posibles categorías

De acuerdo con los objetivos planteados y con la investigación realizada, tanto en el diagnóstico de los recursos hídricos que abastece el acueducto municipal, como el inventario realizado para determinar otras fuentes existentes en la zona, los resultados se pueden clasificar en cuatro categorías para abastecer actualmente y en el futuro la demanda domiciliar de la población normal y flotante, para este estudio no se consideró el crecimiento de población que se podría presentar en el futuro, cuando se construya la tan esperada carretera San José Caldera.

En la primera categoría se analizaron todas las nacientes, localizadas en zonas protegidas, de los cerros Turrubares y Chompipe, ellas producen aguas puras y cristalinas de gran calidad, de acuerdo con los registros existentes, las pruebas bacteriológicas son pocas, según los reportes de laboratorio nacional de aguas de ICAA y otros laboratorios privados contratados para tal fin, pero en su mayoría el agua ha resultado de muy buena calidad, en cuanto al control de caudales, la información es muy poca, pero los encargados de los acueductos, manifiestan que cuantitativamente los caudales en la época de verano se mantienen y que en los últimos años no ha faltado el agua.

De los resultados obtenidos se determina que con 64,62 lps que producen estas nacientes en la época de verano, se abastecen el 48%, de la población domiciliar actual.

En la segunda categoría se analizaron los caudales (lps), de los pozos perforados para cada ASADA (Acueductos rurales), a su vez del estudio realizado, se determinó que en la zona, según el cuadro No.3, se representa la figura 5, equitativamente de acuerdo con la extensión

territorial de cada distrito. Solo en el caso de Orotina, distrito Central, que es el distrito que registra mayor cantidad de pozos perforados, y el que en poco tiempo podría registrar mayor contaminación de aguas negras, por ser el distrito que contabiliza mayor población.

Es importante indicar que en el cantón de Orotina, no existe alcantarillado sanitario, ni alcantarillado de aguas servidas, por lo general la deposición de esta agua, se realiza con tanques sépticos y drenajes respectivamente, dando soluciones individuales, con el agravante de una gran contaminación del subsuelo. Lo anterior sino se desarrolla la iniciativa de buscar tecnologías alternas para disminuir la cantidad de agua residual. El centro de investigación en vivienda y construcción (CIVCO), del ITCR, a través del Ing. Elías Rosales Escalante, profesor e investigador desarrollan un tipo de letrina al vacío que consume alrededor de 30 litros de agua menos, que el sistema sanitario convencional.

En este grupo se incluyen todos los acueductos rurales administrados, por asociaciones (ASADAS), tal es el caso de Cebadilla, Santa Rita, Uvita-Trinidad, Coyolar, la urbanización Villa de los Reyes y el condominio Casas de Campo, de acuerdo a los registros existentes, la época de verano juntos producen un caudal de 32,75 lps. y abastece al 18% de la población normal y flotante actual.

En la tercera categoría se analiza la participación de ICAA, a la porción de abonados que atiende con agua del manantial de Ojo de Agua, que es conducido por el viejo acueducto que atiende las localidades de Barranca y Puntarenas.

Este acueducto con un caudal promedio de 76 lps, dedica parte del mismo, para la atención a 2.815 habitantes, el 11% de la



población actual, a su paso por el territorio Orotinense.

El ICAA, debido a la baja del caudal que experimenta cada año este acueducto y una creciente solicitud de abonados en general, se ha dado a la tarea en buscar otras alternativas de abastecimiento, principalmente con aguas subterráneas, mediante perforación de pozos, labores que realiza actualmente en los distritos de Coyolar y Ceiba del cantón de Orotina.

Otro aspecto que complica al ICAA, para mantener este acueducto, es cuando se realice la futura carretera San José – Caldera, que según el diseño propuesta utiliza gran parte de la servidumbre de este acueducto, por lo que el ICAA deberá invertir una cuantiosa suma de dinero para su reubicación

En la cuarta y última categoría se analizaron las quebradas de Pital- Centeno que abastecen mediante aguas superficiales, el acueducto rural del mismo nombre, de las dos quebradas, se toman aproximadamente 11 lps, en época de verano, para atender el 22% de la población actual (normal y flotante).

En cuanto a los sistemas de protección para la buena calidad del agua, solo una de las tomas funciona con filtro de arena para eliminar la turbiedad, además el sistema de desinfección es antiguo y no funciona muy bien, por lo general, son aguas de muy mala calidad desde el punto de vista de potabilidad.

Del estudio realizado se determina que la zona posee suficientes fuentes de abastecimiento subterráneas y superficiales, que los sistemas existentes a falta de mantenimiento y políticas de administración institucionales (Municipalidad, acueductos rurales), podrían brindar el servicio y bajar el porcentaje de pérdidas que en el caso del acueducto municipal, una medición realizado por el departamento de optimización de sistemas del ICAA, en las fuentes de abastecimiento, y posteriormente, realizó un aforo a la entrada de los tanques de almacenamiento, teniendo como resultado, que en las líneas de conducción se dan pérdidas del 40% aproximadamente del total del caudal que producen las fuentes.

Aunado a lo anterior, se tiene que el agua no contabilizada (ANC), es el volumen de agua que se consumen en los sistemas de distribución y además no se facturan. Razón por la cual dichos sistemas podrían ser más eficientes.

## **Población y dotación futura**

Una vez clasificadas todas las fuentes de abastecimiento potencialmente explotables, se realizó mediante métodos matemáticos una proyección de la población al año 2025. Bajo los tres métodos calculados, se utiliza el valor obtenido mediante el modelo logarítmico, en razón que se aproxima a un valor promedio, a su vez con la información real, que actualmente se genera con la operación del acueducto municipal, se calculó el consumo promedio total en lps y el caudal máximo diario, con el fin de proyectar la necesidad de agua al año 2025. De los cálculos realizados se determinó que con una población normal proyectada en 24,821 habitantes se requiere un caudal máximo diario de 98,7 lps, utilizando un mismo patrón de consumo, se tienen 47,7 lps, que para una población flotante proyectada 11.984 habitantes, en razón que las dos poblaciones son para consumo domiciliar .

## **Selección de categorías**

Sin entrar en análisis de costos, por no ser objeto de este informe, de las cuatro categorías, en que se clasificaron las fuentes productoras y que por razones de inversiones para el mejoramiento en el caso de la cuarta categoría, las tomas de aguas superficiales de las quebradas de Pital-Centeno, e igual situación ocurre con la tercera categoría tercera, que se requiere de una gran inversión por parte de ICAA para reubicar o buscar nuevas fuentes de abastecimientos, una vez que inicien los trabajos de la futura carretera San José - Caldera. Es por lo que no se consideran como seleccionadas para la propuesta de un plan de gestión.

