

# hidrogénesis



REVISTA DEL INSTITUTO COSTARRICENSE  
DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS



Hidrogénesis Vol.8. N°2. 2010  
ISSN 1659-1968







**Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados  
Centro de Documentación e Información  
UEN Investigación y Desarrollo**



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,  
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN  
EL REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

**Yo, Annette Henchoz Castro**

---

**N° Cédula: 1-0725-0409**

---

**Dependencia: Gerencia General**

---

Autorizo como Sub Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital, Catálogo en línea (OPAC) y la intranet institucional de la documentación incluida en la lista adjunta.

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

**E-mail:** [centrodoc@aya.go.cr](mailto:centrodoc@aya.go.cr) **N° Teléfono:** 2242-5487

Annette  
Henchoz Castro

Firmado digitalmente por  
Annette Henchoz Castro  
Fecha: 2019.11.25 16:07:20  
-06'00'

**Firma:** \_\_\_\_\_





### Consejo Editorial

Aprobado mediante acuerdo Junta  
Directiva N° 2008-150  
[consejo.editorial@aya.go.cr](mailto:consejo.editorial@aya.go.cr)

### De izquierda a derecha:

Sonia Murillo H.  
Maximiliano Pérez M.  
Elvira Guevara R.  
Héctor Feoli B.  
Sonia Guevara R. Directora

ISSN 1659-1968

### Filóloga

Licda. Bernardita Solís Vindas

### Traducción de resúmenes

Licda. Katty Campos M.

### Diseño y Diagramación



### Impresión Litográfica

Publicaciones AyA

### Fotografía de portada:

Construcción y mejoras de alcantarillado sanitario  
Sr. Jorge Soto

### Correspondencia, canje o solicitud

Instituto Costarricense de Acueductos y  
Alcantarillados, Consejo Editorial, Apartado  
postal N. 1097-1200. San José, C.R.

Esta publicación puede ser reproducida parcial o totalmente para uso en actividades de capacitación u otros fines no lucrativos, previa autorización del autor y del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

El contenido de los artículos es responsabilidad del autor (es).

333.91 Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.  
R Revista Hidrogénesis / Instituto Costarricense de  
Acueductos y Alcantarillados. – Vol. 1 No. 1 (jul.-dic. 2003).  
San José, Costa Rica: AyA, 2010

Semestral  
Resúmenes en inglés y español  
ISSN 1659-1968  
Título Original Revista Evolución  
Disponible además en [www.aya.go.cr](http://www.aya.go.cr) en  
Centro de Documentación

1. Calidad del agua 2. Modelo matemático QUAL2K  
3. Hidrantes 4. Contaminación de aguas 5. Ríos  
6. Acuíferos 7. Estrés laboral 8. Legislación  
9. Publicaciones Periódicas.









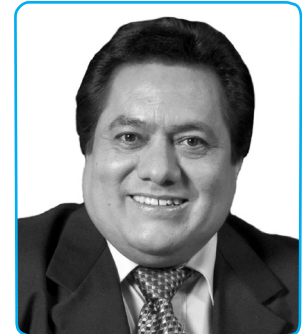
# Indice

<b>Editorial</b> .....	<b>7</b>
<i>Ing. Eduardo Lezama F.</i>	
<b>Sección Agua Potable</b> .....	<b>9</b>
Desarrollo de la red de hidrantes en AyA.....	11
<i>Ing. Ricardo Picado A.</i>	
<b>Sección Aguas Residuales</b> .....	<b>17</b>
Calibración del modelo matemático QUAL2K para el análisis de la calidad del agua para el caso de un río específico en Costa Rica .....	19
<i>Ing. Hernán Villalobos S.</i>	
Remediación por contaminación con hidrocarburos en un acuífero colgado, Caso del Pozo AB-1089 .....	31
<i>Licda. Viviana Ramos S., Lic. Ricardo Morales V. y Lic. Alonso Alfaro M.</i>	
Proyecto de sensibilización y educación ambiental vinculado al Proyecto de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José .....	41
<i>Ing. Rafael Barboza T. y Licda. Mariela Espinoza M.</i>	
<b>Sección Gestión Administrativa</b> .....	<b>53</b>
Estrés Laboral .....	55
<i>Lic. Juan Manuel Sánchez S.</i>	
Desviación de Poder .....	65
<i>Licda. Andrea Sánchez S.</i>	
Voz sobre IP y Telefonía IP.....	77
<i>Lic. Gustavo Monge J.</i>	





## Editorial



Eduardo Lezama F.<sup>1</sup>

Es indudable, que la difusión del accionar institucional en los diferentes campos, recorriendo todo el espectro en el cual tenemos injerencia, es necesaria y si se quiere imperativa. Esto, en razón de que si nosotros no lo decimos, nadie más lo va a hacer o lo hará de manera sesgada, equivocada, alterada y por lo tanto, no apegada a la realidad.

Así, la labor que se realiza desde este medio es fundamental y merece todo nuestro apoyo y respeto. Hemos visto, por no decir leído, que tenemos una serie de campos, a veces insospechados, en los cuales exploramos diferentes teorías, tendencias o metodologías, que si se aplican a la realidad operativa y administrativa de nuestra Institución, podrían mejorar nuestra gestión, tanto como empresa operadora o como oficina rectora, en la materia de nuestra competencia.

El bagaje demostrado por nuestros funcionarios, en el desarrollo y presentación de los diferentes artículos que se han publicado, demuestra un grado de superación, para algunos y un grado de acción - reacción para otros; en razón de la preocupación manifiesta, por los grandes retos que tenemos que enfrentar y superar. En realidad, se han presentado artículos que se pueden catalogar como antologías, tanto por su potente prosa como por su profundo contenido. Desgraciadamente,

los hemos leído (no asimilado) y los hemos guardado o apartado, por no decir desechado, en el escritorio más cercano; siendo lo más cercano a su difusión, el tenerlos en el Centro de Documentación e Información de la Institución.

Entonces, ¿Qué ha pasado? Todo parece indicar que debemos establecer una estrategia de difusión que responda a nuestra cultura institucional. Podría ser promocionando charlas, mesas redondas, teleconferencias, correos electrónicos o cualquiera otra forma, ya que tenemos la suficiente tecnología para ello y consecuentemente, los suficientes medios de difusión. Es cuestión de darle seguimiento al asunto y todo parece indicar, que esta debería ser una labor del Consejo Editorial. Este aspecto, debería valorarse y tenerse en cuenta, como un punto más, para el programa de trabajo del próximo año.

En el cierre de este año 2010, un profundo agradecimiento a la Consejo Editorial por su profesional y extenuado trabajo y a todos nuestros lectores, colaboradores y funcionarios por permitirnos llegar a sus manos.

<sup>1</sup> Ing. Civil, Subgerente General. elezama@aya.go.cr





# Agua Potable

Acueducto en comunidad indígena. Fotografía Sr. Jorge Soto







# Desarrollo de la red de hidrantes en AyA



Ricardo Picado A.<sup>1</sup>

## Resumen

La Ley N° 8641 “Declaratoria del Servicio de Hidrantes como Servicio Público y Reforma a Leyes Conexas” se crea por la necesidad de dotar al país de un eficiente sistema de hidrantes y eliminar las innumerables deficiencias que presentan estos accesorios, debido al abandono de más de 20 años en el que éstos se encuentran. Esta situación, entorpece la eficiente labor del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, al tener que lidiar en innumerables ocasiones, con fallas en los Sistemas de Hidrantes, lo que les impide atender las emergencias por incendios en el país de una manera eficiente, poniendo en serio peligro los bienes y la vida de las personas.

El presente documento, tiene como objetivo, informar acerca de lo más relevante de las acciones realizadas por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados para cumplir lo que estipula la Ley No. 8641, y las responsabilidades que en ella se le delegan al AyA como operador del Sistema de Acueducto. Para ello se hará un recorrido desde la creación de la Ley, su Reglamento, Resolución de la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) para la fijación de tarifas para hidrantes; así como también los acuerdos internos aprobados por las instancias jerárquicas para la puesta en marcha de esta actividad.

**Palabras clave:** Hidrantes, Tipos de hidrantes, legislación

<sup>1</sup> Ing. Mecánico. Dirección Desarrollo Tecnológico.  
rpicado@aya.go.cr

## Abstract

Law No. 8641 “Declaration of Service Fire Hydrant and Public Service Reform and Related Laws” is created by the need to provide the country with an efficient hydrant system and eliminate the many weaknesses in these accessories due to the abandonment of more than 20 years in which they find themselves. This situation hinders the efficient work of Distinguished Fire Service Costa Rica, having to deal with in many cases, flaws in the hydrant system, leaving them unable to respond to fire emergencies in the country in an efficient manner, making seriously endanger the property and the lives of people.

This document has as its objective reporting on the most relevant actions undertaken by the Costa Rican Institute of Aqueducts and Sewer Systems to meet the stipulations of Law No. 8641, and the responsibilities that are delegated to it as an operator AyA Aqueduct System. This will make a journey from the creation of a Law, Regulations, Order of the Public Utilities Regulatory Authority (ARESEP) for fixing of rates for fire hydrants, as well as internal agreements approved by the hierarchical authorities for commissioning progress of this activity.

**Keywords:** Hydrants, hydrant types, Legislation



## ¿Qué es un hidrante?

Según el Reglamento a la Ley N° 8641 “Declaratoria del Servicio de Hidrantes como Servicio Público y Reforma a Leyes Conexas” del 11 de junio del 2008, se entiende por hidrante el dispositivo de emergencia y atención de incendios o toma de agua, diseñada para proporcionar el caudal considerable en caso de incendio; situado en puntos estratégicos en la vía pública o privada, debidamente equipado de acuerdo con las disposiciones técnicas emitidas por el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica y que se encuentra debidamente conectado y en funcionamiento con el Sistema de la Red de Agua Potable en la vía pública o privada, o en instalaciones de edificaciones públicas o privadas con el equipamiento necesario para hacerlo funcionar; en donde el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica o el ente administrador y operador público o privado del Sistema de Acueducto y Alcantarillado, según el área de competencia, pueda utilizarlo en caso de eminente riesgo o emergencia.

## Legislación vigente

La Ley N° 8641 “Declaratoria del Servicio de Hidrantes como Servicio Público y Reforma a Leyes Conexas” fue aprobada el 11 de junio del 2008, publicada en el Diario Oficial La Gaceta N° 121 del 24 de junio del 2008.

En su Artículo N° 2, indica textualmente: “El desarrollo de la Red de Hidrantes, su instalación, operación y mantenimiento, serán responsabilidad de los operadores de los Sistemas de Distribución del Servicio de Agua Potable, público o privado, según el área concesionada”; por lo tanto, las obligaciones y responsabilidades que la Ley establece para el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), como Operador del Sistema de Acueducto, son muy claras y obligatorias a partir de la promulgación de dicha Ley.

Mediante el Decreto Ejecutivo No. 35206-MP-MINAET, publicado en La Gaceta No. 95 del 19 de mayo del 2009, el Poder Ejecutivo decreta el Reglamento a la Ley de Declaratoria del Servicio de Hidrantes como Servicio Público y Reforma de Leyes Conexas, N°

8641 del 11 de Junio del 2008. Éste tiene por objeto regular la instalación, el desarrollo, la operación y el mantenimiento de los hidrantes en todo el territorio nacional, para los entes administradores y operadores públicos o privados según el área de su competencia, de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados en todo el país, así como a los desarrolladores y los urbanizadores a nivel nacional. Se establece en su Artículo 5° que “Todo ente operador y administrador del Sistema de Acueducto público o privado está en la obligación de colocar los hidrantes en la zona pública de conformidad con las recomendaciones técnicas que emita el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica.”, lo que demandará de la Institución, además de las inversiones correspondientes, importantes esfuerzos en el desarrollo, la divulgación e implementación de conocimientos técnicos asociados a la prestación de este nuevo servicio público.

Dentro del contexto de este Reglamento, es importante destacar el Artículo 14, el cual se cita textualmente “El desarrollador y/o urbanizador será responsable solidariamente con el ente administrador u operador del Sistema de Acueducto, tanto civil como penalmente, por los daños y perjuicios que ocasione a terceros, con motivo de fallas en los hidrantes”, con lo que se establecen claramente las consecuencias para los administradores de los Sistemas de Acueductos, por el incumplimiento de esta Ley.

## Estado actual de la Red de Hidrantes

Según datos del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, en el país existen 6.126 hidrantes, de los cuales, más de la mitad se encuentran en un estado regular o malo, reflejando la urgente necesidad de iniciar las labores de mantenimiento asignadas a los operadores de los servicios de acueducto:

**Cuadro No.1**  
Estado operativo de hidrantes en Costa Rica por provincia

Provincia	Estado de Hidrantes				
	Bueno	Exc	Malo	No Identif.	Regular
San José	629	224	1036	81	448
Alajuela	310	227	144	16	228
Cartago	270	42	141	13	140
Heredia	307	88	164	34	257
Guanacaste	86	34	131	3	68
Puntarenas	92	365	58	23	66
Limón	24	111	196	8	62
Totales	1.718	1.091	1.870	178	1.269
Composición	28%	18%	31%	3%	21%

Fuente: Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica

- 2.809 se encuentran en estado excelente o bueno.
- 3.139 están regulares o malos.
- 178 no están identificados.

Del total de hidrantes existentes, el 79% pertenecen a Redes del AyA.

El Cuerpo de Bomberos determinó que el país requiere de 12.000 hidrantes nuevos; de esos 12.000 hidrantes, al AyA le corresponde instalar un total de 5.000 hidrantes nuevos en un período de 10 años.

### Prioridad de Instalación

Según informes del Cuerpo de Bomberos, es urgente instalar 1666 hidrantes.

El orden de instalación según las prioridades se establece en el siguiente cuadro:

**Cuadro No.2**  
Sistema de Hidrantes de Costa Rica. Prioridades de instalación según ocupación

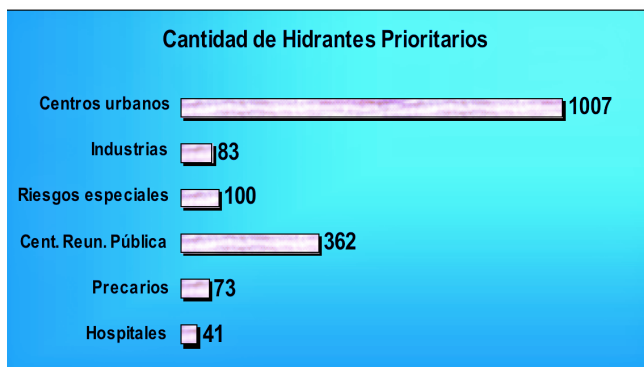
Ocupación	Prioridad	Cantidad
Hospitales	1	41
Precarios	2	73
Centros de reunión pública	3	362
Riesgos especiales	4	100
Industrias	5	83
Centros urbanos	6	1.007
Total		1.666

Fuente: Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica





Numéricamente, las prioridades de instalación de hidrantes, se distribuyen de la siguiente manera:



### Fijación de una tarifa para hidrantes

Con la Ley N° 8641 y la Resolución RRG-10171-2009 de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), publicada en el Diario Oficial La Gaceta N° 201 del viernes 16 de octubre del 2009, se establece un monto de  $\phi 12 / m^3$  (para clientes medidos) y de  $\phi 280 / mes$  (para clientes fijos); este monto contempla lo referente a gastos por: costos de mano de obra, transporte y maquinaria, mantenimiento e instalación de hidrantes, gastos por depreciación, servicio de la deuda y gastos administrativos.

### Gestión realizada

De conformidad con el Acuerdo de Junta Directiva 2010-362, aprobado en Sesión Ordinaria N° 2010-034 y con fecha del 18 de mayo del 2010, quedó en firme la estrategia planteada por parte de la Sub-Gerencia de Ambiente, Investigación y Desarrollo y las Sub-Gerencias Operativas en acuerdo con la Sub-Gerencia General, referente al desarrollo, operación, instalación y mantenimiento de la Red de Hidrantes del AyA.

Se ha definido, que la estructura administrativa estará conformada por un Consejo, el cual tendrá las siguientes responsabilidades:

- Conformar un Plan de Trabajo.
- Definir lineamientos de trabajo.
- Definir y dar seguimiento al Cronograma de Trabajo.

Además, se contará también con una Comité Ejecutivo, que tendrá a su cargo la ejecución de un Plan Operativo Inmediato (2010), Plan Operativo y de Mantenimiento (2010-2015), Planes sobre Normativa Técnica (2011-2015) y la elaboración de un Cronograma de Trabajo.

### Proceso de instalación y mantenimiento de hidrantes

Para la tarea de instalación de nuevos hidrantes, se cuenta con lo que el Cuerpo de Bomberos ha denominado la lista LOUH (Lista Oficial de Ubicación de Hidrantes), en la cual, se establece la prioridad de instalación, y corresponde a los primeros 500 hidrantes nuevos y prioritarios a instalar establecida por el Cuerpo de Bomberos. Según el acuerdo de la Junta Directiva 2010-362, se ha establecido que la instalación de nuevos hidrantes se hará mediante contrataciones de instalación por cantidad de hidrantes.

El mantenimiento de los hidrantes ya instalados, será atendido por nuevo personal, el cual será dotado con vehículos acondicionados para tal fin, con herramientas y equipos.

Las plazas para esta tarea ya fueron aprobadas por la Secretaría Técnica de la Autoridad Presupuestaria y el mantenimiento dará inicio una vez que se proceda a contratar el personal destinado para el Programa de Hidrantes. El mantenimiento de los hidrantes se trabajará bajo una lista elaborada por el Cuerpo de Bomberos a ser ejecutada por el AyA.

### Proyección mensual de costos

De acuerdo con las propuestas de las Sub-Gerencias Operativas de AyA (Sub-Gerencia de Sistemas GAM y la Sub-Gerencia de Sistemas Periféricos), del presupuesto requerido para el 2011, de  $\phi 1803$  millones y  $\phi 1778$  millones respectivamente, se tendría en promedio, una proyección de costos de aproximadamente  $\phi 298$  millones mensuales destinados al desarrollo de las actividades de instalación, operación y mantenimiento de hidrantes.