En razón de que la primera categoría, las nacientes que abastecen los acueductos municipal, rural y privado, y la segunda categoría que tiene como principal fuente las aguas subterráneas y además abastecen los acueductos rurales a través de pozos perforados, la suma de los caudales actuales de estas dos categorías prácticamente abastecen el caudal estimado, para la población proyectada (uso domiciliario) en el año 2025, situación que se mejorará cuando se ponga en marcha, un buen programa de mantenimiento y la administración cambie las políticas para reducir las pérdidas

que actualmente se registran para reducir en un 40%, así como cuando sea posible controlar el rubro de agua no contabilizada(ANC).

Para las anteriores categorías se propone la siguiente guía para un plan de gestión, con el fin de lograr la disponibilidad del recurso hídrico, específicamente en lo que a producción en el tiempo se refiere.

Si hablamos de sostenibilidad de recursos hídricos en el amplio sentido de la palabra, debemos recordar que el mismo suministro de agua, produce posteriormente agua contaminada o usada, que dependiendo del grado de contaminación sea doméstica, industrial o agrícola, será más costosa su purificación para devolverla a los ríos y causes naturales, debemos recordar que en futuro muy próximo, el precio del agua incluirá el costo total de su descontaminación.

## **Propuesta de una guía para la elaboración de un plan de gestión**

Se debe tener en consideración cuando se formula un plan de gestión que el mismo debe contar con por lo menos los siguientes elementos básicos:

- ✓ Objetivo general
- ✓ Objetivos específicos
- ✓ Actividades por realizar para cumplirlos
- ✓ Tiempo (plazos de ejecución)
- ✓ Recursos (físicos y económicos)

En el proyecto que nos ocupa se realiza la propuesta primero de una guía plan de gestión para la protección de las cuencas productoras (cuencas hidrográficas) y segundo de un plan de gestión para la conservación y aprovechamiento de las aguas subterráneas (mantos acuíferos).

Con el fin que dichos planes cumplan ampliamente con lo propuesto anteriormente, se deben considerar los siguientes aspectos importantes:

- ✓ Normativa vigente que regula la calidad del agua para consumo humano
- ✓ Aspectos educativos
- ✓ Capacitación ambiental a personal y funcionarios relacionados con el tema
- ✓ Priorizar fuentes de agua más estratégicas e importantes.

Para finalizar a modo de ejemplo teórico – práctico y en razón que no era objetivo del

presente proyecto, se presenta en el apéndice No.5, una implementación de la guía para un plan de gestión.

# Conclusiones

Del estudio realizado se derivan las siguientes conclusiones y recomendaciones

## Conclusiones

1. Se determinó que tanto las fuentes productoras, como los sistemas (acueductos) en operación actualmente, cuentan con el potencial hídrico y la infraestructura necesaria para dotar el 49% de crecimiento domiciliario, en la población normal y flotante hasta el año 2025. Sin tomar en cuenta el posible aumento poblacional, que causaría la construcción de una futura carretera entre Orotina y el gran área metropolitana (GAM)
2. Se espera que el informe de esta investigación sea de gran utilidad para las autoridades municipales en la toma de decisiones para el desarrollo del cantón de Orotina, como información básica para el establecimiento del plan regulador y como una guía para formular un plan de gestión para mantener la disponibilidad del agua.
3. Se logró determinar que el potencial hídrico de la zona aún en la época de verano, abastece la demanda promedio diaria que tienen que suplir los sistemas (acueductos), hoy en día y también la población domiciliario para el año 2025.
4. La zona en estudio del presente trabajo por su posición geográfica, al estar avenida entre dos ríos y estar situada en la divisoria de aguas que separa la cuenca del río Jesús María al norte, de la cuenca del Río Grande de Tárcos al sur, la hacen una zona privilegiada de las aguas subterráneas, tal como lo muestra el informe de SENARA, que indica la existencia de 210 pozos perforados.
5. Se determinó que actualmente existe una población flotante de 8.065 habitantes no cuantificados en las estadísticas del INEC.

## Recomendaciones

1. Se recomienda en el caso del distrito Central de Orotina, debido a la existencia de mayor cantidad de pozos perforados en uso y al estar concentrada la mayor cantidad de población, podría existir a corto plazo algún grado de contaminación. Por tanto, iniciar una campaña en pro del agua y el saneamiento ambiental, utilizando soluciones integrales como las propuestas por ECOSAN, con el fin de disminuir las descargas de agua residuales.
2. Se recomienda en el corto plazo o cuando a bien lo tenga la Municipalidad de Orotina, cambiar sus políticas de administración para iniciar la macro medición del sistema, del cual carece, y a la vez, concluir la micro medición, esto con el fin de preparar un plan para el control de fugas y disminuir las pérdidas y el agua no contabilizada.
3. En el corto o mediano plazo, cuando la Municipalidad de Orotina realice un balance de aguas, se recomienda, que las aguas residuales, se podría reutilizar como aguas de riego en los jardines u otros. Deben proceder de la reutilización de aguas residuales domésticas, más o menos depuradas evitando la sobre evaporación y en el encharcamiento para impedir la salinización del suelo. En este sentido se recomienda reducir el consumo de contaminantes: detergentes, productos de limpieza, insecticidas o tóxicos en general.

# Apéndices

**El presente trabajo cuenta con apéndices, detallados de la siguiente manera:**

- No.1**      Reseña histórica y estructura orgánica de la Municipalidad de Orotina
  
- No.2**      Mapa de la ubicación acueducto municipal
  
- No.3**      Esquemas de las fuentes del acueducto municipal, rural y privado No.1, No.2 y No.3 respectivamente
  
- No.4**      Cuadro No.2 Diámetros y materiales de las tuberías a los tanques en la zona de captación
  
- No.5**      Implementación del Plan de Gestión a nivel de propuesta y un ejemplo teórico – práctico.



## Municipalidad de Orotina

El 23 de agosto de 1908, a las nueve horas y cuarenta y cinco minutos de la mañana, se redactó el Acta Inaugural de la creación del Cantón de Orotina, basada en el acuerdo No.39 del Congreso Constitucional.