## Tipos de hidrantes

El tipo más conocido, es el hidrante de barril seco, su válvula de control se encuentra en la base, son conocidos también como hidrantes anticongelamiento, generalmente son montados sobre una base de grava o piedra, ya que ellos poseen en cierta parte de su columna inferior, dispositivos del drenaje que vacían por completo tanto su columna inferior como superior, evitando así, que éstas se congelen, esta base de piedra o grava, facilita el drenaje y por ende el congelamiento de éstos. Los hidrantes de columna o barril seco, son colocados en tuberías de diámetros importantes 150mm o más (6 pulgadas o más) y en áreas donde podrían ser colisionados por vehículos motorizados y ocasionar fugas importantes de agua, esto debido al sistema de protección que estos hidrantes poseen, el cual desprende el vástago (eje o flecha principal) de la válvula principal al momento de un fuerte impacto y esta válvula a su vez, es cerrada por la presión ejercida por el agua presente en la Red, evitando así, fugas considerables de agua.

Otro tipo de hidrante muy conocido en el medio, es el hidrante de barril o columna húmeda, este dispositivo cuenta con válvulas independientes para cada una de sus salidas o tomas, a diferencia del hidrante de barril seco, este tipo de hidrante por sí solo no cuenta con un dispositivo de cierre de válvula en caso de ser impactado, ni posee sistema de drenado, por lo cual, es utilizado cuando no hay peligro de congelamiento por efectos del medio ambiente y en este caso particular, puede ser instalado en tuberías de bajo diámetro 100mm (4 pulgadas) o tuberías de diámetros importantes 150mm (6 pulgadas o más) o donde las fugas de agua en caso de sufrir ruptura total, no es muy considerable; si se quiere colocar en tuberías de 6 pulgadas o más, es necesario adaptarle un dispositivo de cierre que actúa también por la presión ejercida por el agua en la Red (cierre tipo check), evitando así las fugas considerables de agua.



Foto No.1. Hidrante barril húmedo multivalvular



Foto No.2. Hidrante de barril seco





# Aguas Residuales

*Cambio de colector, zona de Moravia. Fotografía Sr. Jorge Soto*







# Calibración del modelo matemático QUAL2K para el análisis de la calidad del agua para el caso de un río específico en Costa Rica

Hernán Villalobos S.<sup>1</sup>

## Resumen

Se calibró un modelo matemático para la simulación de la autodepuración en ríos (QUAL2K) de manera que se adaptara a la realidad del país, y sirviera como herramienta para el análisis de la calidad del agua y la proyección de impactos en los ríos, para esto se utilizaron técnicas de análisis de simulación de Monte Carlo y dispersión y sensibilidad para calibrar dicho modelo, con el fin de adaptarlo a la realidad de la zona en estudio (Río Damas, Desamparados). Además, como metodología de calificación de cuerpos de agua, se utilizó el “Índice Holandés de Clasificación para la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales” establecido en el Decreto N.33903 del MINAE. Para el montaje del Modelo y la obtención de los datos necesarios para la calibración, se realizaron dos campañas de medición, una en julio y otra en setiembre siguiendo la masa de agua a lo largo del río. En general, se consiguió formular un modelo que describe las fuentes que afectan en mayor medida el comportamiento del río, sin embargo, el sistema natural estudiado posee muchos factores que afectan su comportamiento, por lo tanto, se ve muy influenciado por la mayoría de las entradas que éste tenga, sin importar el tamaño de éstas. En la parte media y baja se generan conflictos uso-calidad, debido a que las concentraciones de diferentes determinantes de la calidad del agua, superan los estándares definidos para distintos usos del agua como riego, recreación y abastecimiento.

**Palabras clave:** QUAL2K, calibración, calidad de agua - ríos, Río Damas - Desamparados, simulación - Monte-Carlo.

## Abstract

Calibrating a mathematical model for the simulation of self-purification in rivers (QUAL2K) so as to adapt to the reality of the country and serve as a tool for analyzing water quality and projected impacts on rivers, for this analysis techniques were used in Monte Carlo Simulation and Sensitivity and Dispersion for Calibrating the Model, in order to adapt to the reality of the study area (Río Damas, Desamparados). Furthermore, as an assessment methodology of water bodies, we used the “Index Dutch Index for Quality of Surface Water Bodies” in Decree N.33903 MINAE. To assemble the model and obtaining the necessary data for calibration, there were two measurement campaigns, one in July and again in September following the body of water along the River. In general, it was possible to formulate a model that describes the sources that most affect the behavior of the river, however, the natural system has many factors that affect their behavior, therefore, it is strongly influenced by most of its inputs, regardless of size. In the middle and low-use conflicts are generated in quality, because the concentrations of different determinants of water quality exceed standards set for various water uses such as irrigation, recreation and catering.

**Keywords:** calibration, modeling, water quality, rivers, Río Damas, Monte-Carlo - simulation.

<sup>1</sup> Ing. Civil. UEN Investigación y Desarrollo.  
hvillalobos@aya.go.cr



## Introducción

Los ríos están expuestos a recibir descargas y vertidos que afectan día a día la salud pública. En Costa Rica, la cobertura con alcantarillado sanitario a nivel urbano es sólo del 34% y sólo 4% de las aguas residuales recolectadas reciben tratamiento (OPS/OMS, 2002) que reduzca el impacto ambiental que generan estas descargas a los cauces naturales, esta situación afecta en gran medida el uso que se le puede dar al recurso hídrico.

Con el fin de brindarle solución a este problema, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) ha formulado estudios en la cuenca del Río Grande de Tárcoles, modelando la calidad del agua de éste, dicho Programa de Saneamiento Ambiental incluye realizar estudios en las cuencas altas de la zona en estudio. Se escogió como zona de estudio la cuenca del Río Damas en Desamparados, que se encuentra en una de las zonas de mayor densidad de población del país, lo que ha afectado directamente la calidad del río. Este río, a pesar de contar con solamente doce kilómetros de longitud, varía en gran medida las condiciones de calidad del agua, ya que conforme atraviesa lugares poblados, aumentan los conflictos de uso y calidad del agua. Lo anterior, porque en la parte alta de la cuenca el río presenta condiciones óptimas para el consumo humano, pero en la desembocadura, en el Río Tiribí, las condiciones ambientales decaen generando limitaciones en los niveles de utilización del recurso y afecta la salud pública.

El análisis de la calidad del agua se realizará con el Modelo River and Stream Water Quality Model (QUAL2K), desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés). Este Modelo, ayuda a describir los procesos de autodepuración presentes en los ríos tomando en cuenta las condiciones hidráulicas y ambientales.

En un país donde la calidad del agua ha decaído significativamente en los últimos años, se vuelve cada vez más necesaria la utilización de herramientas que brinden análisis certeros y precisos de los problemas

ambientales. Es por esto, que calibrar un modelo matemático de la calidad del agua de un río es una manera útil de planear e identificar opciones técnicas probables de tratamiento del agua.

Anteriormente, como parte del Proyecto de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José, que está siendo llevado a cabo por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, se contrató al ingeniero consultor Luis Alejandro Camacho, quien realizó una modelación de la calidad del agua del Río Grande de Tárcoles con el Programa QUAL2K en el segundo semestre del 2003, debido a que el Río Damas pertenece a la cuenca del Río Grande de Tárcoles, ciertas consideraciones tomadas en el proyecto realizado en el Río Grande de Tárcoles son aplicables al presente proyecto. Sin embargo, es importante recalcar, que la modelación del Río Grande de Tárcoles toma en cuenta un sistema natural con características distintas a los del Río Damas.

A partir de esto, se tomó como objetivo para esta investigación Calibrar un Modelo Matemático para la Simulación de la Autodepuración en Ríos (QUAL2K) que se adapte a la realidad del país, de manera que sirva de herramienta para el análisis de calidad la del agua y la proyección de impactos en los ríos.

## Materiales y métodos

El área de estudio seleccionada, corresponde a la cuenca del Río Damas, la cual es una subcuenca de la parte alta, de la cuenca del Río Grande de Tárcoles (cuenca No. 24), ubicada al suroeste de ésta. El área de drenaje de la cuenca es de 25.7 km<sup>2</sup>.

La cuenca se encuentra en su mayoría en la provincia de San José, en los cantones de Curridabat y Desamparados, además abarca parte del cantón de La Unión de la provincia de Cartago, la mayoría de los distritos drenan parcialmente hacia la cuenca ya que sólo el distrito de Damas se encuentra en su totalidad dentro del área en estudio.

La red fluvial de la cuenca está compuesta por el cauce principal de 12.2km de longitud que inicia en los Cerros de La Carpintera y termina en su confluencia con el Río Tiribí, presenta gran cantidad de quebradas pequeñas que conforman afluentes de menor orden, los cuales suman una longitud total de cauces de 54.8km.

La red actual de alcantarillado sanitario cubre parcialmente la cuenca por medio de los colectores de la parte sur del alcantarillado metropolitano, con éstos se abarca un área de 4.19km<sup>2</sup> que equivalen a un 16.32 % del área total de la cuenca. La parte de la cuenca cubierta por el alcantarillado es la parte baja, caracterizada por un marcado predominio del uso urbano. (ProDUS, 2007).

En primer lugar, se realizó una gira de reconocimiento en marzo del 2007. Ésta consistió en un recorrido desde la parte alta de la cuenca hasta su desembocadura, con el fin de identificar posibles puntos de monitoreo para realizar el aforo y el muestreo.

En la Figura 1, se muestra cómo se conceptualizó el sistema del Río Damas. En éste se muestra que en total se monitorearon nueve puntos, de los cuales 5 son en el cauce (para medir cómo varía la calidad del agua) y cuatro son afluentes; que en este caso se tomaron los ríos y quebradas tributarias.

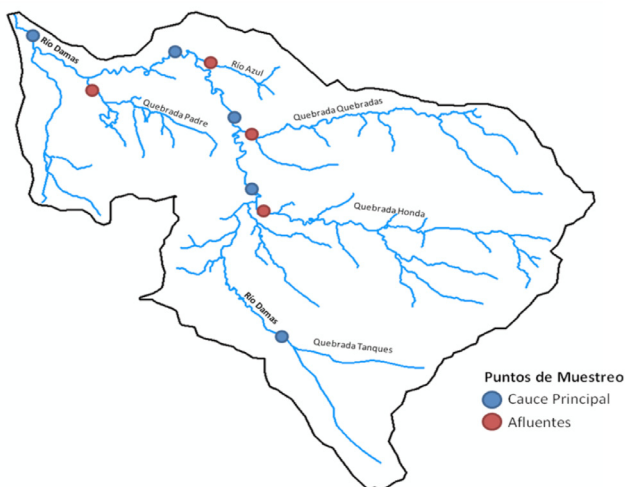


Foto No.1. Puntos de muestreo en la Cuenca del Río Damas.  
Fuente: Elaboración propia

### Campaña de Tiempos de Viaje:

Debido a que para la calibración del modelo de calidad del agua es necesario realizar las mediciones a la misma masa de agua, se realizaron campañas de Aforos en puntos estratégicos. Estas campañas se realizaron el día antes de cada campaña de calibración para que, de esta manera, se obtuvieran datos del caudal lo más cercano posible a los que se tendrían al tomar las muestras. Así, se pretende reducir la incertidumbre y el error en la estimación de los tiempos necesarios para las mediciones.

En la primera campaña de tiempos de viaje, además de estimar el caudal del río, se midieron parámetros hidráulicos que caracterizaron el flujo y que, por lo tanto, definieron la velocidad del agua, con esto, se estima la hora en la que se deben tomar las muestras.

Los parámetros necesarios para la Estimación de los Tiempos de Viaje son:

- Sección transversal
- Pendiente longitudinal
- Caudal
- Longitud entre puntos (obtenida de hojas cartográficas 1:10.000)

### Campaña de calibración:

Consistió en realizar mediciones de aforo, parámetros de campo y toma de muestras, para el análisis de laboratorio, sobre aproximadamente la misma masa de agua que se desplaza hacia aguas abajo por el Río Damas, para lograr esto, se utilizaron los datos de la "Campaña de Tiempos de Viaje" del día anterior.

Los parámetros necesarios para la implementación del modelo y la correcta calibración de éste se deben obtener a partir de muestras de agua tomadas y preservadas en campo para un posterior análisis de laboratorio.

Los parámetros medidos en campo fueron:

- Temperatura





- Temperatura del agua
- Temperatura del aire
- pH
- Conductividad

- Alcalinidad
- Dureza
- Coliformes Totales

Los determinantes de calidad de agua analizados en el laboratorio fueron:

- Oxígeno
  - Oxígeno Disuelto (OD)
  - Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y DBO5 soluble
  - Demanda Química de Oxígeno (DQO) y DQO soluble
- Grasas y Aceites
- Nitrógeno
  - Nitrógeno Orgánico
  - Nitrógeno Amoniacal
  - Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK)
  - Nitritos
- Fósforo
  - Fósforo Total
  - Fosforo Soluble
- Sólidos
  - Sólidos Totales Totales (STT)
  - Sólidos Disueltos Totales (SDT)
  - Sólidos Suspendidos Totales (SST)
  - Sólidos Suspendidos Sedimentables (SSS)

### Clasificación de calidad de agua en ríos

La Calificación de la calidad del Agua se realizó por medio del “Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales”, del Decreto N. 33903-MINAE-S, en donde, se definen los criterios de usos de los cuerpos de agua superficial, y se establecieron cinco categorías de uso potencial del agua y el tratamiento que ésta requeriría.

El Índice Holandés de Clasificación para la Calidad del Agua, valora las variables de mayor importancia en una corriente de agua, como son: la Demanda Bioquímica de Oxígeno, el Nitrógeno Amoniacal y el Oxígeno Disuelto convertido en Porcentaje de Saturación de Oxígeno (PSO), en un código de colores que se le asigna a cada clase de agua. Este índice permite clasificar un tramo particular del río en una clase específica. La clasificación obtenida en época lluviosa, no corresponderá con la observada durante el estiaje, para realizar la clasificación se suman puntos dependiendo del nivel obtenido en cada una de las variables de acuerdo con la siguiente tabla.

**Cuadro No.1**  
**Asignación de puntajes según el Sistema Holandés de Valoración de la**  
**Calidad Físico-Química del Agua para Cuerpos Receptores**

Puntos	PSO (%)	DBO (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> (mg/L)*
1	91 - 110	< = 3	< 0.50
2	71 - 90	3.1 – 6.0	0.50 – 1.0
	111 - 120		
3	51 - 70	6.1 – 9.0	1.1 – 2.0
	121 - 130		
4	31 - 50	9.1 – 15	2.1 – 5.0
5	< = 30 y > 130	> 15	> 5.0

\* Nitrógeno Amoniacal

Fuente: La Gaceta, 17 setiembre 2007

El puntaje obtenido se traduce a un código de colores con el que se clasifica la calidad del agua de acuerdo con el grado de contaminación que ésta contiene.

**Cuadro No.2**  
**Asignación de clases de calidad del agua según el Sistema Holandés de Valoración, por codificación de colores, basado en PSO, DBO y Nitrógeno Amoniacal**

	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Sumatoria de Puntos	3	4-6	7-9	10-12	13-15
Código de Color	<b>Azul</b>	<b>Verde</b>	<b>Amarillo</b>	<b>Anaranjado</b>	<b>Rojo</b>
Interpretación de Calidad	S i n Contaminación	Contaminación incipiente	Contaminación moderada	Contaminación severa	Contaminación muy severa

Fuente: La Gaceta, 17 setiembre 2007

### Modelo QUAL2K

El Modelo QUAL2K fue desarrollado por Steven Chapra en el año 2001, como continuación y modificación de los diversos Modelos QUAL que se habían desarrollado desde la década de los 80 por la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Este Modelo considera los procesos de oxigenación presentes en los ríos, además de los ciclos de nitrógeno (sobre todo la nitrificación) e incluye ciclos de fósforo y algas. Por lo tanto, el QUAL2K es más completo que los modelos anteriores, ya que considera más componentes.

Este Modelo opera en Excel, lo cual facilita la captura de datos, así como la generación y presentación de resultados y, además, no hay limitaciones en la especificación del número de tramos que se pueden modelar.

### Metodología de calibración: Simulación Monte Carlo

El Método de Monte Carlo se refiere a la realización de un modelo de simulación de parámetros generados aleatoriamente a partir de la distribución de probabilidad de estos parámetros. Por lo tanto, el Método de Simulación de Monte-Carlo se utiliza para realizar la Calibración del Modelo de Calidad del Agua, éste Método consiste en correr el modelo un número "n" (grande) de veces, usando parámetros de entrada diferentes.

Los resultados de cada corrida son comparados con los datos observados en las campañas de medición, y se escoge aquel que represente mejor los datos medidos, tiene la ventaja de ser un modelo sencillo de implementar para modeladores inexpertos, además es ampliamente utilizado (Orozco, 2005).

Dicha metodología, se aplica mediante la ayuda de una herramienta avanzada de análisis desarrollada en MATLAB que permite el análisis de simulaciones de Monte-Carlo. (Monte-Carlo Analysis Toolbox, MCAT, Lees y Wagener, 2000). MATLAB es un poderoso lenguaje de programación que incluye los conceptos básicos comunes de la mayoría de los lenguajes. Esta herramienta es conocida por ser superior a otras de su género en los cálculos que involucran matrices.

La utilización de modelos basado en simulaciones de Monte Carlo, como la Metodología de Incertidumbre Generalizada (Generalised Likelihood Uncertainty Estimation methodology, GLUE, Beven y Binley, 1992) es recomendado cuando se modela la calidad del agua con una cantidad grande de parámetros, es decir, cuando la calibración manual y subjetiva implicaría un procedimiento muy complicado y engorroso.

Con esta metodología se calculan funciones objetivo, que representan el error cuadrático medio de las estimaciones de los parámetros en estudio para cada una de las Simulaciones de Monte Carlo. Estas



funciones objetivo se transforman en medidas de confiabilidad que más tarde serán los determinantes de los pronósticos de los parámetros del Modelo.

## Resultados

En este proyecto, las calibraciones del Modelo se realizaron por separado y de manera independiente, para cada una de las campañas de medición. Esto debido a que las fuentes contempladas son cauces naturales como quebradas y ríos tributarios (afluentes), los cuales presentan gran variabilidad temporal en la carga contaminante y en el caudal.

Para la selección del modelo definitivo, se toman los mejores valores obtenidos de cada una de las calibraciones y se selecciona el modelo óptimo por criterios de ajuste. Para poder realizar esta selección, se crean diagramas de dispersión y de Sensibilidad Paramétrica para así determinar los parámetros dominantes y sensibles.

Se toman los valores de calidad del agua medidos a lo largo del cauce, como los datos para la calibración, ya que éstos son los que ayudarán a determinar los parámetros óptimos para el Modelo, como se explicó anteriormente.

Los indicadores de calidad de agua seleccionados para la calibración son:

- Oxígeno Disuelto (OD)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
- Nitrógeno Total y Amoniacal (NT y NH<sub>4</sub>)
- Fósforo Total y Reactivo (FT y SRP)
- Materia Orgánica Particulada (MOP)
- Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Una vez que los datos observados han sido colocados en el Modelo QUAL2K, se obtienen series aleatorias de posibles parámetros, a partir de un rango definido con anterioridad, de esta forma, se obtienen dos mil respuestas del modelo ante las posibles combinaciones de parámetros que se puedan generar dentro de los rangos seleccionados, esperando cubrir

de esta manera, las respuestas posibles del Modelo y seleccionar por lo tanto la combinación de parámetros que genere mejor ajuste.

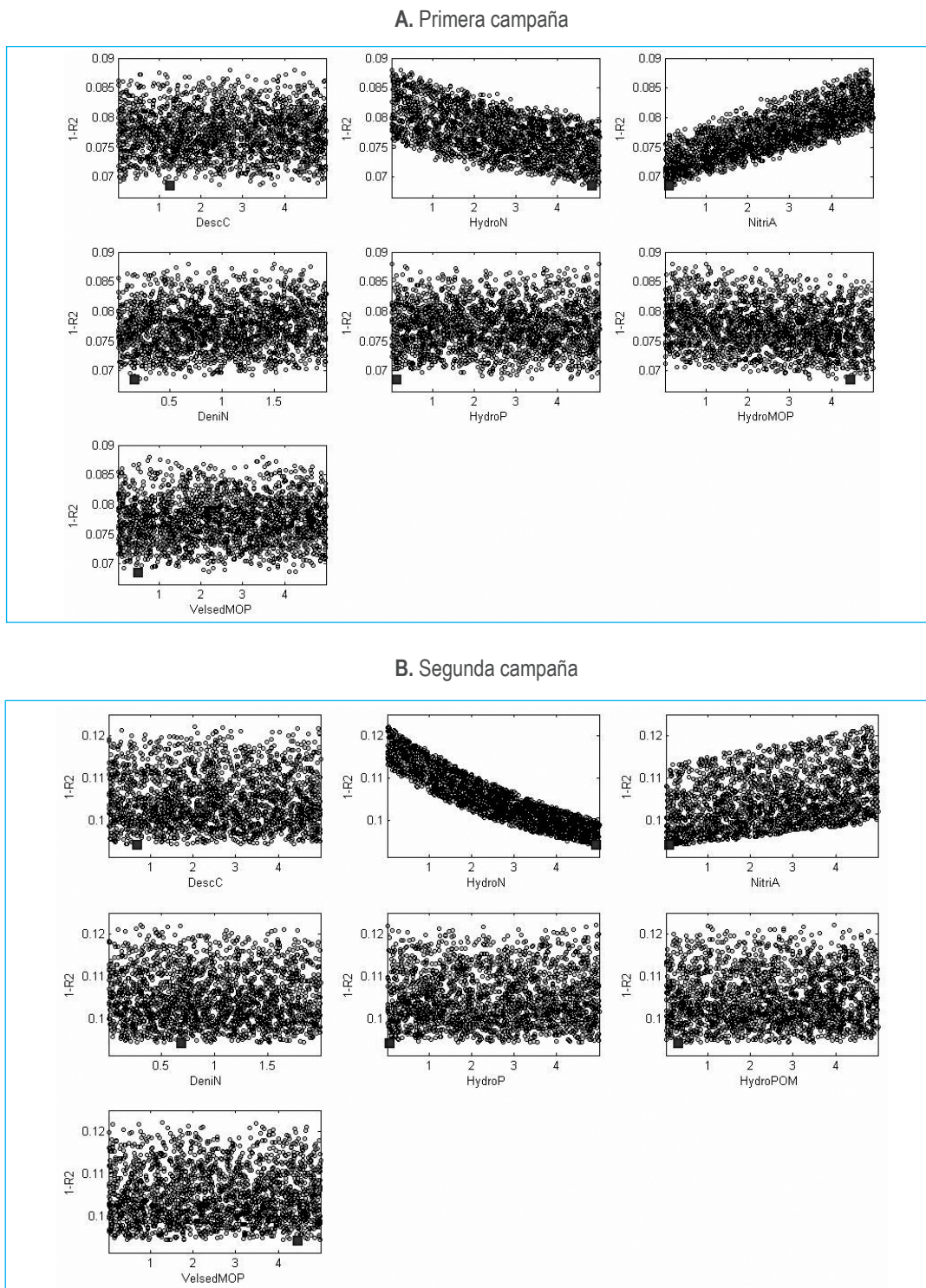
Con el fin de medir el ajuste de los parámetros del Modelo, se generan diagramas de dispersión o “dotty plots”, que muestran los valores de los parámetros de cada corrida contra los valores de la función objetivo. Con estos diagramas, se puede observar el ajuste que cada una de las series de parámetros generó con respecto a los valores observados, los diagramas se generan para cada una de las campañas de medición, ya que a partir de ambas, se escoge aquella serie de parámetros que produzca los mejores resultados, en cualquiera de las dos campañas.

Para cada campaña, se obtienen los parámetros que describen los mejores modelos, por lo que se define la serie óptima para ambas campañas. Para elegirla, se deben analizar los diagramas de dispersión y los gráficos de sensibilidad.

En los gráficos de dispersión, se puede observar la tendencia que tiene cada uno de los parámetros con respecto al R<sup>2</sup> que produjo; en este caso, los mejores parámetros son aquellos que producen un valor bajo, ya que se grafican contra uno menos el coeficiente de determinación (1-R<sup>2</sup>). La mejor combinación de parámetros es la que se muestra con el punto azul en cada una de las Campañas.

En el Gráfico 1, se puede observar cómo existe una marcada tendencia para los parámetros: HydroN y NitriA, en la primera campaña. Para el caso de HydroN, valores más altos producen un R<sup>2</sup> mayor. Mientras que para NitriA, valores más bajos producen un R<sup>2</sup> mayor. En el caso de los parámetros restantes, no se observa una tendencia marcada que permita diferenciar, a simple vista, cuales valores dentro del rango podrían generar un R<sup>2</sup> mayor que otros.

Gráfico No.1. Diagramas de dispersión de ambas campañas



Por otro lado, para el caso de la segunda campaña, se puede observar como nuevamente existe una tendencia marcada para los parámetros: HydroN y NitrIA. Estos presentan la misma tendencia que en la primera campaña, es decir, ante valores altos de HydroN mayor R2; y ante valores bajos de NitrIA mayor R2.



En las tablas 3 y 4 se muestran las series de parámetros que obtuvieron los mejores coeficientes de determinación (R2) para ambas campañas. Finalmente, se escogió la serie de parámetros que se muestra en azul en las tablas 3 y 4, ya que ésta produjo los mejores resultados en ambas campañas y los valores cumplen con el análisis descrito anteriormente.

Esta serie de parámetros se evalúa tanto para la primera campaña como para la segunda, y se corrobora su buen ajuste.

**Cuadro No. 3**  
**Parámetros óptimos primera Campaña**

DescC	HydroN	NitriA	DeniN	HydroP	HydroMOP	VelsedMOP	R2
3,423	4,939	0,196	0,210	4,308	4,113	4,271	0,9314
2,434	4,590	0,255	0,173	2,654	4,833	2,194	0,9313
3,765	4,945	0,069	0,267	3,382	3,489	4,120	0,9313

**Cuadro No. 4**  
**Parámetros óptimos primera Campaña**

DescC	HydroN	NitriA	DeniN	HydroP	HydroMOP	VelsedMOP	R2
4,369	4,971	0,411	0,451	4,513	1,445	0,958	0,9055
3,765	4,945	0,069	0,267	3,382	3,489	4,120	0,9054
1,983	4,886	0,660	1,398	3,456	0,427	1,784	0,9054

## **Análisis de resultados del modelo calibrado**

Una vez seleccionados, mediante el proceso de calibración, los parámetros óptimos del Modelo, se corren nuevamente las campañas de medición, para obtener los resultados con el modelo calibrado.

Los resultados calibrados para ambas campañas se utilizan para evaluar la calidad del agua del río y por lo tanto los posibles conflictos uso-calidad que se puedan presentar.

La evaluación se realiza por medio de la metodología expuesta en el decreto "Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales", utilizando por lo tanto la "Metodología del Sistema Holandés de Valoración de la Calidad Físico-Química del Agua" y los parámetros complementarios

que se indican en el decreto, los cuales estuvieron sujetos a modelación.

Es por esto, que los resultados se muestran separados en varias partes:

- Perfiles para la utilización del Sistema Holandés de Valoración (SHV):

- Oxígeno Disuelto y Oxígeno Disuelto de Saturación (OD y ODs)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Nitrógeno amoniacal

- Perfiles de parámetros complementarios de evaluación:

- Sólidos Suspendidos Totales
- Nitratos
- Coliformes fecales



- Potencial de Hidrógeno
- Temperatura

- Perfiles modelados de calidad del agua que no forman parte de las metodologías de clasificación:

- Conductividad
- Alcalinidad
- Fósforo Soluble Reactivo
- Nitrógeno Total

### Perfiles para el Sistema Holandés de Valoración

Se muestran los perfiles necesarios para clasificar el río según el Sistema Holandés de Valoración (SHV).

En el Gráfico 2. se muestran los perfiles de oxígeno disuelto y oxígeno disuelto de saturación, así como los datos de campo observados para ambas campañas de medición.

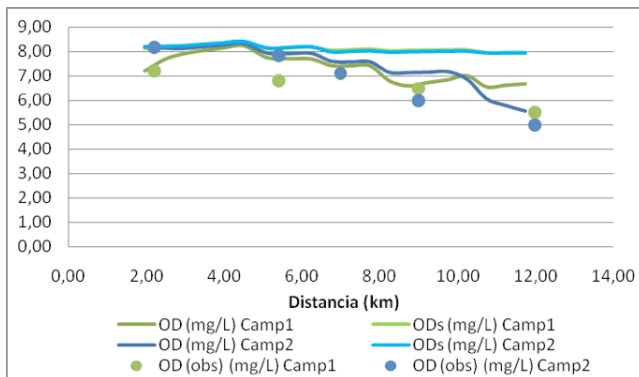


Gráfico No.2. Perfiles oxígeno disuelto

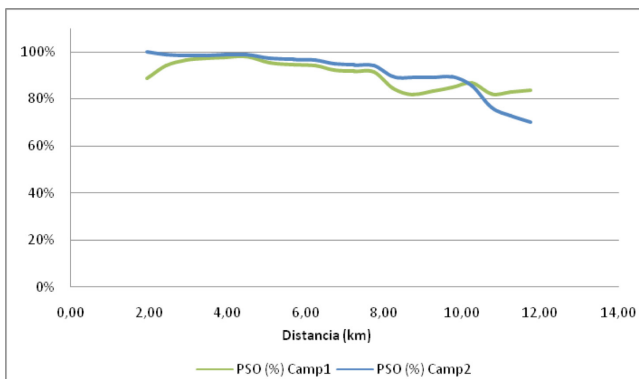


Gráfico No.3. Perfil PSO

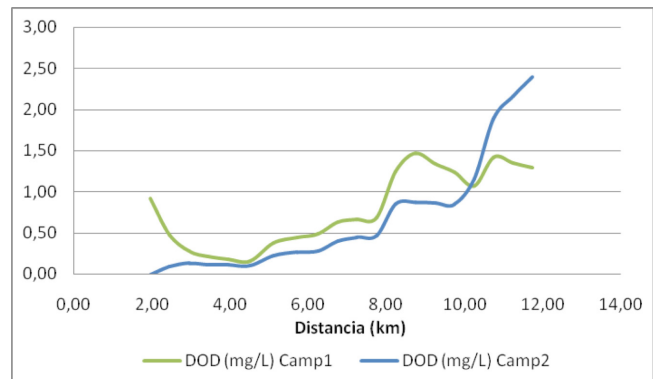


Foto No.4. Perfil déficit oxígeno disuelto

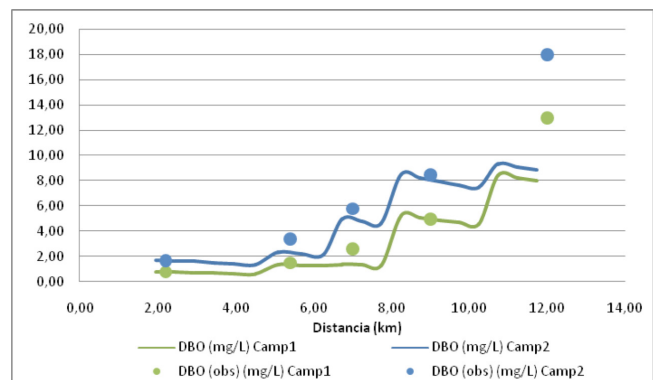


Gráfico No.5. Perfiles DBO

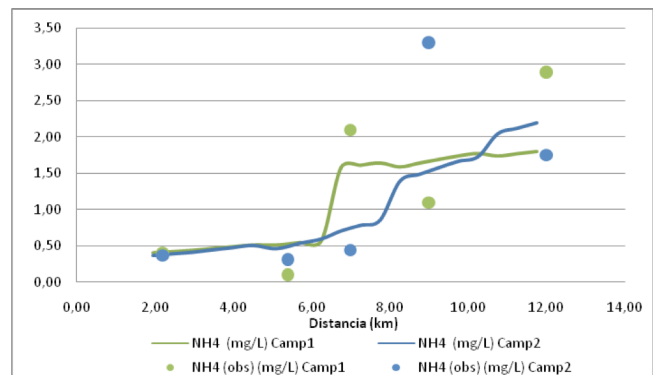


Gráfico No.6. Perfiles NH4

A partir de los perfiles modelados, mostrados anteriormente, se obtienen los valores del Índice del SHV de forma continua a lo largo del río. Estos índices muestran cual es la valoración de la calidad del agua, según cinco clases, en cada punto. De esta manera, se obtuvo un perfil de la calidad del agua a lo largo del río que permite conocer la variación en el grado de contaminación y en los conflictos uso-calidad.



En el caso de la primera campaña de medición, se observa en el Gráfico 7. que efectivamente, el río presenta gran autodepuración en la parte alta, conservando niveles elevados en la calidad del agua, ya que, si bien, empieza con una calidad moderada, ésta mejora debido a procesos de reaeración. Por otro lado, para la parte media del río, los niveles de contaminación aumentan paulatinamente, manteniéndose con contaminación incipiente (zona verde).

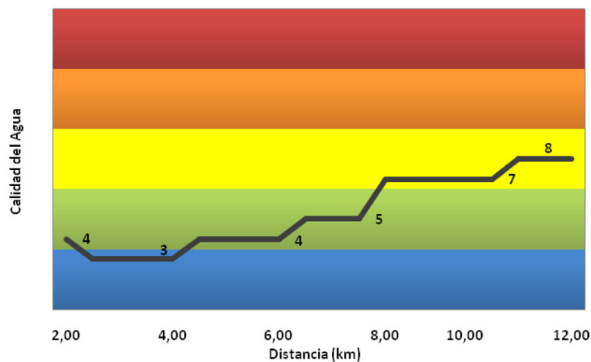


Gráfico No.7. Perfil calidad del agua primera campaña según SHV

En la segunda campaña, los resultados obtenidos al analizar el cauce con el SHV, son similares a los mostrados en la primera campaña. Sin embargo, en este caso, se muestra una degradación más rápida en la calidad del agua, llegando a niveles superiores de contaminación.

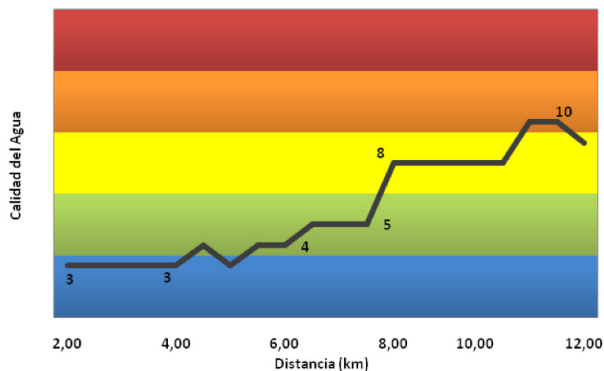


Gráfico No.8. Perfil calidad del agua segunda campaña según SHV

## Conclusiones y discusión

El sistema natural estudiado posee muchos factores que afectan su comportamiento, por lo tanto aumenta la complejidad en la modelación, ya que al ser un río de corta longitud y con caudales bajos se ve influenciado por las descargas marginales. Esto genera que los resultados obtenidos en la modelación pierdan ajuste al final de la zona de estudio, ya que, las descargas no medidas aumentan considerablemente, lo anterior, debido a que quedaba fuera del alcance del Proyecto realizar la caracterización de las descargas marginales.