Dado en el salón de sesiones del Congreso Palacio Nacional, San José, a las treinta y un días del mes de julio de mil novecientos ocho, como presidente el señor Juan B. Quirós, como primer secretario el señor B. Casorla y como segundo secretario el señor F. Mayorga R. Dado en San José el 1 de agosto de 1908<sup>6</sup>

En el artículo 3 de la misma acta, se convoca a los lectores del antiguo distrito Santo Domingo de San Mateo para que a las doce mediodía del día 16 del entrante, procedan a elegir la Municipalidad del nuevo Cantón. Se procede a elegir un síndico propietario y otro suplente por cada uno de los distritos que lo forman y que dirán en sus funciones hasta el 31 de diciembre de 1909.

Esa primera municipalidad que habría de regir hasta el 31 de diciembre de 1909, estuvo integrada así:

Presidente:	Juan María Mora
Vice – Presidente:	Elías Vargas Soto
Fiscal:	Ernesto Valverde Soto

Actualmente, se pretende tener una mejor organización, por lo que se propone el organigrama que está en ejecución. Ver figura No.4.

## Coordinación de desarrollo y control urbano

Para una mejor comprensión sobre las funciones de la Coordinación de desarrollo y control urbano y que en adelante la llamaremos Coordinación, obsérvese la figura No.3 del Organigrama de funciones.

## Estructura y responsabilidades del departamento de ingeniería

El departamento de ingeniería es una dependencia directa del despacho del Alcalde. Encargada de asesorar en su campo de acción al alcalde y otras dependencias que así lo requieran, además de ejecutar acciones orientadas a dirigir, sistematizar, controlar y evaluar las actividades que desarrollan sus diferentes componentes organizacionales en la prestación del servicio interno y/o externo que les corresponde, de manera que apoyen y/o complementen las acciones administrativas y objetivos institucionales.

## Responsabilidades generales

- Integrar políticas, objetivos, estrategias, metas generales de la organización para la sistematización específica dirigida a sus áreas de servicios.
- Diseñar y desarrollar estrategias, planes y metodología de trabajo, que permitan contar con una visión compartida sobre el desarrollo de la organización a corto mediano o largo plazo.
- Aplicar métodos generales para el seguimiento control y evaluación de las actividades y tareas desarrolladas por los componentes de su área de servicios
- Supervisar a través de otras unidades orgánicas los procesos, actividades, así como la elaboración de los planes y programas que desarrollan las áreas especializadas.
- Velar que sus unidades componentes cumplan de forma efectiva, oportuna y programada con el plan operativo anual.
- Mantener un ambiente laboral óptimo, que favorezca la productividad y la mejora continua.
- Cumplir de forma efectiva, oportuna y programada con los objetivos definidos en el plan operativo anual de la institución.<sup>7</sup>

## Funciones

- Dirigir el proceso administrativo y productivo del área de competencia a fin de orientar la acción integral de sus unidades componentes, planificando, organizando, controlando y

<sup>6</sup> Ejecútese Cleto González Víquez

<sup>7</sup> Manual de Estructura y funciones Municipalidad de San José pags. 273-74-75

evaluando resultados de acuerdo con los planes y sistemas utilizados.

-Diagnosticar el proceso administrativo y productivo del área de competencia a fin de orientar la acción integral de sus unidades componentes, planificando, organizando, controlando y evaluando resultados de acuerdo con los planes y sistemas utilizados.

-Diagnosticar y pronosticar problemas organizacionales y operativos de su área de servicio.

-Sistematizar labores de ejecución, control y seguimiento de los proyectos de construcción de edificios, calles, caminos bajo jurisdicción.

-Calcular y recomendar el tipo y cantidad de recursos humanos, materiales y financieros que se requieren para cumplir con el desarrollo de los proyectos.

-Llevar a cabo la supervisión de las actividades de construcción, remodelación y restauración de edificios y vías públicas en el ámbito municipal.

-atender a contribuyentes para conocer las necesidades de las comunidades o distritos y presentarlos como opciones a desarrollar.

-Velar por el cabal cumplimiento de los planes y políticas establecidas por la institución en el campo de ingeniería civil

-Estudiar las mociones presentadas por los regidores sobre las obras que se requieren construir y emitir su criterio sobre la posibilidad de ejecución de las mismas.

-Estudiar, establecer o mejorar técnicas y normas de diseño y construcción de obras de infraestructura, con el fin de garantizar la calidad óptima de su ejecución.

-Representar a la Municipalidad ante organismos públicos y privados, y coordinar con ellos trabajos o proyectos específicos

-Atender y resolver consultas de trabajo en el orden técnico y administrativo presentado por el Alcalde, el Consejo, dependencias usuarias y contribuyente en general.

-Velar porque se apliquen correctamente las leyes, decretos, acuerdos, disposiciones y reglamentos que rigen las actividades desarrolladas por la dirección.

-Supervisar y aprobar los croquis de los proyectos, efectuar los cálculos complementarios necesarios para determinar las dimensiones, superficie, volumen y otras características del proyecto.

-Coordinar con los miembros de la comunidad, Concejo Municipal, y la Alcaldía, la viabilidad y el

desarrollo de proyectos comunales bajo la modalidad de planes Cooperativos.

-Ejecutar y supervisar lo establecido en el reglamento a la ley de Control de Partidas Específicas con cargo al Presupuesto Nacional y todo lo concerniente al uso de inversiones de las partidas específicas asignadas a la Municipalidad de Orotina.

-Revisar, aprobar y dar seguimiento a los carteles de licitación y trámites de compra correspondientes a las obras municipales.

## **Dependencias, secciones que le competen**

Al Departamento de Ingeniería le competen cuatro dependencias o secciones y estas a su vez tienen a cargo otras sub-secciones:

### Sección de Desarrollo Catastral

- ✓ Valoraciones
- ✓ Actualización
- ✓ Resolución de estudios

### Sección de Maquinaria y Equipo

### Sección de Construcción de Obra y Servicios

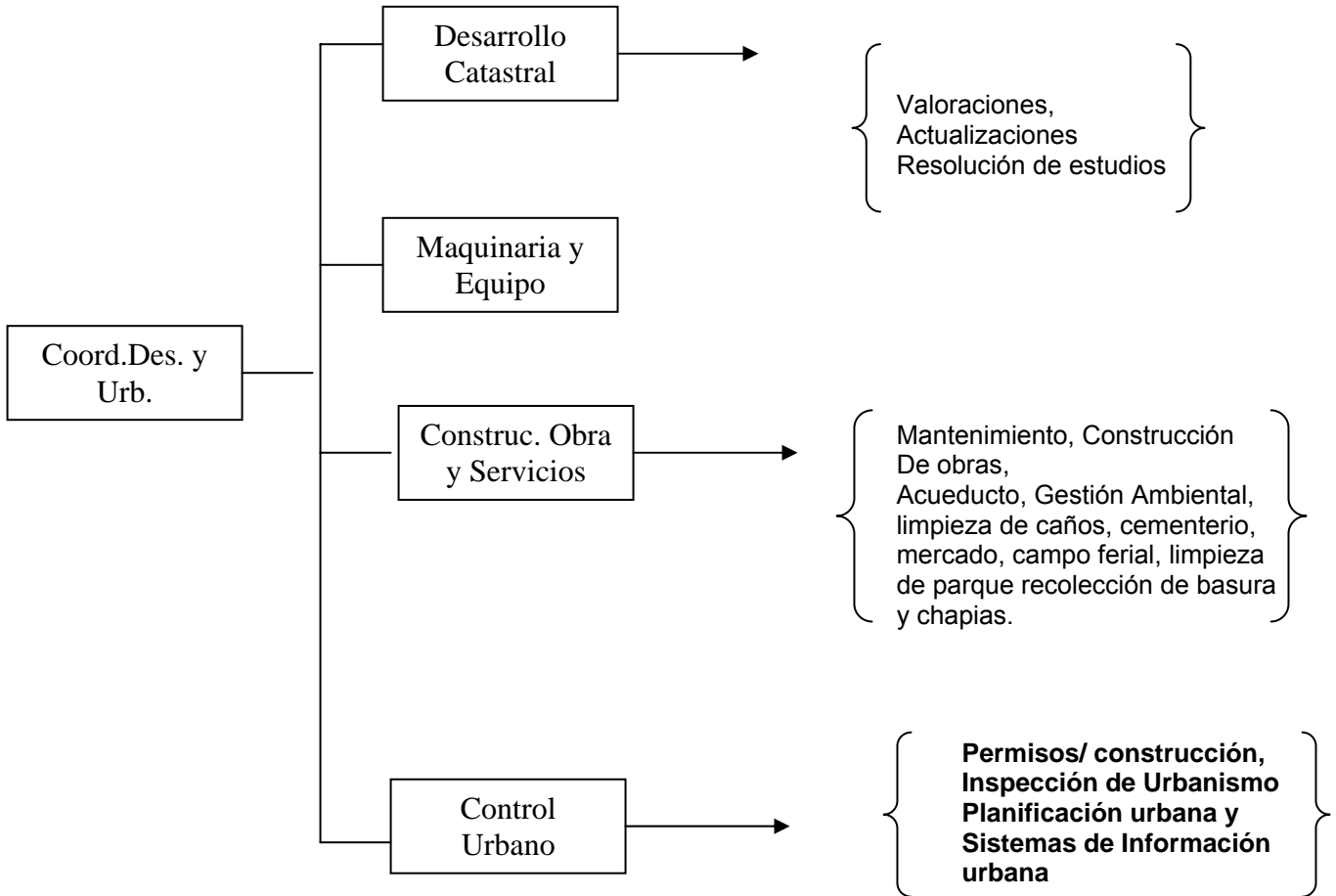
- ✓ Mantenimiento y Construcción de Obras
- ✓ Acueducto
- ✓ Gestión Ambiental
- ✓ Limpieza de caños
- ✓ Cementerio
- ✓ Campo Ferial
- ✓ Limpieza del parque
- ✓ Recolección de basura
- ✓ Chapias

### Sección de Control Urbano

- ✓ Permisos de construcción
- ✓ Inspección de construcción
- ✓ Inspección urbana
- ✓ Planificación urbana
- ✓ Sistemas de información urbana

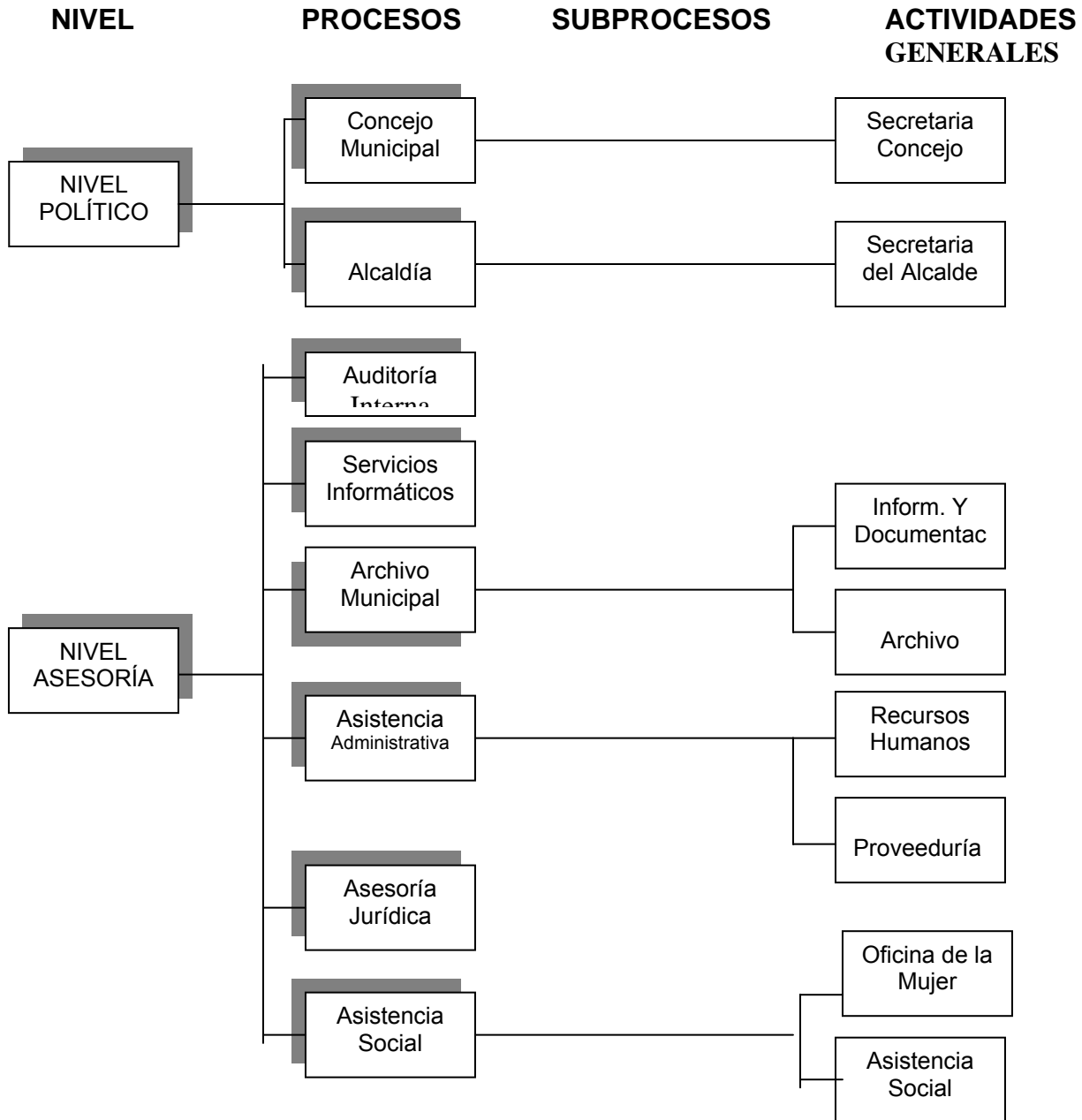
Para una mejor visualización ver figura No.3