La formulación del modelo es válida para la parte media y alta de la cuenca (calidad del agua afectada por descargas puntuales de afluentes), sin embargo, no describe su comportamiento en la parte baja, puesto que su conceptualización no representa el comportamiento real.

El sistema natural en su parte alta, cuenta con altos valores de autodepuración. Esto debido a las elevadas pendientes y, en general, a las características hidráulicas que promueven la reaeración. Esta capacidad de autodepuración, se conjuga con pocas descargas, contaminantes, lo que da como resultado niveles altos de calidad del agua. Luego, en la parte media y baja, se dan condiciones de poca autodepuración gobernadas por las bajas pendientes y gran cantidad de descargas debido al cambio en el uso del suelo, ésto a causa de que en esta parte, el uso del suelo es primordialmente urbano, lo anterior, genera que la calidad del agua decaiga bruscamente, ya que la capacidad de autodepuración del río la sobrepasa las descargas de contaminantes, generando un “déficit” en la calidad del agua que se podría mejorar teniendo un mayor control de las descargas.

En la parte media y baja, se generan conflictos uso-calidad, debido a que las concentraciones de diferentes determinantes de calidad de agua, superan los estándares definidos para distintos usos del agua como riego, recreación y abastecimiento. El principal determinante que genera éstos conflictos son los coliformes fecales, ya que éste se convierte en el factor

crítico de la calidad del agua y define la restricción en el uso, por lo tanto, se infiere que el principal problema de la cuenca es bacteriológico.

## Recomendaciones

Se recomienda capacitar al equipo de trabajo del AyA, tanto al de campo como al de oficina sobre la logística de las campañas de medición y el uso de modelos de calidad del agua, para futuras campañas.

Los trabajos del AyA a realizar en la cuenca como medidas de saneamiento deben ir enfocados a mejorar el Sistema de Alcantarillado Sanitario, el cual presenta mala cobertura y poca efectividad en la recolección de aguas residuales de la parte baja de la cuenca, debido al escaso o nulo mantenimiento del alcantarillado sanitario en esta zona.

Por otro lado, es conveniente orientar investigaciones en la cuenca que analicen la cobertura verdadera y la efectividad real del sistema de alcantarillado sanitario, aumentando la cantidad de conexiones, así como las posibles soluciones a un sistema de alcantarillado que se encuentra en pésimo estado y que, por lo tanto, no cumple la función para la que fue creado.

Finalmente, se debe adoptar una posición activa y firme en materia de protección de las cuencas, por parte de las entidades estatales competentes, a saber, Municipalidad de Desamparados, AyA y MINAE principalmente. Dándole prioridad y relevancia estratégica al desarrollo de medidas de recuperación de las cuencas.

## Referencias Bibliográficas

Breierova, L.; Choudhari, M.1996. **An introduction to sensitivity analysis**. MIT System Dynamics in Education Project. Massachussets. U.S.A.: s.n.

Calvo, G., Mora, J. 2007. “**Evaluación y clasificación preliminar de la calidad del agua de la cuenca del Río Tárcoles y el Reventazón Parte I: análisis de la contaminación de cuatro ríos del área metropolitana**”. Tecnología en Marcha, vol. 20-2, págs. 3-10

Camacho, L.A. **Calibración y comparación de modelos de transporte de solutos en ríos de Montaña**. XXII Congreso Latinoamericano de Hidráulica (Guyana. Venezuela, 2006)

Camacho, L. A. 2003. **Modelación de la calidad del agua del Río Grande de Tárcoles: informe final**. San José, Costa Rica. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Chapra, S.C., et al. 2007. **QUAL2K: A modeling framework for simulating river and stream water quality version 2.07: documentation and users manual**. Estados Unidos. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad Tufts.

Chapra, S.C. 1997. **Surface water-quality modelling**, Nueva York, Estados Unidos: McGraw-Hill.

Chow, V.T., et al. 1988. **Applied hydrology**. New York: McGraw-Hill.

Costa Rica. Poder Ejecutivo. 2007. **Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales**. La Gaceta. San José, CR. Set. 17. 7 págs.

Di Toro, D.M. 2001. **Sediment flux modeling**. Nueva York, Estados Unidos: Wiley-Interscience.



Environmental Protection Agency, EPA. 2007. **Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible, PRODUS**. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica.

González, S.E.; Morales, M.C. 2001. **La participación social en la gestión del recurso hídrico en la micro cuenca del Río Damas**. Tesis Maestría en Salud Pública con énfasis en Ambiente y Desarrollo Humano. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica.

Lizano, V. 2001. **Evaluación de la calidad del agua del Río Damas en función del uso del suelo de la cuenca**. Tesis Licenciatura en Ingeniería Civil. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica.

OPS (Organización Panamericana de la Salud) / OMS (Organización Mundial de la Salud). 2002. **Informe del análisis sectorial de agua potable y saneamiento de Costa Rica**. San José, Costa Rica: OPS.

Ramirez, J.M. 2005. **Calidad de aguas residuales en los sistemas de depuración operados y administrados por AyA y estudios especiales de interés institucional**. San José, Costa Rica: AyA.

Rosas, A.; Herrera, I. 2007. **El número de péquet y su significación en la modelación de transporte difusivo de contaminantes**. México: Instituto de Geofísica. Universidad Autónoma de México.

Wagener, T. et al. 2001. **Monte-Carlo analysis toolbox user manual**. London, UK: Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

# Remediación por contaminación con hidrocarburos en un acuífero colgado, caso del pozo ab-1089



Otros autores:

Ricardo Morales V.<sup>2</sup>

Alonso Alfaro M.<sup>3</sup>

Viviana Ramos S.<sup>1</sup>

## Resumen

En setiembre de 2004, se detecta un derrame de combustible en el pozo profundo (AB-1089, nivel de agua a 80 metros), ubicado en el Acuífero Colima Superior, fuente de importancia para el Gran Área Metropolitana, principalmente para las provincias de Heredia y San José, (Costa Rica), el pozo comunica este acuífero con otro más profundo, el Colima Inferior. Se realizaron muestreos de aguas, suelos y roca iniciales en el 2004-2005 los que permitieron conocer los estratos subyacentes y niveles de contaminación e identificaron un Acuífero Colgado a 20 metros, donde se ubica la contaminación con el Hidrocarburo. Datos periciales de autoridades judiciales basados en balances de inventario indican una fuga de casi 30 mil litros de Hidrocarburos (diesel y gasolina), derramados durante el periodo 2003-2004. Se cuenta con un informe de geofísica del año 2006, que permitió delinear la fase libre (Hidrocarburo supernatante) contenida en el Acuífero Colgado e iniciar las labores de extracción de la fase libre. Informe de hidrogeólogos de EPA de 2007, en misión auspiciada por el OIEA, y solicitada por el gobierno local (Municipalidad de Belén, vecina

del cantón afectado), indica la necesidad de clausurar el pozo AB-1089 definitivamente.

La contaminación en el Acuífero Colima se ha detectado de manera clara solamente en el AB-1089, y no hay evidencia de avance de una pluma en los Acuíferos Colima, por lo que el cierre del Pozo no se consideró nacionalmente como prioridad. El Gobierno costarricense solicitó la cooperación técnica de la OPS en el 2008, con el objetivo de analizar los datos hidrogeológicos y reportes existentes, para obtener recomendaciones sobre cursos de acción técnica y económicamente viables ante la incertidumbre sobre el grado de comunicación entre el Acuífero Colgado (20 metros) y el Acuífero Colima Superior/Inferior (por debajo de 80 metros), y el riesgo para la salud que dicha contaminación representa. Las recomendaciones principales de la consultoría del Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Sao Paulo, Brasil, costeadas por la empresa dueña del Pozo (ESPH, ) fueron la profundización del detalle del Modelo Conceptual del Sitio mediante pruebas de bombeo y estudios geofísicos, la filtración del agua contaminada con Carbón Activado y la reinyección en el acuífero, proceso que resultó altamente eficiente en la remoción de BTEX y PAHs, así como de los demás Hidrocarburos presentes y menos tóxicos. Se avaló por la Comisión y se realizó por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) el

<sup>1</sup> M.Sc. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, UEN Gestión Ambiental-Unidad Ejecutora, vramos@aya.go.cr

<sup>2</sup> Ing. Ministerio Salud. rmorales@netsalud.sa.cr

<sup>3</sup> Lic. Empresa Servicios Públicos de Heredia. alonsoalfarom@gmail.com





sellado de Fracturas (“Cortina Corta-Flujo”) alrededor del pozo AB-1089, estas operaciones generaron un recrudescimiento de los niveles de inflamabilidad en el Acuífero Colgado bajo la gasolinera lo que obligó a un monitoreo más cercano por las instituciones.

Finalmente se logró recuperar del Acuífero Colgado el equivalente a aproximadamente 13 mil litros de Hidrocarburos y a marzo de 2010 se filtraron más de 1300 metros cúbicos de agua contaminada, que una vez tratados, fueron reinyectados al Acuífero Colgado. Desde abril del 2009 a marzo del 2010, se implementó la aireación del Acuífero Colgado a través de 9 de los 14 piezómetros en el sitio. Las concentraciones de Hidrocarburos en los piezómetros de extracción en la gasolinera fueron inferiores a 150 ppb, si bien estos recrudescieron el contenido de benceno posteriormente. Ante esto se experimentó en el 2010, con una torre de desorción por burbujeo de aire, como coadyuvante al uso de los filtros; igualmente se agregaron nutrientes durante la aireación del acuífero para potenciar la degradación bacteriana del Hidrocarburo.

No se detectaron Hidrocarburos tóxicos por encima de las concentraciones normadas nacionales e internacionalmente en los pozos de agua potable de consumo humano ubicados al exterior de la gasolinera en los Acuíferos Colima, se confirmó mediante muestreo y análisis químico el éxito del Sellado mediante la Cortina Cortaflujo, no detectándose hidrocarburos en el AB-1089.

## Abstract

In September 2004, we detect a fuel spill in the deep well (AB-1089, water level 80 m), located in the Upper Colima aquifer, source of importance to the greater metropolitan area, mainly in the provinces of Heredia and San José (Costa Rica), the well informed that a deeper aquifer, the Lower Colima. Were sampled water, soil and rock early in 2004-2005 which allowed us to know the underlying strata and levels of contamination and identified a Perched Aquifer 20 m, where is the hydrocarbon contamination. Expert data based judicial authorities inventory balances indicate a leak of about

30 thousand liters of hydrocarbons (diesel and gasoline), spilled over the period 2003-2004. There is a geophysical report of 2006, which allowed free delineate the phase (supernatant hydrocarbon) contained in the aquifer and start work Posted extraction of free phase. EPA hydrogeologists Report 2007, sponsored by the IAEA mission, and requested by the local government (City of Bethlehem, near the canton concerned), indicates the need to close the well permanently AB-1089.

Aquifer pollution in Colima is clearly detected only in the AB-1089, and no evidence of progression of a feather in Colima aquifers, so that the closure of Well not considered nationally as a priority. The Costa Rican government requested the technical cooperation of PAHO in 2008, with the aim of analyzing the existing hydrogeological data and reports, for recommendations on courses of action technically and economically viable given the uncertainty about the degree of communication between the aquifer hook (20 meters) and Colima Aquifer High / Low (below 80 meters), and the health risk that such contamination is. The main recommendations of the consultancy at the Institute of Technological Research of Sao Paulo, Brazil, paid for by the company that owns the Well (ESPH) were the deepening of the detailed conceptual site model using pumping tests and geophysical surveys, water filtration Activated Carbon contaminated and reinjection into the aquifer, highly efficient process that resulted in the removal of BTEX and PAHs, as well as other hydrocarbons and less toxic. It is endorsed by the Commission and conducted by the Institute Costarricense de Electricidad (ICE) Fracture sealing (“Cortina Short-Flow”) around the well AB-1089, these operations generated an upsurge in the levels of flammability in the Aquifer Posted under the pump forcing closer monitoring by the institutions.

Finally Aquifer were recovered Posted equivalent to about 13,000 liters of hydrocarbons and March 2010 were leaked over 1300 cubic meters of polluted water, once treated, were injected Posted Aquifer. From April 2009 to March 2010, was implemented Posted Aquifer aeration through 9 of the 14 piezometers on the site. Hydrocarbon concentrations in the piezometers at the pump extraction were below 150 ppb, while these

escalated the benzene content later. Before this was experienced in 2010, with a desorption tower air bubbling as an adjunct to the use of filters, also we added nutrients during aeration of the aquifer to enhance bacterial degradation of hydrocarbon.

Toxic hydrocarbons were not detected above the national and international levels in drinking water wells for human consumption located outside the station in Colima aquifers, was confirmed by sampling and chemical analysis by sealing the success of the Cortina Cortaflujo, no hydrocarbons were detected in the AB-1089.

### Introducción

En setiembre de 2004, la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A.; (ESPH) informó a la población mediante los medios de comunicación escrita del hallazgo, durante una prueba de rutina, de la presencia de Hidrocarburos en el pozo de abastecimiento público de agua potable denominado AB-1089 (PRI-II), ubicado en el Barrial, provincia de Heredia, cercano a la Zona Franca Metropolitana (Fig. 1), uno de los polos de desarrollo industrial importante en la región, paralelamente se comunicó dicha emergencia al Ministerio de Salud. Esta gasolinera se encuentra colindante con el predio del Pozo; ubicándose en la zona de protección del Pozo establecida en la legislación costarricense. Los niveles detectados inicialmente en el AB-1089 rondaban los 50 mg/L de Hidrocarburos Totales.

Durante ese año, el Pozo no se había utilizado, pues se ponía en operación solamente en la época seca. Este Pozo fue sacado de operación de inmediato y los operadores de los acueductos en la zona (ESPH y Acueductos y Alcantarillados, AyA) presentaron denuncia formal ante la Fiscalía Ambiental. Igualmente el SENARA presentó denuncia ante la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA). En consecuencia, el pozo nunca fue utilizado para distribución de agua a la población mediante la red de la ESPH.



Foto No.1. Mapa de ubicación

Los sitios potencialmente en riesgo por la contaminación del Pozo AB-1089, eran pozos en su mayoría de uso industrial y privado, así como algunos pozos de abastecimiento público, ubicados en el Acuífero Colima Superior y en el Colima Inferior, en dirección sur-suroeste del AB-1089 (Fig. 2), en Barrial y Belén, y que posteriormente se conformó en la red de monitoreo externa a la gasolinera.

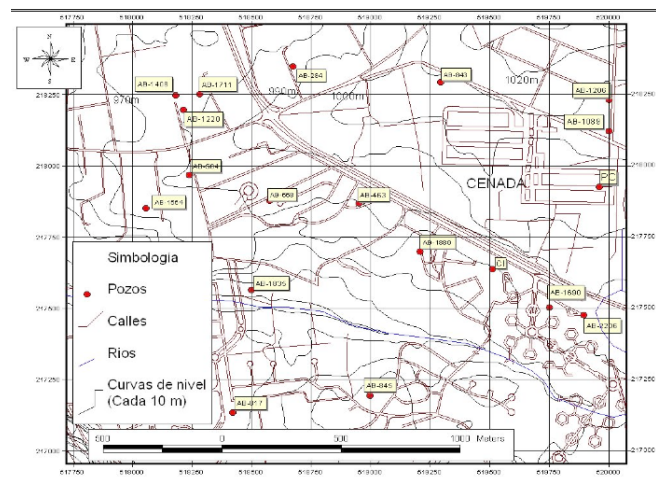


Foto No.2. Pozos de la red de monitoreo externa

A partir de setiembre del 2004, se conformó una Comisión Interinstitucional, coordinada inicialmente por la ESPH y actualmente por el Ministerio de Salud, integrada además por la Municipalidad de Belén, el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego





## Investigación y remediación

Como parte de estas exploraciones se encontró posteriormente un Acuífero Colgado, a veinte metros de profundidad, donde se localiza la principal contaminación. (Fig. 4) Esta contaminación se encuentra separada del Acuífero Colima por varias capas geológicas y a aproximadamente cincuenta metros por encima del nivel de agua del Acuífero Colima Superior, retenida por una capa de roca de baja permeabilidad, lo que representó el primer esbozo de un Modelo Conceptual del Sitio. Se conocía que el Pozo AB-1089 tocaba también el Colima Inferior.

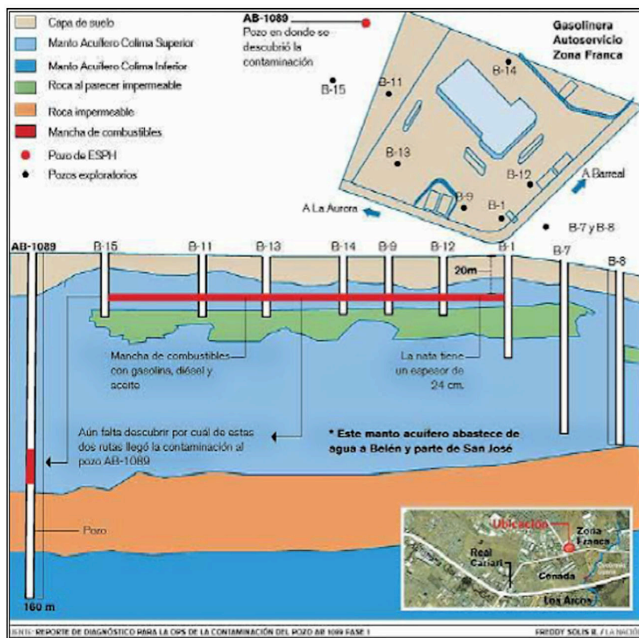


Foto No.4. Modelo conceptual inicial del sitio

Desde el año 2004 hasta el 2009, se han realizado Campañas de Monitoreo en los pozos de agua potable de Barrial y Belén (ver Fig. 2), ubicados al sur-suroeste del pozo AB-1089, y que se abastecen del Acuífero Colima Superior e Inferior, y no se ha detectado contaminación de importancia para la salud pública, las aguas cumplen con la normativa internacionalmente aceptada (EPA y Organización Mundial de la Salud (OMS) y por ende no representan un riesgo para la salud de las personas que pudiesen consumirlas, aspecto que fue comunicado oportunamente a la población y a usuarios de pozos en la zona.