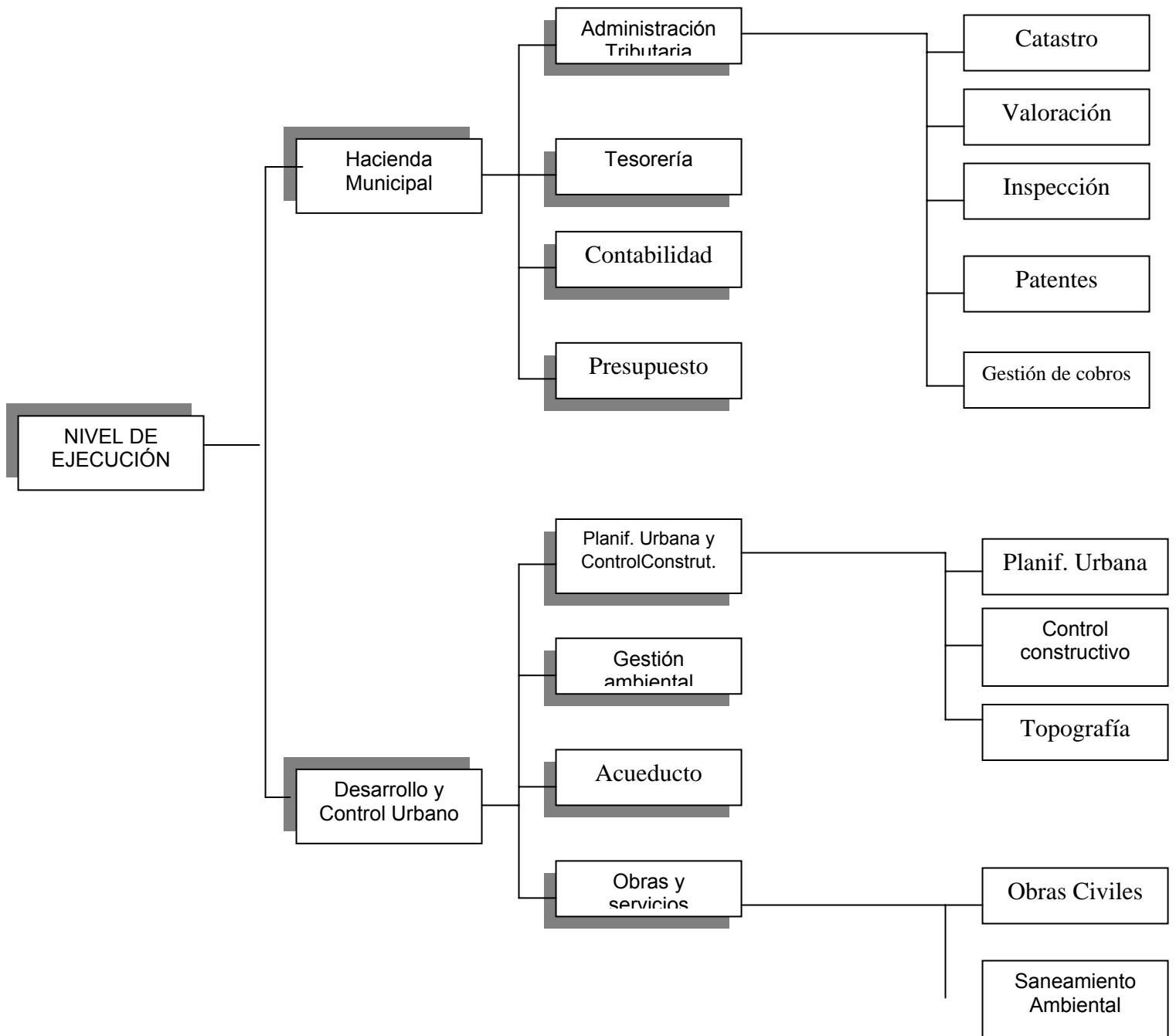
**Figura No.3**  
**Organigrama de funciones**  
**Coordinación desarrollo y control**  
**urbano**





**Figura No.4**  
**ORGANIGRAMA**  
**Municipalidad de Orotina**





## Implementación de una guía para un plan de gestión (ejemplo teórico-práctico)

Con el fin de cumplir, con el objetivo general, los objetivos específicos y las actividades por realizar en la propuesta de una guía para un plan de gestión, se presenta el siguiente ejemplo:

✓ **Localización exacta de las nacientes productoras.**

El área de estudio para la revisión y perfeccionamiento de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, se encuentra enmarcado en la cuadrícula cartográfica, cuyas coordenadas Lambert externas son las siguientes:

Lat. 212.0 – 214.0 y Long. 481.0 - 485.0, la cual se puede visualizar en las hojas cartográficas Barranca - 3245 I y Río Grande 3345 IV, a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional.

✓ **Delimitación de las áreas de protección según criterio legal.**

Gran parte de los terrenos que conforman el Cerro Chompipe y el sector superior de las micro cuencas drenadas por la Quebrada Pital, Santo Domingo, Salitral y Concepción, se encuentran actualmente sujetas a la protección de sus recursos naturales, a raíz de la declaratoria por parte del Ministerio de Ambiente y Energía de una de protección, denominada "ZONA PROTECTORA CERRO CHOMPIPE", La cual fue creada mediante decreto ejecutivo No. 28196 – MINAE, publicado el 3 de noviembre de 1999, en el periódico oficial "La Gaceta", ver anexo No.6, abarcando un área de 88 ha, 6881.65m<sup>2</sup>. Se adjunta información del plano catastrado en el anexo No.5.

✓ **Delimitación de las áreas de protección según criterio técnico.**

Específicamente, el área de protección está ubicada hacia el Noroeste del centro urbano de Orotina, formando parte de pequeños sistemas hidrológicos definidos por las micro cuencas de la quebrada Pital (sector Oeste y Noroeste), Quebrada Santo Domingo (sector Sur y Suroeste), Quebrada salitral (Sector Sur) y Quebrada Concepción (Sector Noreste y Sureste).

✓ **Evaluación del uso de la tierra en actividades que se encuentren dentro de las áreas de protección.**

No existe actividad alguna dentro de estas áreas de protección, el uso del suelo en las zonas de recarga de estas fuentes, está compuesto por terrenos cubiertos por tacotales y bosque secundario.

✓ **Promover la no ubicación de actividades humanas dentro de las áreas de protección, por consiguiente son potencialmente contaminantes.**

En el marco legal vigente se establece, a manera de ejemplo, en el artículo No.67, de la Ley Orgánica del Ambiente, donde se indica la prohibición, la contaminación o deterioro de cuencas hidrográficas

✓ **Identificación de aquellas áreas donde existan potenciales conflictos de uso de la tierra con respecto a las fuentes de agua.**

En el caso específico y a manera de ejemplo analizaremos la naciente de Chilamate, que se ubica en esta micro cuenca del Cerro Chompipe se ubica en una finca privada propiedad de los hermanos

Rescía Aita, dicha naciente se encuentra debidamente registrada en el departamento de aguas del MINAE, (en el anexo No.2, concesiones, detalles, reporte técnico, se aprecia dicha información).

✓ **Establecer lineamientos de protección ambiental de fuentes superficiales y subterráneas**

En este caso, por estar las nacientes en una zona de reserva protegida, funcionarios de MINAE t/o los señores Sady Gutiérrez Gómez y Oliver González, empleados del acueducto rural, ejercen estricta vigilancia de protección.

✓ **Revisión y perfeccionamiento de las evaluaciones del potencial de captación de las cuencas abastecedoras (Cerro Chompipe)**

Se realiza una inspección en los sitios de las tomas para revisar el estado físico de estas, principalmente en cuanto a la pérdida o fuga en las tomas, se realiza una medición de caudales y se recomienda iniciar con mediciones trimestrales, para evaluar el potencial, se adjunta el cuadro No.20, en el cual contiene la información de campo.

✓ **Evaluación cuantitativa de los impactos sobre las cuencas abastecedoras y análisis de los procesos generadores**

Esta actividad se realiza en el apartado de protección ambiental, los encargados del acueducto realizan inspección diaria por toda la zona de la cuenca hidrográfica, además se propone tomar en cuenta los posibles efectos de los sismos, huracanes o tormentas tropicales en el anexo No.3, se presenta una guía para tal evaluación.

✓ **Establecimiento de micro cuencas experimentales para evaluación hidrológica**

Como alternativa de abastecimiento a corto plazo, se cuenta con el recurso hídrico superficial que produce la Quebrada Salitral, teniendo el limitante de que en este momento, no se tienen datos fidedignos sobre caudales y el posible sitio de toma. Es importante aclarar que las fuentes 6,7y 8, las cuales la asociación del acueducto de Marichal, proyecta captar a futuro para ampliar la capacidad del sistema, no pudieron ser visitadas y estudiadas, en vista del impedimento de ingreso la finca, por lo que los datos anotados en el cuadro No.19 son aproximados y se encuentran sujetos a los criterios y referencias que a su debido momento externaron, tanto el propietario de la finca, el señor Marco Tulio Oses como el señor Ronulfo Castillo Arias, para determinación de la información de campo ver en cuadro No.19 y la figura No.1 del anexo No.4.

✓ **Definición de tratamientos y manejo general, de la cobertura vegetal y el suelo optimizados para la captación hídrica**

En el punto 1.C de este plan, se solicita la evaluación del uso de la tierra, en el sitio, a fin de determinar que dentro de lo posible se trate de una zona protectora y promover que dentro de las áreas protegidas, no se den actividades humanas, en razón que son potencialmente contaminantes.

✓ **Formulación y aplicación de planes de manejo para las cuencas abastecedoras**

Precisamente, todos estos procesos, nos permiten una recopilación de datos de campo que posteriormente nos retroalimentan.

✓ **Instituciones que convalidan el plan de gestión**

En nuestro caso la convalidación principal es el MINAE, CNE, SETENA, ICAA.

**CUADRO. 19 Utilización de los recursos hídricos del Cerro Chompipe para el abastecimiento de agua potable de las comunidades de Marichal, Cuatro Esquinas, Mastate, y Hacienda Vieja, Orotina**  
**Provincia de Alajuela**

NUMERO	RECURSO HIDRICO UTILIZADO	CUENCA A LA QUE PERTENECE	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA sitio de Captación latitud -longitud	ELEVACIÓN Sitio de captación (MSNM)	HOJA CARTAGAGAFICA DEL IGN escala. 1:50.000	CAUDAL EN L/S	NOMBRE DE LAS POBLACIONES ABASTECIDAS	USO DEL SUELO
1	Quebrada Pital (a)	CUENCA No.24 RÍO GRANDE DE TÁRCOLES	213.250-482.075	300	Río Grande	12.0	Marichal (lotes Colombari) y Barrio Escondido)	Tacotal y Bosque Secundario
2	Fuente 2		213.450-482.425	325	Río Grande	1.50		
3	Fuente 3		213.425-482.450	330	Río Grande	0.70		
4	Fuente 4		213.425-482.525	330	Río Grande	1.00		
5	Fuente 5 (b)		212.500-481.650	280	Barranca	1.50		
6	Fuente 6 (c)		212.400-482.200	330	Río Grande	1.00		
7	Fuente 7 (c)		212.750-482.225	330	Río Grande	1.00	Cuatro Esquinas y Mastate (50%)	Charral
8	Fuente 8 (c)		212.850-482.325	330	Río Grande	1.00		
9	Fte. Ojoche		212.700-482.950	425	Río Grande	0.69	Hacienda Vieja	Tacotal y Bosque escondido
10	Fte. Bajo Oscuro 1		212.600-483.500	390	Río Grande	1.95		
11	Fte Bajo Oscuro 2		212.550-483.400	390	Río Grande	1.00		
12	Fte. Chilamate		212.300-483.100	370	Río Grande	3.91		
13	Fte. Concepción (b)		213.900-484.350	560	Río Grande	3.14		
14	Quebrada Salitral (d)		-	-	-	-	-	-