Existieron hallazgos complementarios que indicaban la posibilidad de contaminación en los pozos del Laboratorio de Soluciones Parenterales de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) (fabricante estatal de sueros de uso médico), ubicado a un kilómetro del sitio del derrame en dirección oeste, si bien, estos datos fueron un poco contradictorios, se tomaron todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad del agua que se utiliza en la fabricación de sueros para uso médico. Desde el 2005 hasta setiembre de 2007, el Laboratorio de Soluciones Parenterales se suplió de pozos de la ESPH ubicados “aguas arriba” del sitio impactado. En el 2007, la CCSS volvió a reutilizar sus propios pozos ante la ausencia de Hidrocarburos (nivel de detección 5 ppb) durante casi dos años en toda la red de monitoreo.

Debido a la conexión, mediante el AB-1089, entre el Acuífero Colgado y el Acuífero Colima Superior/Inferior, así como el potencial riesgo a otros operadores de acueductos aguas abajo, como son la Municipalidad de Belén y el AyA, y con el fin de agilizar las contrataciones necesarias, la Junta Directiva del AyA, solicitó a la Comisión Nacional de Emergencia, la declaratoria de emergencia nacional, dicha solicitud se realizó con el fin de contar y poder movilizar los recursos necesarios para completar la investigación de campo y financiar las primeras y urgentes acciones de remediación ambiental. Estas operaciones implicaron un mayor nivel de riesgo al encontrarse en el nivel colgado importantes concentraciones de gasolina, además de los hidrocarburos menos volátiles.

Mediante decreto N° 32797-MP-SALUD, con fecha 8 de diciembre del 2005 y vigente a la fecha del presente informe, se realizó dicha declaratoria de emergencia para tomar las acciones en las zonas afectadas por el Pozo contaminado y el acuífero Colima Superior. A la vez la Junta Directiva de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) designó al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados como Unidad Ejecutora, lo que facilitaría la transferencia de fondos de las instituciones del Estado y la ágil contratación de empresas especializadas en el diagnóstico y remediación ambiental. No obstante el Estado decidió



no utilizar la vía de las contrataciones, y realizar las labores por medio de las instituciones del Estado. Para esto, la Unidad Ejecutora-AyA, ha contado con el apoyo específico de la ESPH y la Municipalidad de Belén, así como de la asesoría de los otros miembros de la Comisión Interinstitucional.

La Comisión Interinstitucional contó durante seis meses del 2005, con el apoyo de un consultor costarricense, con experiencia internacional en remediación de sitios contaminados, consultoría que fue financiada por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) lo que permitió obtener un diagnóstico y un modelo inicial del sitio (**Figs. 3 y 4**), pero que en ese momento presentaba cierto grado de incertidumbre, ante los vacíos en la exploración inicial por la Comisión Interinstitucional, y la necesidad de mejores datos de campo.

En el año 2006, se realizaron los sondeos geofísicos, (**Fig. 5**) por un profesional costarricense con el fin de utilizar este método indirecto para delimitar la Pluma de Contaminación en el Acuífero Colgado, dando resultados que fueron conocidos por la Comisión Interinstitucional, y que aportaron al conocimiento de la extensión de la *fase libre*, en una zona bajo la gasolinera con una prolongación norte y suroeste.

Durante el mes de marzo del 2007, una misión de la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (EPA), auspiciada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), y que había sido solicitada por la Municipalidad de Belén, presentó sus recomendaciones, algunas de las cuales no fueron bien recibidas por la Comisión Interinstitucional, ya que se basaban en información incompleta de campo (disponible, pero que no fue revisada por los expertos), y siendo breve su intervención y comunicación con la Comisión. El informe de EPA anota que el método geofísico utilizado en el 2006 permite solamente detectar la fase libre, y no la extensión de la pluma disuelta en el acuífero colgado.



Foto No.5. Pluma de contaminación en el Acuífero Colgado (fuente geostratu, 2006)

Entre las recomendaciones inmediatas de la EPA estaban el sellar definitivamente el AB-1089, un productor de 80 L/s de interés para la ESPH y para el sector industrial/residencial al que servía. También se recomendaba remover los tanques y tuberías, cuando datos de campo, no conocidos por los expertos, indicaban contaminación remanente mínima en suelos, según criterios del consultor de OPS, y en su mayoría muy inferiores a 100 ppm según constató la Comisión, además de haberse removido el Hidrocarburo de los tanques, a los que se le realizaron pruebas de hermeticidad.

Otra recomendación importante de EPA fue ampliar el monitoreo de Hidrocarburos Totales en pozos para agua potable y detallar sustancias específicas: Benceno, Tolueno, Etilbenceno Y Xilenos (BTEX) MTBE e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAHs), lo que fue retomado por la Comisión. Para los niveles de detección requeridos el país no contaba con laboratorios

acreditados, y no fue sino hasta el segundo semestre de 2007, que se contó con un laboratorio acreditado para todos los ensayos en agua potable.

Si bien, existían normas nacionales e internacionales para sustancias específicas, el Programa de Control del Agua Potable implementado inicialmente por la Comisión Interinstitucional para evaluar el contenido de hidrocarburos en el agua, consideró solamente los **hidrocarburos totales**, no se analizaron rutinariamente sustancias específicas, debido a las muy bajas concentraciones, la sensibilidad de los análisis, y la disponibilidad de laboratorios. Se consideró que solamente si la concentración total de Hidrocarburos era mayor a diez partes por billón (10 ppb) se podría inferir que otras sustancias específicas de interés para la salud pública normadas a nivel nacional e internacional (Benceno, Etilbenceno, Tolueno, Xilenos, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos), también podrían estar presentes en concentraciones significativas para la salud.

El informe final y definitivo del equipo de hidrogeólogos de EPA se recibió en junio de 2007, tiempo en el que la Comisión decidió buscar otras opciones distintas al cierre o sellado total del pozo, entre las que se contempló la construcción de una “Cortina Corta-Flujo” con el fin de sellar las fracturas entre el Acuífero Colgado y el espacio anular del Pozo AB-1089, conexión con el Acuífero Colima.

Se incluyeron a raíz del informe de EPA de manera rutinaria en los muestreos los BTEX, MTBE y PAHs, según disponibilidad de presupuestos, si bien afortunadamente a la fecha de finalización de las obras, estas sustancias no han sido detectadas en los pozos profundos de agua potable de la Red de Monitoreo Externa a la Gasolinera, estos mismos parámetros se utilizaron para medir el avance de la descontaminación en el acuífero colgado, que se venía realizado principalmente mediante la extracción de la fase libre y supernatante, así como su almacenamiento, traslado y tratamiento por parte del AyA hacia el plantel de RECOPE-Moin.

En Junio del 2008, a través de la cooperación de la OPS/OMS, y costeadado por la ESPH, se logró contar con el apoyo técnico de expertos hidrogeólogos del Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de Sao Paulo (Brasil), quienes recomendaron la filtración con carbón activado y la reinyección de aguas en el acuífero, y avalaron el Sellado de Fracturas (“Cortina Cortaflujo”) como técnica a explorar para evitar el contacto entre la zona contaminada del Acuífero Colgado y el espacio anular del pozo que lo comunica con el acuífero Colima Superior.

Asimismo, la colaboración del IPT permitió afinar el Modelo Hidrogeológico conceptual del sitio, (Fig. 6) al realizarse pruebas de bombeo del Acuífero Colgado y pruebas químicas de las aguas subterráneas del Acuífero Colgado, con el apoyo de RECOPE se logró demostrar a nivel de laboratorio la aplicabilidad de la Técnica de Filtración en Carbón Activado, disminuyendo significativamente el contenido de Hidrocarburos; por lo que se construyeron posteriormente los primeros prototipos de filtros por la Comisión.

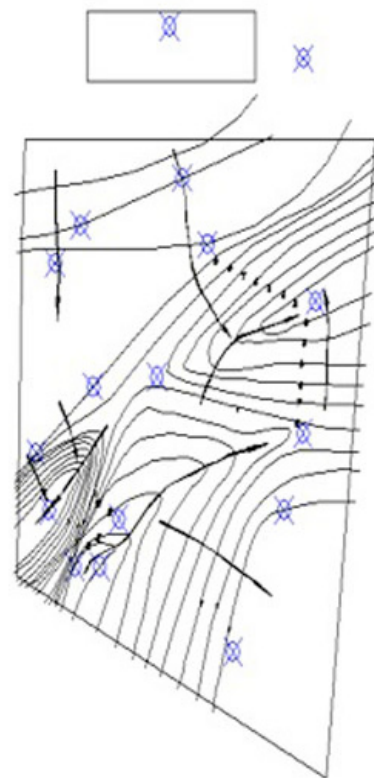


Foto No.6. Modelo potenciométrico del sitio

Seguidamente el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) inició las labores de Sellado de Fracturas en el segundo semestre del 2008 por medio de su Área de Perforación y Servicios Conexos. Esta labor fue finalizada de manera exitosa por el ICE en marzo del 2009, y se logró una disminución significativa de la permeabilidad del Acuífero Colgado en la zona contaminada, lo que fue comprobado con la disminución de los niveles en el Acuífero Colgado, razón por la que se inyectó agua artificialmente, para mantener los Hidrocarburos en suspensión, y poder facilitar su extracción mediante bombeo y filtración.

Luego de la consultoría del Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de Sao Paulo, Brasil, y al alcanzarse espesores milimétricos de la Capa Supernatante de Hidrocarburos, se implementó la filtración de la Fase Disuelta (hidrocarburo disuelto en el agua) en carbón activado (**Fig.7**), método altamente efectivo, y que permitió reinyectar el agua tratada nuevamente al Acuífero Colgado, para lo cual se controló periódicamente la calidad del agua reinyectada. Esta Técnica de Filtración de la Fase Disuelta, (a la fecha más de 1300 metros cúbicos), permite eliminar **totalmente** el Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos, PAHs y demás Hidrocarburos del agua reinyectada al Acuífero.



Foto No.7. Filtros de carbón activado

En marzo del 2009, al observarse la disminución de los espesores del Hidrocarburo Supernatante en el Acuífero Colgado, así como la disminución de las concentraciones de Hidrocarburos en Fase Disuelta, se inició la inyección de aire como técnica de remediación (oxidación y volatilización de hidrocarburos) así como mediciones de Oxígeno Disuelto como técnica de verificación con el apoyo de una universidad estatal.

En los pozos del sector este se inyectó Sulfato de Calcio para potenciar las reacciones anaeróbicas y ayudar a la degradación del Hidrocarburo.

Posteriormente entre junio y setiembre de 2009, y como producto del descenso del Hidrocarburo proveniente de la zona no saturada, y las oscilaciones estacionales del nivel de agua subterránea en el Acuífero Colgado, se observó un aumento en los espesores de Hidrocarburos en diversos pozos, principalmente aquellos cercanos al centro y costado oeste de la gasolinera.

Debido a esta situación se continuó con el bombeo del agua, realizándose la separación del agua y el Hidrocarburo en superficie, continuándose con la filtración del agua con Hidrocarburo Disuelto. Como resultado de estos trabajos los valores de contaminantes (BTEX y PAHs) en el Acuífero disminuyeron considerablemente ya que con base en los análisis realizados en diciembre del 2009, sólo la presencia de Xilenos en concentraciones inferiores a 3 ppb, estos pozos mostraron ausencia de Tolueno, Xileno y Etilbenceno, MTBE y PAHs, pero valores altos de benceno, según reportes analíticos de febrero del 2010.

En febrero del 2010 se concretó el uso combinado de la aireación del Acuífero con un compresor y una torre de desorción por burbujeo de aire (**Fig. 8**), además de los filtros de Carbón Activado y de la torre, en la zona que no se aireaban se inyectó nuevamente Sulfato de Calcio para potenciar las reacciones anaerobias de degradación del Benceno. En distintas zonas del Acuífero también se agregó Fosfato de Amonio como fuente de Nitrógeno y Fósforo para coadyuvar a la degradación bacteriana endógena.



La Comisión implementó en el año 2010 la inyección de bacterias especializadas y evaluó el uso de surfactantes en el Acuífero, como métodos de tratamiento subsiguiente.



**Foto No.8.** Torre de desorción por burbujeo de aire

Resultados analíticos del pozo AB-1089, correspondientes a muestreos realizados en diciembre del 2009 y junio del 2010, indican que las concentraciones de Hidrocarburos Totales, PAHs, MTBE y BTEX están por debajo de los límites de detección del laboratorio, y son inferiores a las concentraciones máximas admisibles según la normativa EPA, OMS y la normativa nacional sobre calidad del agua potable. Estos resultados indican que se ha limitado la conexión entre el Acuífero Colgado y el espacio anular del pozo mediante las operaciones de Sellado de Fracturas, como lo evidenciaron las pruebas hidráulicas y de permeabilidad realizadas por el ICE, por lo que se recomienda a la ESPH evaluar la conexión de éste a la red de distribución, condicionado a establecer un Plan para el Monitoreo de la Calidad de Aguas.

A la fecha del presente informe, y a un costo aproximado de 400 millones de colones (datos proporcionados por el Área de Conservación Cordillera Central), se han extraído según informe de la Unidad Ejecutora (AyA) aproximadamente 13 mil litros de hidrocarburo (Fase Libre) y más de 1 millón de litros de agua contaminada con Hidrocarburo.

## **Agradecimiento**

Un especial agradecimiento al grupo técnico de la UEN Gestión Ambiental- Área Funcional Hidrogeología, AyA-, a cargo de la MSc. Viviana Ramos S. a los Técnicos: Francisco Segura, Carlos Murillo, Elisinio Segura, Marvin Gómez, Enrique Badilla, Marvin Angulo y a la parte profesional MSc. Sofía Ramírez y MSc. Laura Castro, muchas gracias a todos por su dedicación durante estos años de trabajo en este exitoso proyecto de Remediación Ambiental. De igual manera a todos los funcionarios de la Región Metropolitana que de una u otra forma nos apoyaron incondicionalmente y ha las instituciones que participaron en este proceso de remediación.

## **Conclusiones**

- Se logró en un plazo de cinco años y medio, aproximadamente, detectar, evaluar, y remediar significativamente el impacto ambiental generado por el derrame de 30.000 litros de hidrocarburos de petróleo.
- Al final del proceso de remediación solamente fue detectada la presencia de isómeros de Xileno, de entre las sustancias reguladas por EPA, OMS y la legislación nacional.
- A excepción del Benceno, los últimos muestreos en el Acuífero Colgado certifican la ausencia de compuestos aromáticos en el agua subterránea a concentraciones que pudieran generar un riesgo a la salud humana. Persisten espesores de hidrocarburos en el Acuífero Colgado, los que deben tratarse con métodos adecuados, ya sea la continua aireación del Acuífero, o la limpieza de éstos (impregnados en la matriz de suelo y roca sobre el Acuífero) con materiales surfactantes.
- El pozo AB-1089 presenta un sellado de fracturas adecuado, que limita en gran medida el riesgo que pudiera presentar el Acuífero Colgado, que anteriormente se comunicaba con el espacio anular del pozo. Los resultados analíticos del AB-1089, correspondientes a muestreos realizados en diciembre 2009, muestran la





ausencia de Hidrocarburos de Petróleo en el Acuífero Colima. Sin embargo este pozo debe monitorearse de manera trimestral.

- Debe tomarse en consideración que al haberse sellado las fracturas alrededor del pozo AB-1089, y disminuir la concentración de sustancias tóxicas en el Acuífero Colgado, las acciones de remediación se consideran adecuadas, optimizadas, pues la continuación de las operaciones en el sitio presentan ahora ganancias ambientales marginales, al no existir comunicación entre el Acuífero Colgado y el pozo, ni haberse detectado ninguna comunicación directa de este Acuífero Colgado con aguas superficiales o subterráneas de actual aprovechamiento humano, el riesgo a la salud humana se considera ahora mínimo.

- Igualmente los piezómetros ubicados en CENADA y otras empresas privadas en los alrededores del sitio afectado, no mostraron espesores de Hidrocarburo ni concentraciones de gases inflamables, salvo la presencia ocasional en años anteriores de gases inflamables en los piezómetros ubicados en HANES y el parqueo de la Zona Franca. Afortunadamente, durante el último año estos piezómetros externos no han presentado ningún riesgo.

- El continuo monitoreo de pozos profundos en la zona de Barrial y Belén muestra que no existe contaminación por Hidrocarburos en el Acuífero Colima Superior de donde se suplen dichos pozos, aspecto que ha sido sostenido en el tiempo que duraron los trabajos de investigación y remediación, por lo que se concluye, considerando también los resultados del sellado de fracturas y análisis químico, que el impacto en el Colima Superior se limitó a la zona cercana al AB-1089, y que la comunicación se dio de manera preferencial por el espacio anular del pozo.

## Referencias bibliográficas

Barrantes, LF. 2008. **Informe final de perforación y sellado de fracturas en el Pozo AB-1089.** San José, Costa Rica: Instituto Costarricense de Electricidad.

Batista, C.; and Gouveia, S. 2008. **Apoio ao governo de Costa Rica, América Central, no caso da contaminação por hidrocarbonetos das águas subterráneas do Poço AB 1089". Relatorio No. 107569 para OPS/OMS COR.** Sao Paulo, Brasil: Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

Guilén, A. 2005. **Reporte de diagnóstico, contaminación del Pozo AB-1089.** s.l.: OPS/OMS.

Jack, J., Thomas, L. 2007. **Groundwater Pollution by Hydrocarbons in the Central Valley Aquifer,** s.n.t.

Sánchez, F. 2006. **Estudio geofísico mediante resistividad eléctrica en el área del pozo AB-1089, Barreal de Heredia.** s.n.t.

# Proyecto de sensibilización y educación ambiental vinculado al proyecto de mejoramiento ambiental del área metropolitana de San José



Rafael Barboza T.<sup>1</sup>



Mariela Espinoza M.<sup>2</sup>

## Resumen

El involucramiento de los diferentes actores en un proceso, es una realidad y necesidad que los Proyectos deben abarcar desde su etapa de formulación, diseñando una estrategia que permita abrir adecuados canales de comunicación e información, donde la transparencia y la claridad sean condiciones indispensables para obtener aceptación y aliar nuevos grupos a la dinámica del Proyecto.

Bajo este marco, el Proyecto de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José, plantea una estrategia de comunicación integral donde los diferentes sectores de la sociedad sean incluidos y se les envíe un mensaje basado en la necesidad del saneamiento como motor de desarrollo y de calidad de vida.

Apostando a la sensibilización como una acción primordial para lograr la sostenibilidad del Sistema de Alcantarillado Sanitario Metropolitano, se inicia con este proceso incluyendo a una población meta claramente identificada y caracterizada con anterioridad. Para esta sensibilización se utiliza una técnica interactiva de talleres, donde la temática de aguas residuales

<sup>1</sup> Ing. Civil, M.Sc. en Gerencia de Proyectos. Director Ambiental, Unidad Ejecutora AyA-JBIC. rbarboza@aya.go.cr

<sup>2</sup> Licenciada en Sociología, Unidad Técnica Ambiental, Unidad Ejecutora AyA-JBIC. marespinoza@aya.go.cr

es abarcada de una manera dinámica y atractiva, favoreciendo la integración comunal y la concepción de la contaminación por desechos líquidos como un problema que amerita una intervención inmediata, pero principalmente, creando conciencia de que cada uno en su quehacer es generador del problema y por lo tanto tiene una responsabilidad ambiental.

**Palabras claves:** Alcantarillado sanitario, saneamiento ambiental, sensibilización, educación ambiental, talleres interactivos, Proyecto de Mejoramiento Ambiental de San José

## Abstract

The involvement of different stakeholders in a process, is a reality and necessity that should cover projects from the drawing board, designing a suitable strategy to open channels of communication and information, where transparency and clarity are prerequisites for ally accepted and new groups to the dynamics of the project.

Under this framework, the Environmental Improvement Project San José metropolitan area, poses a comprehensive communication strategy where the different sectors of society are included and send them a message based on the need for sanitation as an engine of development and quality of life.

Committed to raising awareness as an essential



action to ensure the sustainability of Metropolitan Sewerage System, begins with this process including a clearly identified target population and characterized previously. To raise consciousness technique is used interactive workshops, where the subject of wastewater is comprised of a dynamic and engaging way, encouraging community integration and design of liquid waste pollution as a problem that warrants immediate action, but mainly by raising awareness of everyone in his work is generating the problem and therefore has an environmental responsibility.

**Keywords:** Sanitary sewer, sanitation, awareness, environmental education, interactive workshops, Environmental Improvement Project San Jose

### **Proyecto de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José**

En octubre del 2006, mediante la Ley N°8559, se aprobó el Contrato de Préstamo con el Banco Japonés para la Cooperación Internacional, con el cual se financia una de las obras más importantes y requeridas en el Área Metropolitana de San José, para poder atender la creciente necesidad de una solución de saneamiento.

Este importante Proyecto es un medio para mejorar las condiciones ambientales y de salud pública de esta Área, deterioradas por la descarga directa en los ríos de aguas residuales sin tratamiento, esto se logrará mediante la rehabilitación y extensión del Sistema de Alcantarillado Sanitario y la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que cubra la demanda del servicio para aproximadamente 1,070,000 habitantes en el año 2015.

La inversión para contar con una opción de saneamiento es de aproximadamente \$ 290 millones de dólares, que se traduce en un importante reto para el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, el que por medio de la Unidad Ejecutora AyA-JBIC lidera este Proyecto.

La sostenibilidad de éste es una condición que debe ser garantizada, para lo cual dentro de la Unidad Ejecutora, con el soporte de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), se implementa el Subprograma de Sensibilización que se concibe como respuesta a una inquietud sobre la limitada disposición a pagar un incremento tarifario en el servicio de alcantarillado sanitario.

Dentro de los alcances se contempla sensibilizar a las comunidades meta, sobre los beneficios directos en la salud pública a consecuencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y la rehabilitación y ampliación del área de cobertura de colectores y subcolectores, y a la vez informar adecuadamente de las inversiones que realiza AyA en materia de saneamiento y como se van afectar las tarifas que deben pagar los usuarios.

### **Subproyecto de sensibilización**

Este Subproyecto busca poner énfasis en la responsabilidad, que todas y todos tenemos en la disposición adecuada de los desechos líquidos y el pago de la tarifa correspondiente a este servicio.

Para empezar con este Subprograma se consideraron indicadores importantes como población, caracterización social, económica, desarrollo social, como resultado de este análisis, se eligieron tres comunidades como plan piloto, específicamente: Dos Cercas del Cantón de Desamparados, Tirrases del Cantón de Curridabat y San Juan de Tibás

Se buscó involucrar a la mayor cantidad de personas que habitan en las zonas seleccionadas, para lo que se contempló implementar estrategias dirigidas a niños y niñas, así como a las personas adultas a través de métodos informales por medio de talleres participativos.

Así mismo, se produce un acto cultural, la obra de teatro "La última gota de agua", la cual complementa los contenidos trabajados durante el taller y refuerza conceptos tales como aguas residuales, alcantarillado sanitario, Planta de Tratamiento, así como la responsabilidad social que cada persona tiene en la disposición de desechos líquidos y el aporte económico

tarifario para solventar los gastos de inversión, construcción y operación del sistema.

### **Objetivos de los talleres de sensibilización**

- Convocar a la población de las tres comunidades piloto con el propósito de analizar la forma en que actualmente se están vertiendo sus aguas residuales y las consecuencias que esto conlleva para la salud pública y el ambiente.
- Sensibilizar a las comunidades sobre los beneficios directos en la salud pública al operar la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y la rehabilitación y ampliación del área de cobertura de colectores y subcolectores.
- Analizar y concientizar sobre la responsabilidad que tenemos las personas en la producción de aguas residuales y su disposición final.
- Desarrollar en conjunto con la población participante, una visión y criterios sobre la importancia de trabajar con metodologías participativas para la implementación de un Proyecto y establecer las alianzas necesarias antes, durante y después de implementado el Proyecto.
- Facilitar a la población participante información referente al Proyecto con el fin de que la misma comunidad pueda trabajar como ente divulgador y apoyar los avances respectivos.
- Informar adecuadamente a la población el costo de las inversiones que realiza AyA en materia de saneamiento y como se va a reflejar en el aumento de las tarifas que deben pagar los usuarios (as).

### **Metodología de trabajo**

La metodología utilizada para el Subproyecto, se centró en el desarrollo de talleres participativos, con los cuales se buscó promover conceptos de higiene, saneamiento y la importancia de la participación comunitaria en la ejecución del Proyecto. Con la implementación de las actividades del taller se promueve la conciencia y la

comprensión de la situación actual en materia de salud y contaminación ambiental por las aguas residuales y la necesidad de mejorar la situación. Tiene como principio fundamental que si no hay conciencia y comprensión del problema, no habrá cambios perdurables en los comportamientos y hábitos de las personas.

La estrategia para la selección de las comunidades empezó con una priorización basada en el desarrollo socioeconómico de los diferentes distritos, utilizando el Índice de desarrollo social, calculado por el Ministerio de Planificación, también se utilizaron como criterios, la densidad de población y el grado de organización comunal.

Una vez seleccionadas las comunidades, se realiza un plan piloto en los distritos de San Juan de Tibás, Dos Cercas de Desamparados y Tirrasas de Curridabat, donde previo conocimiento detallado de la zona y basados en un perfil de zonaje, para conocer las condiciones, expectativas y conocimientos, se procede al diseño de las actividades que componen las que se mencionan a continuación.

Actividades contempladas en los talleres:

- Introducción del Proyecto y aspectos generales, así como los avances de éste.
- Presentación del problema de la disposición de las aguas residuales mediante un video editado para este fin.
- Trabajo en grupo para reflexionar sobre los cambios que la comunidad ha tenido en el transcurso de los años y plenaria para discusión de las posiciones de cada sub grupo.
- Explicación de la operación de la Planta de Tratamiento por medio de la maqueta de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Se refuerzan los conceptos principales del Proyecto con el juego de la ruleta.
- Demostración de jabones a partir de aceites usados.
- Cierre de la actividad y evaluación con opinión de las y los participantes.



## Resultados de la aplicación de los talleres

La heterogeneidad de participantes en los talleres fue una característica esencial, ya que permitió diversos aportes. En la comunidad de Dos Cercas de Desamparados, se contó con la mayor cantidad de participantes de las tres zonas, donde es importante señalar la presencia de líderes comunales y grupos organizados, con respecto a la zona de San Juan, vemos que una cantidad importante de personas atendieron la invitación, la participación fue principalmente de adultos (as) mayores, representantes de organizaciones o asociaciones y jóvenes pertenecientes al grupo de guías y scouts de Tibás.

La comunidad de Tirrases manifestó un menor interés a la convocatoria realizada, ya que solamente se contó con la presencia de 26 personas de la localidad, algunos líderes comunales y vecinos (as). Esto indica la baja consolidación de grupos comunales organizados en este sector y el bajo compromiso para solucionar problemas presentes en la zona, por ejemplo, las condiciones ambientales.

De las personas que asistieron a los talleres se mantiene una lista con datos personales que nos facilita futuros contactos para actividades, se hizo entrega de materiales correspondientes al Proyecto, tales como despleables, avances, folleto que explica la importancia del tratamiento de las aguas residuales, signos externos del Proyecto, entre otros.

El material de apoyo fue explicado antes de iniciar las actividades, con el fin de lograr comprender su contenido, esto propició que las y los participantes centraran su atención en lo entregado y aclararan sus dudas.

Para iniciar la sesión de trabajo se realiza la presentación del Video “¿Por qué es necesario un sistema de tratamiento de las aguas residuales?”. Mediante esta técnica se explicó de forma sencilla cómo se producen las aguas residuales diariamente, además enfoca la necesidad de contar con un sistema adecuado para recolectar los desechos líquidos y tratarlos correctamente antes de su disposición final. Otro aspecto

que es relevante de este video es el enfoque de la solidaridad en el pago para disminuir los costos, en este punto las personas participantes mostraron gran interés, ya que reconocen su responsabilidad en pagar por los desechos que producen diariamente desde sus hogares.



Foto No.1. Taller sensibilización Dos Cercas, Desamparados, 2010

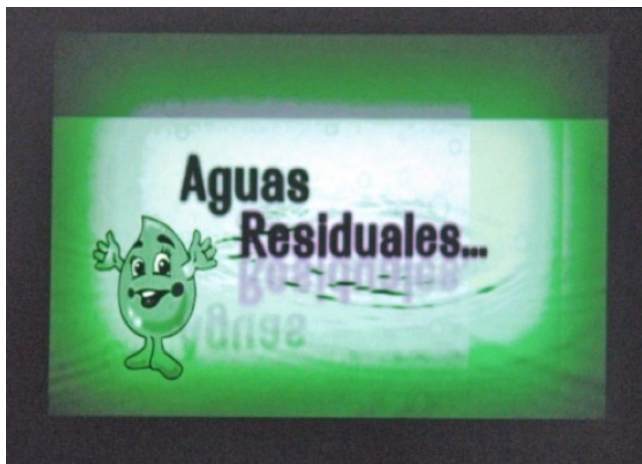


Foto No.2. Video Educativo Proyecto de Mejoramiento Ambiental

Posterior a la presentación del video se abrió un espacio para comentarios, donde las y los participantes externaron lo siguiente:

- Permite ver la realidad sobre la contaminación ambiental producto de las aguas residuales, además debe ser mejorado para las generaciones futuras.
- Expone un mensaje claro sobre el peligro de enfermedades que pueden generarse con las aguas contaminadas.

- Explica aspectos tales como la cantidad de agua que cada persona utiliza diariamente y contamina sin pensar a dónde van a caer.
- Señala que cada usuario tiene el deber de pagar por los servicios que utiliza y necesita.

A partir de la discusión generada con esta actividad se trabajó mediante tres grupos en un análisis de la realidad local en cuanto al crecimiento de la población, cambios en infraestructura, consolidación de grupos organizados, entre otros; esto con el propósito que visualizaran la comunidad como era antes, como es actualmente y como la visualizan en el futuro para conocer los diferentes escenarios. Al trabajar con grupos diferentes, se obtuvieron productos variados entre los talleres.

Por ejemplo, en Dos Cercas cada grupo realizó la recreación de su comunidad de acuerdo con lo solicitado, donde se vio representada una discusión grupal y expresión de la creatividad, tal como se visualiza en las fotografías:



Foto No.3. Trabajo comunal, Aprendiendo haciendo, Desamparados, 2010



Foto No.4. Exposición de resultados, taller Dos Cercas Desamparados, 2010

Los grupos se identificaron con la construcción de la Planta de Tratamiento para solucionar la problemática de las aguas residuales y visualizan la zona en 10 años como un sitio organizado, con edificaciones como el EBAIS, con un tratamiento adecuado para las aguas residuales, entre otros aspectos.

Los asistentes plantean los problemas existentes en la comunidad, sin embargo, presentan dificultad para pensar en posibles soluciones o estrategias para mejorarlas, así como posibles responsables.

Para el caso de San Juan enfocan como principales el Sistema de Recolección de Basura, contaminación de ríos, crecimiento desordenado de la población, colapso del Sistema de Alcantarillado Sanitario y malos olores, entre otros, presentan a una comunidad con problemas de organización y escaso apoyo por parte de las autoridades municipales, además de la falta de conciencia y responsabilidad por parte de la población en temas ambientales. Señalan la importancia de educar a la población joven y adulta del cantón sobre formas de mejorar el ambiente.

Proyectan a la comunidad en 10 años como una zona que reúna las condiciones ambientales, de infraestructura y organizacionales óptimas para vivir.

Ejemplifican el Sistema de Recolección de las Aguas Residuales y la Planta de Tratamiento, mostrando



la forma en la que la población se beneficiará con el Proyecto. Las siguientes imágenes muestran el trabajo realizado por las personas participantes en esta actividad.



Foto No.5. Trabajo grupal, Tibás, 2010



Foto No.6. Exposición de resultados, taller San Juan Tibás, 2010

Esta misma actividad se desarrolló con el grupo de participantes de Tirrasés, quienes visualizan a la comunidad como un área con grandes problemáticas tales como: las aguas residuales que se desbordan por calles y aceras, el abastecimiento de agua potable es deficiente, ríos contaminados, gran cantidad de desechos sólidos e inseguridad ciudadana, entre otros. Manifiestan que un obstáculo que tiene la población para solucionar esos problemas es la mala organización comunal y la cultura de tirar basura en calles y ríos,

además señalan que al ser señalados socialmente como una zona marginal no hay respuesta ni inversión por parte de la Municipalidad y el Gobierno para apoyar en las mejoras de la localidad.

En esta zona hay un aspecto muy importante de señalar, se logró presenciar un marcado desinterés de la población por informarse sobre temáticas ambientales, lo cual se vio reflejado en la poca cantidad de asistentes a la actividad. No obstante, a pesar de la poca participación en el taller, se logró discutir la realidad actual, y quienes asistieron trabajaron proyectando cómo se verá la comunidad con la ejecución del Proyecto con un sistema adecuado de alcantarillado y la planta para tratar las aguas.



Foto No.7. Trabajo grupal, Tirrasés, 2010

Además con la demostración por medio de la maqueta conceptual de cómo operará la Planta de Tratamiento se logró presenciar en las tres comunidades gran interés por comprender el proceso. Esta actividad permitió explicar a las personas participantes un tema técnico y complejo como lo es, el funcionamiento de una Planta de Tratamiento de una forma más sencilla y dinámica. Se considera que con la maqueta la población logró comprender con mayor detalle la forma en la que funcionará la que se va a construir para el Proyecto.





así como una guía de hábitos que es importante modificar para mejorar el ambiente.

Lo importante en esta actividad fue que las personas comprendieran que es necesario disponer de un desecho como es el aceite de una manera responsable y una forma de reutilizarlo es mediante la confección de jabón.



Foto No.12. Muestra de jabón realizado con aceite usado, 2010



Foto No.13. Receta para la preparación de jabones

Luego de desarrollar varias dinámicas con las y los participantes, se procedió a conocer la percepción de la comunidad con respecto a los temas trabajados durante la sesión, con el fin de incorporar las recomendaciones. Para esto se realizó una actividad de cierre, lo que resultó muy provechoso para escuchar las recomendaciones y aprendizajes obtenidos por las y los participantes, esto junto con las evaluaciones permitió realizar los ajustes

necesarios a ciertos aspectos que estuvieron débiles en el desarrollo de las actividades.

Se presencia gran anuencia de las personas a continuar participando en procesos de capacitación comunitaria ya que consideran que la temática es de su interés y que es necesario que la comunidad se una para resolver la problemática de las aguas residuales. Consideran que adquirieron nuevos conocimientos con el taller, esto posteriormente será evaluado en una encuesta que se aplicará en la zona de interés, con el fin de medir estos conocimientos.

### Evaluación de resultados

Por su parte, con la evaluación de los resultados de los talleres se logró visualizar el cumplimiento de los objetivos planteados en plan de trabajo del Subproyecto de Sensibilización. Algunos de los resultados de la evaluación se mencionan a continuación:

- El 100% de la población atendida calificó el material distribuido como apropiado, señalan que se ajusta a las actividades que se desarrollan, que es claro y sencillo para toda la población.
- Las expectativas de esta población fueron superadas, en sus comentarios indican que tanto las actividades desarrolladas, como los contenidos de las presentaciones y los trabajos grupales fueron de gran provecho para adquirir nuevos conocimientos. Además, señalan que se sienten satisfechos (as) con el taller y que lograron comprender de mejor forma el Sistema de Alcantarillado Sanitario y el Proceso de Tratamiento de las Aguas mediante la Planta de Tratamiento.