Fuente: Cuencas hidrográficas. ICAA

- a) Por ser aguas superficiales, se construyó una planta de tratamiento que en este momento no se encuentra en uso y cuya localización geográfica, corresponde a las coordenadas Lambert-Lat.212650 y Long.481.500
- b) Fuente captada pero que no está en uso
- c) Fuentes no captadas, previstas para una futura ampliación de la capacidad del acueducto. Su localización y caudal son aproximados, ya que se impidió el ingreso al sitio de toma
- d) Quebrada prevista para una futura ampliación de la capacidad del acueducto. La localización del posible sitio de toma es aproximada

En cuanto a la ejecución de actividades y responsables y su función asignada, se propone ordenar la

## **CUADRO. 20 Ejecución de actividades , funciones y responsabilidades**

<b>AREA</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>EJECUTOR</b>	<b>ASESOR</b>	<b>FISCALIZADOR</b>
Levantamiento de información	Localización Ubicación Zona protegida Uso del suelo	Municipalidad MINAE IGN MAG ICAA	Dpto. Acueducto	Funcionario asignado	Dpto. Ingeniería   Func. asignado
Evaluación del potencial de captación	Estado de obras de captación Control de caudales Medición de caudales Calidad de agua	Municipalidad ICAA Laboratorio particular Laboratorio ICAA	Dpto. Acueducto Func. asignado Func. asignado	Func. asignado  Func. asignado	Func. Asignado  Func. Asignado
Evaluación de impactos	Inspección de campo Deslizamientos Existencia de fallas	Municipalidad CNE IGN ICAA MINAE	Dpto. Acued.	Func. Asig Func. Asig Func. Asig.	Func. Asignado  Func. Asignado
Evaluación hidrológica de la zona	Inspección de campo Levantamiento de información y planos Hidrología	Municipalidad UCR Apoyo de geología ICAA	Dpto. Ing.	Func. Asig. Func. Asig.	Func. Asignado
Cobertura vegetal y del suelo (cuencas hidrográficas)	Inspección de campo Reforestación Mantenimiento Mantenimiento de zonas Limpieza de vegetación	Municipalidad MINAE MAG ICAA	Dpto. Acued. Func. Asig.	Func. Asig. Func. Asig	Func. Asignado Func. Asignado  Func. Asignado

información en el cuadro No.20

Dada la naturaleza de cada sector involucrado, las funciones se podrían dividir como sigue:

- ✓ **Actividades asignada de ejecución**  
Con este nombre se designa al ente, que tiene la entera responsabilidad de poner en marcha la ejecución de las actividades
- ✓ **Actividades asignadas de asesoría**  
Corresponde al ente que participa como órgano que recomienda acciones y corrige o enriquece las ya hechas, sin entrar directamente en su ejecución
- ✓ **Actividades de fiscalización**  
Se centra en la vigilancia de las actividades y acciones llevadas a cabo para el cumplimiento del plan de gestión. Los principales fiscalizadores son las instituciones que reglamentan las actividades propias asignadas por ley.

En cuanto a la indicación de los posibles costos y los plazos de ejecución se propone realizar el cuadro. 21, donde se presenta un desglose de los gastos que deben hacerse para poner en marcha el plan de gestión.

<b>CUADRO. 21 Cédula de costos y plazos de ejecución</b>							
<b>AREA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD</b>	<b>COSTO TOTAL</b>	<b>AÑOS DE EJECUCIÓN</b>				
			<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>
Inspección y vigilancia	Actividades necesarias para mantener la funcionalidad del PGA	\$50,000	\$10,000	\$10,000	\$10,000	\$10,000	\$10,000
Mantenimiento y reparaciones	Actividades necesarias para mantener el potencial de captación	\$75,000	\$15,000	\$15,000	\$15,000	\$15,000	\$15,000
Evaluación hidrológica de la zona	Contratación de estudios en geología para estudios especiales	\$15,000	\$5,000	\$00	\$5,000	\$00	\$5,000
Cobertura vegetal y uso del suelo en las cuencas hidrográficas	Actividades necesarias						
	Limpieza	\$10,000	\$2,000	\$ 2,000	\$2,000	\$2,000	\$2,000
	Mantenimiento	\$10,000	\$2,000	\$ 2,000	\$2,000	\$2,000	\$2,000
	Reforestación	\$30,000	\$5,000	\$10,000	\$5,000	\$5,000	\$5,000
	Trabajos especiales	\$2,000	\$,000	\$ 1,000	\$,000	\$1,000	\$,000
Cumplimiento del marco legal vigente en cuanto a calidad	Análisis bacteriológico	\$100,000	\$1,000	\$2,000	\$4,000	\$6,000	\$8,000
	Análisis físico-químico		\$3,000	\$ 000	\$4,000	\$ 000	\$8,000
	Otros análisis		\$1,000	\$1,000	\$1,000	\$1,000	\$1,000
<b>TOTALES</b>		<b>\$242,000</b>	<b>\$44,000</b>	<b>\$43,000</b>	<b>\$48,000</b>	<b>\$41,000</b>	<b>\$56,000</b>

Para tener una base de datos sobre la información histórica de los recursos hídricos se propone realizar una ficha histórica de cada naciente o pozo, entre otros:












<b>Ficha: Recopilación de datos de los recursos hídricos de la cuenca _____.</b>		
<b>FOTO</b>	Nombre	
	Ubicación	
	Coordenadas Altitud	
<b>PRODUCCIÓN</b>	Caudal Verano lps	
	Caudal Invierno lps	
<b>FOTOS DE LAS AMENAZAS</b>	Grado de contaminación	
	Factores de Vulnerabilidad	
	Aplicación del Marco Legal	
	Observaciones o sugerencias	

Finalmente para establecer la priorización empezando por las fuentes de agua más estratégicas e importantes se propone el siguiente requisito:

### **Calidad del agua**

- ✓ La calidad del agua es una de las características más importantes que debe cumplir cualquier sistema de abastecimiento público o privado, toda vez que dicho en otras palabras, lo que se suministra o se vende es salud pública por medio de la calidad del servicio que brinde.
- ✓ El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, como ente rector en el suministro de agua potable en todo el país, estableció, un plan nacional de monitoreo del control del agua en todos los acueductos del país.
- ✓ Este programa de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, comprende dos muestreos anuales, dos inspecciones sanitarias, y una evaluación del riesgo sanitario en cada uno de estos acueductos. Es importante tener presente, que si bien es cierto, la vigilancia y el control de calidad no aportan calidad al agua suministrada, estos son fundamentales para detectar los problemas sanitarios que producen el deterioro de la calidad del agua suministrada en determinados acueductos y ayudan a tomar las medidas correctivas.
- ✓ En el cuadro 22 se muestra el resumen de la información obtenida en pruebas de la calidad del agua, realizado por el laboratorio nacional de aguas.

**CUADRO. 22**  
**Niveles de control, frecuencias y número de muestras**

Grado de riesgo y vulnerabilidad del acueducto								
	LUGAR	COLIFORMES FECALES		INSPECCIO N SANITARIA	CODIGO COLORE S	GRADO DE RIESGO	PRIORIDAD ACCIONES	
		Xg/% neg	AMBIT O					
1 Orotina	Naciente El Rubí 1	0	A	3		INTERMEDIO	MEDIANA	
	Naciente Guicho 2	0	A	2		BAJO	BAJA	
	Naciente El Gallinazo 3	0	A	3		INTERMEDIO	MEDIANA	
	Naciente La Llave 4	0	A	4		INTERMEDIO	MEDIANA	
	Naciente Catarata 5	0	A	2		BAJO	BAJA	
	Naciente 7 Quebrada La Plata Agua Nueva Tanque	5*	C	5		ALTO	ALTA	
	Nuevo Los Ulloas Tanque	3,5*	C	1		INTERMEDIO	MEDIANA	
	Viejo Los Ulloas	2,86*	C	1		INTERMEDIO	MEDIANA	
					**			

# Anexos

El presente trabajo cuenta con ocho anexos detallados de la siguiente manera:

- No.1 Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento. SENARA
- No.2 Reporte técnico. Detalle de las concesiones. Departamento de Aguas. MINAE.
- No.3 Esquema de los posibles efectos de los sismos, huracanes o tormentas tropicales sobre un abastecimiento de agua.
- No.4 Gráfico de ubicación en la hoja cartográfica de las nacientes Cerro Chompipe
- No.5 Copia de la Gaceta sobre el decreto No.28196 del día 3 de noviembre de 1999.  
Plano Catastrado No. A -3911061-97. De la zona protegida Cerro Chompipe.
- No.6 Copia del Plano Catastrado No. A -3911061-97. De la zona protegida Cerro Chompipe.
- No.7 Copia del informe de visita técnica. Acueducto municipal de Orotina. Junio 2001
- No.8 Consideraciones de diseño para las mejoras del acueducto de Orotina, Febrero, 1999

# Referencias

Carter L. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. España. Editorial Mc Graw – Hill 841p.

Consultora CONCESA. “Estudio para determinación de la demanda de agua para el consumo humano en el acueducto de Miramar de Montes de Oro”. Diciembre de 1999.

Domínguez M. Bacteriología y Potabilidad del Agua. Madrid, Catalán. Editorial Cabo de la Punta, 268p.

Enid Arguedas Serrano, Municipalidad de Orotina Marzo del 2001. Análisis del recurso hídrico y evaluación de acueducto de la ciudad de Orotina.

Hernández Lobo, Juan Bautista, Reseña Histórica de Orotina. Instituto de Fomento y Asesoría Municipal IFAM, 1983.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. “Informe de análisis de capacidad de una de las líneas de conducción del acueducto de Orotina”. Agosto, 2002.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. “Plan Maestro de Agua Potable para la ciudad de Cartago”. Enero 1984.

Instituto Geográfico Nacional. “Hoja cartográfica de Orotina”. Costa Rica 1978.1:10000.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. “Datos de Censos Nacionales del año 1950, 1963, 1973, 1984 y 2000”. San José. Costa Rica.

Iván Mora de AyA abril del 2003. Situación actual del acueducto de Orotina.

Moreno, Reineir. “Generalidades sobre el acueducto municipal de Orotina”. Comunicación personal 14, 15 de abril de 2003.

López Alegría, Pedro. “Abastecimiento de agua potable y eliminación de excretas”. Editorial Alfaomega. 2002. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (BID). Plan Maestro

López Cualla, Ricardo. “Diseño de Acueductos y Alcantarillados”. Editorial Alfaomega. 1999

Luke O, Ramírez G. Dirección de estudios y Proyectos. Departamento de Estudios Básicos. Inventario Nacional de Cuencas potencialmente utilizables para abastecimiento de agua ZCCBBZXua. Julio 1980.

Mejía F. Estimación de Indicadores de Costo-Eficiencia en proyectos de Agua. Septiembre de 1992. Colombia, 95p.

Ley de Aguas No. 276 del 27 de agosto de 1942 y sus reformas hasta la fecha

Ley General de Salud No. 5395 del 30 de octubre de 1973 y sus reformas.

Ley Orgánica de Ambiente No. 7554 de Setiembre de 1995.

Código Municipal emitido por ley No. 4574 del 04 de mayo de 1970 y sus reformas Reglamento para la Calidad del Agua Potable publicado en la Gaceta del 27 de mayo de 1977, Decreto Ejecutivo No. 25991-

Reglamento para la calidad del agua potable publicado en la Gaceta del 27 de mayo de 1977. Decreto ejecutivo No. 25991.

Reglamento sobre procedimiento Técnicos de SETENA por Decreto Ejecutivo No. 25705 en la Gaceta del 16/01/97.

Reglamento de vertido y uso de aguas residuales dado por decreto ejecutivo No. 22042-5 MINAE en la Gaceta del 19-06-97.

# Glosario

El presente glosario constituye un valioso auxiliar para los lectores, debido a que es el conocimiento del significado correcto de los términos utilizados.

**ASADAS:** Asociaciones Administradoras de Acueductos rurales

**Factor FMD:** Factor de demanda diaria

**HG:** Hierro galvanizado

**H,P:** Caballos de Fuerza

**Hidrogeológico:** Es el estudio de las aguas y la formación de la tierra y sus materiales

**IFAM:** Instituto de Fomento y Asesoría Municipal

**INEC:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censo

**Lps:** Litros por segundo

**MINAE:** Ministerio Nacional de Energía y Minas

**Recurso Hídrico:** Elemento que pertenece al agua

**Reservorio:** Tanque de reserva

**SENARA:** Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento

**Sostenibilidad:** Que se mantiene económicamente, a través del tiempo

**SETENA:** Secretaría Técnica Nacional del Ambiente.

**Disponibilidad:** Con respecto al agua del 100% que hay en el planeta. El 97% es agua salada y el 3% es agua dulce, de este 3%, solo es disponible un 0,003% de la masa global.