• Uno de los aspectos que con mayor frecuencia señalan como nuevo conocimiento, es la elaboración de jabón a partir de aceites usados, se capta gran interés con esta actividad por lo que se motiva a las personas a continuar confeccionando jabón en su comunidad. Algo más que señalaron como nuevo conocimiento es la responsabilidad que se adquiere con el medio ambiente siendo más conscientes de los hábitos que tienen y buscar la forma de cambiarlos.

- A una gran cantidad de participantes les llamó la atención el dato de la cantidad promedio de agua que una persona gasta por día, así como el concepto de aguas residuales que era desconocido para algunas personas, además de los diferentes hábitos para mejorar el medio ambiente.

- El 93% de los participantes se consideran más responsables con el medio ambiente luego de haber asistido al taller, el cambio de mentalidad después de las actividades se enfoca a mayor responsabilidad con el ambiente. A partir de la sesión apuntan que hay un cambio de mentalidad y que es necesario hacer cambios para mejorar el ambiente y la calidad de vida.

- Al conocerse la satisfacción por parte de esta población, el 97%, es decir la mayoría de los presentes opinan que es importante seguir participando en actividades de este tipo para actualizar sus conocimientos.

Algunos puntos importantes que se pueden destacar con la realización de los talleres son los siguientes:

- Con la ejecución del Subproyecto se cuenta con personas de las comunidades informadas sobre el Proyecto, sus beneficios y alcances.

- Comunidades sensibilizadas sobre la responsabilidad en la producción de aguas residuales y el papel que cumplen al disponerlas adecuadamente.

- Se establecieron alianzas con informantes claves de la comunidad, así como diferentes líderes.

- Comunidades comprometidas con la divulgación del Proyecto y la importancia de apoyar este tipo de actividades.

- Poblaciones conscientes de la responsabilidad de pagar por servicios de calidad y que mejoren las condiciones actuales.

## Obra de teatro “La Última gota de agua”

“La Última Gota de Agua” es un espectáculo multimedia producido por Teatro Electroshock, cuenta la historia de Pedro, un hombre de 35 años, el cual se encuentra hospitalizado debido a las diversas enfermedades que le han producido la contaminación ambiental, por sus propios desórdenes, la falta de aseo en el hogar, entre otros factores.

Pedro recibirá la visita de un personaje muy especial, el cual le hará reflexionar acerca de las consecuencias que sufre por su falta de consciencia y su inadecuada disposición de las aguas residuales, además de cómo poco a poco vamos perdiendo recursos tan valiosos, como el recurso hídrico, por mencionar alguno de los tantos que el hombre con sus conductas está destruyendo.



Foto No.14. Obra de teatro “La última gota de agua”



Foto No.15. Público de la obra, tibás, 2010



Este taller se dirigió a docentes de los centros educativos que se ubican en el Área de Impacto del Proyecto de Mejoramiento Ambiental del Área Metropolitana de San José, con el fin de proporcionar un instrumento de trabajo en un tema de tanta trascendencia para la salud y la calidad de vida de la población, como es el de contar con servicios de saneamiento adecuados.

Se llevó a cabo una guía didáctica, con el objetivo de sensibilizar a docentes y estudiantes sobre la problemática de la producción de las aguas residuales sin tratamiento y la responsabilidad que tenemos en la disposición final. Por tanto, viene a ser un material de apoyo en los centros educativos para abordar con actividades dinámicas el tema del mejoramiento ambiental centrado en el tratamiento adecuado de los desechos líquidos; su aplicación es sencilla y puede adaptarse a la población escolar de diferentes niveles y asignaturas.

Se realizaron varias actividades que permitieron guiar primero a una reflexión del problema y poder ubicarlo desde cada especialidad profesional para llevarlo a las aulas.

Algunas de las actividades desarrolladas se centraron en las siguientes ideas:

1. Los y las estudiantes llevan una gota de agua a través de un laberinto de tuberías de drenaje para aprender en qué forma afectamos la calidad del agua y el proceso de tratamiento que es necesario para mejorar su condición antes de su disposición final.

2. Analizar los resultados de un simulacro para comprender que el agua es un recurso compartido y que debe administrarse adecuadamente, además podrán visualizar cómo en el proceso de la utilización del agua ésta se ensucia y es desechada.

3. Con un juego de dados, las y los estudiantes simularán el movimiento del agua dentro del ciclo del agua y podrán observar como durante el ciclo el agua recibe contaminantes y sólo puede purificarse.



Foto No.16. Taller con docentes, Dirección Regional de Desamparados, 2010



Foto No.17. Actividad "El agua asombrosa", Taller de docentes, 2010

La experiencia compartida por los docentes es muy satisfactoria, ya que pudieron innovar en sus salones de clases, con técnicas interactivas que refuerzan el proceso de enseñanza aprendizaje y con un visible proceso de sensibilización de los estudiantes en materia de saneamiento.

## Costos del subproyecto

Esta actividad ha sido financiada por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón JICA, y ejecutada por la Unidad Técnica Ambiental de la Unidad Ejecutora AyA-JBIC, donde el equipo conformado por dos ingenieros, dos sociólogas y una relacionista pública, en compañía con los consultores de JICA, han desarrollado este programa que tiene un costo de US\$60.000,



que han sido utilizados para la compra los diferentes materiales, edición de videos educativos, confección de maqueta de Sistema de Tratamiento, creación de la página web [www.mejoramientoambiental.com](http://www.mejoramientoambiental.com), así como todos los insumos y logística de los talleres y actividades de sensibilización en las comunidades.

## Conclusiones

La experiencia de trabajar con grupos sociales demuestra que deben ser considerados dentro de la concepción de cada Proyecto, es importante que las Instituciones se abran hacia sus clientes y se establezcan los canales de comunicación adecuados, para sensibilizar y educar acerca de la importancia, en este caso, del Sistema de Alcantarillado Sanitario.

Cuando se involucran las comunidades en la consecución de objetivos, se garantiza la sostenibilidad de la solución planteada, cuando se logra interiorizar la necesidad de mejora, se logra crear alianzas perdurables, por lo tanto, cualquier acercamiento con las y los involucrados trae excelentes resultados y nos posiciona positivamente como la Institución que tiene una misión: dotar de servicios de calidad.

Este contacto y la creación de alianzas es fundamental para la sostenibilidad del Sistema de Alcantarillado Sanitario relacionado con la disposición de pago de una tarifa, cuando inicie la prestación de servicio.





# Gestión Administrativa

Capacitación UEN Gestión de ASADAS. Fotografía Sr. Jorge Soto





# Estrés laboral



Juan Manuel Sánchez<sup>1</sup>

## Antecedentes históricos del estrés

El concepto de estrés se remonta a la década de 1930, cuando un joven austriaco de 20 años de edad, estudiante de segundo año de la carrera de Medicina en la Universidad de Praga, Hans Selye, hijo del cirujano austriaco Hugo Selye, observó que todos los enfermos a quienes estudiaba, indistintamente de la enfermedad que padecían, presentaban síntomas comunes y generales: cansancio, pérdida del apetito, baja de peso, astenia, etc. Esto llamó mucho la atención de Selye, quien lo denominó el “Síndrome de estar enfermo”.

Hans Selye se graduó como médico y posteriormente realizó un Doctorado en Química Orgánica en su universidad. Con una beca de la Fundación Rockefeller se trasladó a la Universidad John Hopkins, en Baltimore, EE.UU., para realizar un postdoctorado cuya segunda mitad la efectuó en Montreal, Canadá, en la Escuela de Medicina de la Universidad McGill. Aquí desarrolló sus famosos experimentos del ejercicio físico extenuante, con ratas de laboratorio con las que comprobó la elevación de las hormonas suprarrenales (ACTH, adrenalina y noradrenalina), la atrofia del Sistema Linfático y la presencia de úlceras gástricas. Al conjunto de estas alteraciones orgánicas, el Doctor Selye las denominó “estrés biológico”. Consideró entonces que varias enfermedades desconocidas como las cardíacas, la hipertensión arterial y los trastornos

emocionales o mentales no eran sino la resultante de cambios fisiológicos debidos a un prolongado estrés en los órganos de choque mencionados y que estas alteraciones podrían estar predeterminadas genética o constitucionalmente.

Sin embargo, al continuar con sus investigaciones, descubrió, que no solamente los agentes físicos nocivos actuando directamente sobre el organismo animal son productores de estrés, sino que, además, en el caso del ser humano, las demandas de carácter social y las amenazas del entorno del individuo que requieren de capacidad de adaptación provocan el trastorno del estrés. A partir de ahí, el estrés ha involucrado en su estudio la participación de varias disciplinas médicas, biológicas y psicológicas, con la aplicación de tecnologías diversas y avanzadas.

## Concepto de estrés

Hay varias definiciones para el término estrés. Aquí se tienen algunas:

Ortega Villalobos (1999), indica que hace más de medio siglo, Hans Selye (1956) definió el estrés ante la Organización Mundial de la Salud, como: “la respuesta no específica del organismo a cualquier demanda del exterior” y “el estado que se produce por un síndrome específico que consiste en todos los cambios no específicos que se inducen dentro de un sistema fisiológico”.

<sup>1</sup> Lic. Administración de Negocios con Énfasis en Recursos Humanos.  
Dirección Gestión de Capital Humano AyA.  
jmsanchez@aya.go.cr





El término, proveniente del idioma inglés, ha sido incorporado rápidamente a todos los idiomas; la idea, el nombre y el concepto se han alojado fácilmente en la conciencia popular.

Por su parte, el Dr. Julián Melgosa (1997), define el estrés como “La reacción que tiene el organismo ante cualquier demanda, es un estado de fuerte tensión psicológica, es la preparación para el ataque o huida, además tiene dos componentes: los agentes estresantes o estresores, que son las circunstancias del entorno que lo producen y las respuestas al estrés, que son las reacciones del individuo ante los mencionados agentes”.

Además, Guerrero Barona (1999) expone otras definiciones:

El estrés se origina a partir de estímulos físicos y sociales que someten a las personas a demandas que no pueden satisfacer de forma adecuada al tiempo que perciben las necesidades de satisfacerla. Se produce entonces un desajuste entre demandas ambientales y recursos disponibles.

Lazarus y Folkman (1984) definen el estrés como conjunto de relaciones particulares entre la persona y la situación, siendo la situación valorada como algo que grava o excede sus propios recursos y pone en peligro su bienestar personal. Enfatizan los factores psicológicos o cognitivos y el proceso de evaluación.

El estrés es un fenómeno complejo que implica estímulos, respuestas y procesos psicológicos que median entre ambos, supone un estado del organismo caracterizado por el sobreesfuerzo, es un proceso dinámico que involucra diferentes variables que funcionan a diferentes niveles e interaccionan entre sí: agentes internos y externos, procesos de evaluación cognitiva, estrategias de afrontamiento, respuestas psicológicas y fisiológicas (reacción de estrés), variables moduladoras asociadas a elementos predisposicionales (tipo de personalidad) y elementos demográficos (sexo, edad.)

## Fisiopatología del estrés

En la descripción de la enfermedad, a la que Selye llamó “Síndrome de adaptación general” (1956), según lo señala Ortega Villalobos (1999), se identifican por lo menos las siguientes tres fases en el modo de producción del estrés:

### Reacción de alarma

El organismo, amenazado por las circunstancias, se altera fisiológicamente por la activación de una serie de glándulas, especialmente en el hipotálamo y la hipófisis, ubicada en la parte inferior del cerebro, y por las glándulas suprarrenales localizadas sobre los riñones en la zona posterior de la cavidad abdominal.

El cerebro, al detectar la amenaza o riesgo, estimula al hipotálamo, que produce “factores liberadores”, los cuales constituyen sustancias específicas que actúan como mensajeros para zonas corporales también específicas. Una de estas sustancias es la hormona denominada A.C.T.H. (Adrenal Córtilico Trópica Hormone) que funciona como un mensajero fisiológico que viaja por el torrente sanguíneo hasta la corteza de la glándula suprarrenal, que, bajo el influjo de tal mensaje, produce la cortisona u otras hormonas llamadas corticoides.

A su vez, otro mensaje que viaja por la vía nerviosa desde el hipotálamo hasta la médula suprarrenal, activa la secreción de adrenalina, estas hormonas son las responsables de las reacciones orgánicas en toda la economía corporal.

### Estado de resistencia

Cuando un individuo es sometido en forma prolongada a la amenaza de agentes lesivos físicos, químicos, biológicos o sociales, el organismo, si bien prosigue su adaptación a dichas demandas de manera progresiva, puede ocurrir que disminuyan sus capacidades de respuesta debido a la fatiga que se produce en las glándulas del estrés. Durante esta fase, suele ocurrir un equilibrio dinámico u homeostasis entre el medio ambiente interno y externo del individuo.

Así, si el organismo tiene la capacidad para resistir mucho tiempo, no hay problema alguno; en caso contrario, sin duda avanzará a la fase siguiente.

### **Fase de agotamiento**

La disminución progresiva del organismo frente a una situación de estrés prolongado conduce a un estado de gran deterioro, con pérdida importante de las capacidades fisiológicas; con ello sobreviene la fase de agotamiento, en la cual, el sujeto suele sucumbir ante las demandas, pues se reducen al mínimo sus capacidades de adaptación e interrelación con el medio.

Guerrero Barona (1999), menciona que existen algunas teorías complementarias que refuerzan un poco más el entendimiento sobre el tema, las cuales pueden ser agrupadas en tres bloques, según se considere el estrés como una respuesta, como un estímulo, o como un proceso interactivo entre la persona y el medio.

### **Teorías basadas en la respuesta**

Según Selye (1956), ocurre estrés cuando existe una alteración en el equilibrio del organismo causada por la acción de un agente externo o interno, y el organismo reacciona ante esto de forma extraordinaria para restaurar dicho equilibrio. Esta respuesta de estrés está constituida por un mecanismo tripartito que se denomina SGA (Síndrome General de Adaptación) que incluye tres etapas: reacción de alarma, etapa de resistencia y etapa de agotamiento.

Esta teoría presenta algunas limitaciones. Por una parte, no es operativa ni está formulada de manera científica; y por otra, define el estresor de manera redundante y circular, esto es, el estresor es un estímulo que produce estrés.

De acuerdo con esta teoría, el estrés se produce cuando ocurre una alteración en el equilibrio interno del organismo y éste reacciona de forma extraordinaria realizando un esfuerzo para contrarrestar el desequilibrio. La respuesta de estrés es por tanto extraordinaria, fundamentalmente a nivel fisiológico, implicando un

esfuerzo y produciendo una sensación subjetiva de tensión ante cualquier demanda. Así, ante la presencia de estímulos intensos o de duración prolongada, se producirá una hiperactividad homeostática que se traducirá en cambios fisiológicos (elevación de la tasa cardíaca, descargas hormonales, etc.)

En manuales y tratados de psicología es frecuente encontrar el concepto de estrés positivo o eustrés, entendido como una respuesta de adaptación ante situaciones amenazantes, necesaria para adaptarse adecuadamente a requisitos vitales (punto de vista coincidente con el de Selye). Como contrapartida, se utiliza el término distrés o estrés negativo para referirse al fracaso de la adaptación anteriormente comentada, el distrés va unido a sentimientos de frustración, inseguridad, y desesperanza.

### **Teorías basadas en el estímulo**

Como lo indica Guerrero Barona (1999), en contraste con las teorías centradas en las respuestas, el estrés se explica aludiendo a los estímulos ambientales externos al sujeto o estresores, y se interpreta que éstos perturban o alteran el funcionamiento del organismo, donde se distinguen dos tipos principales de estresores:

Psicosociales: son situaciones que no causan directamente la respuesta de estrés, sino que se convierten en estresores mediante la interpretación cognitiva o del significado que la persona le asigna.

Biológicos: son estímulos que se convierten en estresores por su capacidad para producir cambios bioquímicos o eléctricos en el organismo que facilitan por sí mismos la respuesta de estrés, por ejemplo, exponerse a ruido intenso, tomar una taza de café, etc.

El problema que presenta esta teoría es la delimitación de las situaciones que pueden ser consideradas estresantes, una situación puede ser muy estresante para una persona pero muy poco o nada para otra.

La teoría basada en el estímulo se sitúa dentro de la perspectiva que en psicopatología se conoce con el



nombre de Enfoque Psicosocial o de los Sucesos Vitales y ha tenido gran influencia en las últimas décadas.

## Teorías interaccionales

Para Guerrero Barona (1999), estas teorías enfatizan el papel de los factores cognitivos (pensamientos, ideas, creencias, actitudes, etc.). Estos factores median la relación entre los estímulos (estresores) y las respuestas de estrés. El máximo representante de esta teoría del estrés es Richard S. Lazarus. Según sus partidarios, el estrés es un proceso interaccional, una relación particular entre la persona y la situación, que se produce cuando la persona valora que las demandas gravan o exceden sus recursos de ajuste y hacen que peligre su bienestar, una definición equivalente propone que el estrés en sí mismo no es una variable simple, sino un sistema de procesos interdependientes, individuales en la evaluación y en el afrontamiento que median en la frecuencia, la intensidad, la duración y el tipo de respuestas psicológicas y somáticas.

Guerrero Barona (1999), citando a Lazarus y Folkman (1984) dice que el estrés es un conjunto de relaciones particulares entre la persona y la situación, siendo ésta valorada por la persona, como algo que grava o excede sus propios recursos y que pone en peligro su propio bienestar personal. Es una relación dinámica y bidireccional entre la persona y el entorno.

Dos conceptos fundamentales en esta teoría son la evaluación y el afrontamiento. La evaluación es definida como el mediador cognitivo de las reacciones de estrés, de las respuestas personales a los estímulos relevantes, y es un proceso por medio del cual, los sujetos valoran la situación, lo que está ocurriendo todo ello relacionado con el bienestar personal del sujeto, según estos autores, existen tres tipos de evaluación: primaria, secundaria y terciaria (afrontamiento).

La evaluación primaria, se centra en las demandas de la situación y consiste en analizar si el hecho es positivo o no, si es relevante y sus consecuencias. En definitiva, responde a la pregunta ¿qué significa esto para mí? El resultado de esta evaluación será determinante para

que el suceso sea considerado bueno o malo, relevante o irrelevante, amenazante o no.

La evaluación secundaria, tiene como objeto el análisis y la valoración de la capacidad del propio sujeto para afrontar el suceso que acaba de evaluar. La valoración de los recursos personales determina en gran medida que el individuo se sienta asustado, desafiado u optimista. Tiene que ver con la evaluación de los propios recursos y en ella juegan un papel esencial los pensamientos anticipatorios. La historia previa de afrontamiento frente a situaciones similares y el resultado exitoso o no de la ejecución de cualesquiera de las estrategias utilizadas determinan el resultado.

Por último, la evaluación terciaria es el afrontamiento o estrategia de coping, esto es, la acción y ejecución de una estrategia previamente elaborada.

Lazarus y Folkman (1984), describen el afrontamiento o coping como aquellos procesos conductuales y cognitivos constantemente cambiantes que se desarrollan para mejorar las demandas específicas internas y externas que son evaluadas como excedentes o desbordantes de las respuestas del individuo. Se entiende el afrontamiento en función de lo que la persona piensa o hace y no en términos de su eficacia o resultados. Para estos autores existen dos tipos de estrategias de afrontamiento, la de resolución de problemas y la de regulación emocional. La primera estaría dirigida a manipular o alterar el problema que está causando el malestar o a incrementar los recursos para hacer frente al problema, por ejemplo diseñando un nuevo método de solución de problemas o buscando ayuda de un profesional. La estrategia de regulación emocional estaría centrada en la emoción, en reducir el distrés asociado a la situación. La gente empleará este segundo tipo de estrategia cuando experimente que el estresor es algo perdurable o inmodificable como la muerte de un ser querido. Ejemplos de este tipo de estrategias son: llorar, distraerse, dormir, beber, etc.

Lo que diferencia el Modelo Interaccional de las otras aproximaciones teóricas es la gran relevancia que se le asigna a la evaluación cognitiva que en gran

medida, es la principal responsable de que la situación potencialmente estresante llegue o no a producir estrés en el sujeto y considera al individuo como parte activa en el proceso, interactuando con el medio ecológico.

### **Enfermedades por estrés**

De acuerdo con Ortega Villalobos (1999), la práctica médica ha constatado por años las enfermedades producto del estrés. Los estilos de vida actuales son cada día más demandantes, lo que lleva al hombre moderno a incrementar notablemente sus cargas tensionales, y que se produzca en él la aparición de diversas patologías.

Las enfermedades que sobrevienen a consecuencia del estrés pueden clasificarse en dos grandes grupos:

### **Enfermedades por estrés agudo**

Aparecen en los casos de exposición breve e intensa a los agentes lesivos, en situaciones de gran demanda que el individuo debe solucionar; aparece en forma súbita, evidente, fácil de identificar y generalmente es reversible. Las enfermedades que habitualmente se presentan son:

- Úlcera por estrés
- Estados de shock
- Neurosis postraumática
- Neurosis obstétrica
- Estado postquirúrgico

### **Patologías por estrés crónico**

La persistencia del individuo ante los agentes estresantes durante meses o aun años, produce enfermedades de carácter más permanente, con mayor importancia y también de mayor gravedad. El estrés genera inicialmente alteraciones fisiológicas, pero su persistencia crónica produce finalmente serias alteraciones de carácter psicológico, y en ocasiones la falla de órganos vitales.

A continuación se mencionan algunas de las alteraciones más frecuentes:

Dispepsia, gastritis, ansiedad, accidentes, frustración, insomnio, colitis nerviosa, migraña, depresión, agresividad, disfunción familiar, neurosis de angustia, trastornos sexuales, disfunción laboral, hipertensión arterial, infarto al miocardio, adicciones, trombosis cerebral, conductas antisociales y psicosis severas.

### **Estrés laboral**

Existen muchas conexiones entre el trabajo y el estrés, pues la gran mayoría de las personas dedica cada vez un mayor tiempo de su vida a trabajar, por lo que ésta se convierte en una actividad importante pero estresante. Por tal motivo, se considera necesario ahondar en el tema y como es abordado por la teoría.

La Licenciada Yolanda Salas Hernández, de la Dirección del Capital Humano del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, en un artículo publicado en la Revista Evolución (2003), indica que, según la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud Ocupacional, “el estrés en el trabajo es un conjunto de reacciones emocionales, cognoscitivas, fisiológicas y del comportamiento a ciertos aspectos adversos o nocivos del contenido, la organización o el entorno de trabajo. Es un estado que se caracteriza por altos niveles de excitación y de angustia, con la frecuente sensación de no poder hacer nada frente a la situación” (Pág. 10).

Como lo expresa Ortega Villalobos (1999), el estrés laboral se conceptualiza como el conjunto de fenómenos que se suceden en el organismo del trabajador, con la participación de los agentes estresantes lesivos derivados directamente del trabajo o que, con motivo de éste, pueden afectar la salud del trabajador, los cuales suelen ser:

### **Factores psicosociales en el trabajo**

Los factores psicosociales en el trabajo representan el conjunto de percepciones y experiencias del trabajador; algunos son de carácter individual, otros se refieren a





las expectativas económicas o de desarrollo personal y otros más bien se centran en las relaciones humanas y sus aspectos emocionales.

El enfoque más común para abordar las relaciones entre el medio ambiente psicológico laboral y la salud de los trabajadores ha sido mediante el concepto de estrés, tanto en los países en desarrollo como en los estados industrializados, el medio ambiente de trabajo, en conjunto con el estilo de vida, provocan la acción de factores psicológicos y sociales negativos. Por ello, la importancia de su estudio desde el punto de vista profesional ha ido aumentando día con día. Estos estudios deben incluir, tanto los aspectos fisiológicos y psicológicos, como también los efectos de los modos de producción y las relaciones laborales.

Las actuales tendencias en la promoción de la seguridad e higiene en el trabajo incluyen no solamente los riesgos físicos, químicos y biológicos de los ambientes laborales, sino también los múltiples y diversos factores psicosociales inherentes a la empresa y la manera como influyen en el bienestar físico y mental del trabajador, estos factores consisten en interacciones entre el trabajo, su medio ambiente laboral, la satisfacción laboral y las condiciones de la organización, por un lado, y por otro, las características personales del trabajador, sus necesidades, su cultura, sus experiencias y su percepción del mundo.

Los principales factores psicosociales generadores de estrés presentes en el medio ambiente de trabajo involucran aspectos de organización, administración y sistemas de trabajo y desde luego, la calidad de las relaciones humanas.

Por ello, el clima organizacional de una empresa se vincula no solamente a su estructura y a las condiciones de vida de la colectividad en el trabajo, sino también a su contexto histórico con su conjunto de problemas demográficos, económicos y sociales. Así, el crecimiento económico de la empresa, el progreso técnico, el aumento de la productividad y la estabilidad de la organización dependen además de los medios de producción, de las condiciones de trabajo, de los estilos

de vida, así como del nivel de salud y del bienestar de sus trabajadores.

En la actualidad, se producen acelerados cambios tecnológicos en las formas de producción que afectan consecuentemente a los trabajadores en sus rutinas de trabajo, modificando su entorno laboral y aumentando la aparición o el desarrollo de enfermedades crónicas por estrés.

Otros factores externos al lugar de trabajo, pero que guardan estrecha relación con las preocupaciones del trabajador se derivan de sus circunstancias familiares o de su vida privada, de sus elementos culturales, su nutrición, sus facilidades de transporte, la vivienda, la salud y la seguridad en el empleo.

Algunos de los principales factores psicosociales que con frecuencia condicionan la presencia de estrés laboral, según señala Ortega Villalobos (1999), son:

### **Desempeño profesional:**

- Trabajo con alto grado de dificultad
- Trabajo con gran demanda de atención
- Actividades de gran responsabilidad
- Funciones contradictorias
- Creatividad e iniciativa restringidas
- Exigencia de decisiones complejas
- Cambios tecnológicos intempestivos
- Ausencia de plan de vida laboral
- Amenaza de demandas laborales

### **Dirección:**

- Liderazgo inadecuado
- Mala utilización de las habilidades del trabajador
- Mala delegación de responsabilidades
- Relaciones laborales ambivalentes
- Manipulación o coacción del trabajador
- Motivación deficiente
- Falta de capacitación y desarrollo del personal
- Carencia de reconocimiento
- Ausencia de incentivos
- Remuneración no equitativa

- Promociones laborales aleatorias

### **Organización y función:**

- Prácticas administrativas inapropiadas
- Atribuciones ambiguas
- Desinformación y rumores
- Conflicto de autoridad
- Trabajo burocrático
- Planeación deficiente
- Supervisión punitiva

### **Tareas y actividades:**

- Cargas de trabajo excesivas
- Autonomía laboral deficiente
- Ritmo de trabajo apresurado
- Exigencias excesivas de desempeño
- Actividades laborales múltiples
- Rutinas de trabajo obsesivas
- Competencia excesiva, desleal o destructiva
- Trabajo monótono o rutinario
- Poca satisfacción laboral

### **Medio ambiente de trabajo:**

- Condiciones laborales físicas inadecuadas
- Espacio físico restringido
- Exposición a riesgo físico constante
- Ambiente laboral conflictivo
- Trabajo no solidario
- Menosprecio o desprecio del trabajador

### **Jornada laboral:**

- Rotación de turnos
- Jornadas de trabajo excesivas
- Duración indefinida de la jornada
- Actividad física corporal excesiva

### **Empresa y entorno social:**

- Políticas inestables de la empresa
- Ausencia de corporativismo
- Falta de soporte jurídico de la empresa

- Intervención y acción sindical
- Salario insuficiente
- Carencia de seguridad en el empleo
- Subempleo o desempleo en la comunidad
- Opciones de empleo y mercado laboral

La evaluación de la presencia, el grado de participación de estos factores y sus efectos sobre la población trabajadora, dependerá de la capacidad del médico de salud en el trabajo, de sus habilidades y de los recursos con que cuente para el monitoreo de las situaciones de estrés laboral en determinado centro de trabajo.

Existen diferentes técnicas para medir el estrés, tales como: medición de las variaciones de la frecuencia cardiaca, monitoreo de la presión sanguínea o de la frecuencia respiratoria, evaluación del gasto energético, medición de la productividad, registro estadístico de la fatiga, electroencefalograma y medición de los niveles sanguíneos de catecolaminas; también, la cuantificación de otros neurotransmisores por espectrofotometría, fluorimetría, cromatografía, radioisótopos o procedimientos enzimáticos.

Según indica Cano Vindel (2002), sería casi imposible, además de muy costoso, tratar de medir el estrés laboral en los trabajadores utilizando determinaciones químicas cuantitativas de laboratorio o evaluaciones clínicas del daño orgánico producido por el estrés, por ello, se emplean otro tipo de herramientas más viables y cuya validez y confiabilidad han sido debidamente comprobadas.

Cano Vindel (2002), menciona que existen técnicas de medición del estrés que incluyen diversas encuestas y escalas tales como: La Auditoría del Estrés de Boston, el Inventario de Estados de Angustia de Spielberg Gorsuch y Lushene, el Cuestionario LES de T.H. Holmes y R.H. Rahe, la Valoración del Estrés de Adam, y otros instrumentos similares que hacen posible la cuantificación del estrés y sus efectos en los trabajadores.



## Manejo del estrés laboral

Como lo menciona Ortega Villalobos (1999), el tratamiento de las enfermedades por estrés laboral deberá siempre dirigirse a erradicarlo controlando los factores o las fuerzas causales de éste. El criterio general que pretende curar la enfermedad en forma aislada mediante tratamiento paliativo de las alteraciones emocionales o reparación de las lesiones orgánicas es sumamente simplista, limitado y poco racional. Así, el tratamiento contra el estrés deberá ser preventivo y deberá lograrse ejerciendo las acciones necesarias para modificar los procesos causales.

La prevención y la atención del estrés laboral constituyen un gran reto; los criterios para contrarrestarlo deberán ser organizacionales y personales. Los médicos de salud en el trabajo y profesionales afines, deben vigilar a sus pacientes y, cuando sea posible, a toda la organización con el fin de manejar el estrés en forma efectiva, aunque la participación del equipo de salud para efectuar cambios sustanciales con frecuencia es más difícil, pues los gerentes y empleadores generalmente, buscan resolver el problema de los trabajadores en forma individual, pero rechazan la intervención en el origen del problema cuando esto implica la necesidad de cambios en el lugar de trabajo, por la posible disyuntiva entre la ganancia económica y el bienestar de los trabajadores.

El médico debe anticipar a la situación y aplicar medidas profilácticas efectivas, la prevención primaria es un objetivo primordial; las acciones eficaces han demostrado éxito económico en las empresas, al mejorar el estado de ánimo y el bienestar de los trabajadores disminuyendo las enfermedades, remitiendo el ausentismo, elevando la productividad y mejorando sustancialmente el desempeño y la calidad del trabajo.

Una forma de manejar el estrés, según Davis y Newstrom (2002), es la biorretroalimentación, en la que la persona obtiene retroalimentación instrumentada, con la guía de un médico, para influir en el síntoma del estrés, como la frecuencia cardíaca acelerada o el dolor de cabeza. En el pasado, se pensaba que

los seres humanos no podían controlar su Sistema Nervioso Autónomo (involuntario), que se encarga de regular los procesos internos, como la frecuencia de los latidos del corazón, el consumo de oxígeno, el flujo de los jugos gástricos y las ondas cerebrales. Hoy, se tienen pruebas de que es posible ejercer cierto control sobre estos procesos internos, de modo que la biorretroalimentación sea útil para disminuir los efectos indeseables del estrés.

### ¿Cómo pueden las personas dar atención a este Problema?

Tal como lo menciona Ortega Villalobos (1999), los programas de atención individual en los sitios de trabajo, contemplan la difusión de la información en cuanto al estrés, sus causas y la forma de controlarlo a través de la educación para la salud de los trabajadores, para ayudarlos a desarrollar habilidades personales que les permitan reducir el problema, se emplea la distribución de trípticos, carteles, conferencias, videos, etcétera.

La idea principal consiste en tratar de identificar los agentes causales del estrés, y lograr hacerlos evidentes al trabajador; mostrar a éste las posibilidades de solución o el manejo inteligente del estrés, para poder actuar en consecuencia y contrarrestarlo.

Para Cano Vindel (2002), es importante mejorar los hábitos del trabajador, la alimentación, el ejercicio físico, los ritmos de sueño, así como propiciar las actividades recreativas, disminuir las adicciones y evitar la vida sedentaria.

Además, son de gran utilidad las denominadas técnicas de atención, que consisten en métodos para ayudar a los trabajadores a resolver sus reacciones fisiológicas y psicológicas, con estrategias para reducir el estrés en el ambiente laboral.

Melgosa (1997) insiste en que es importante que se practiquen ejercicios de relajación, auto entrenamiento, bioretroestimulación, ejercicios respiratorios, autoestima, meditación y aun yoga.



En forma complementaria, se enseña el uso de estrategias para la administración del tiempo, priorización de problemas, desarrollo de la capacidad de planeación, técnicas de negociación; así como ejercitar habilidades para la toma de decisiones, la solución de conflictos, la conducta asertiva, el manejo del tiempo y en general, el desarrollo de mejores relaciones humanas.

¿Qué pueden hacer las organizaciones para colaborar con sus funcionarios y funcionarias en cuanto al manejo del estrés laboral? En el manejo colectivo de los factores causales del estrés, el criterio predominante consiste, desde luego, en reducir al máximo las situaciones generadoras de situaciones tensionales dentro de la empresa u organización. Las acciones específicas se dirigen hacia las características de la estructura de la organización, los estilos de comunicación, los procesos de formulación de decisiones, la cultura corporativa, las funciones de trabajo, el ambiente físico y los métodos de selección y capacitación del personal.

Es importante considerar las mejoras físicas, ergonómicas, de seguridad y de higiene del entorno laboral en los centros de trabajo, pues tienen particular relevancia para los trabajadores, al representar la preocupación real y el esfuerzo patente de la empresa por mejorar el bienestar de sus empleados.

Las medidas de cambio de la organización persiguen la reestructuración de los procesos y tareas, que permitan desarrollar las capacidades del trabajador, mejorando su responsabilidad y formas de comunicación, por medio de programas de asistencia para los trabajadores, círculos de calidad, grupos de asesoría, soporte, participación activa, trabajo en equipo, solidaridad laboral, desarrollo profesional, promoción de su creatividad y procesos de mejora continua.

El cambio se debe propiciar, por medio de la incorporación gradual de los trabajadores a la organización, mediante diferentes estrategias, como el desarrollo organizacional, la adecuación de los estilos de liderazgo, la redistribución del poder, la autoridad y la participación responsable y activa en los procesos de toma de decisiones de las áreas, favoreciendo la comunicación interna formal e informal, mejorando el ambiente de trabajo, creando un clima laboral favorable para la empresa y propicio para el desarrollo sustentable, sano e integral, de la vida productiva de los trabajadores.





# La desviación de poder

Andrea Sánchez S.<sup>1</sup>

## Resumen

Todo acto administrativo es el resultado del ejercicio de una potestad prevista en el ordenamiento jurídico, en el caso de actos producto del ejercicio de una potestad discrecional, éstos se componen de elementos legalmente determinados y de otros que permiten la apreciación subjetiva de la Administración.

El artículo 49 constitucional, con su reforma en 1963, dejó claramente establecido el posible y debido control de toda FUNCIÓN ADMINISTRATIVA. No hay zonas de inmunidad administrativa, lo cual violaría el principio de tutela judicial efectiva (sometimiento del Estado al Derecho y control universal de la Administración Pública).

**Palabras clave:** potestades – discrecionalidad, desviación de poder.

## Abstract

Any official act is the result of the exercise of discretion under the law, in the case of events provoked by exercise of a discretion, they consist of certain legal elements and others that allow the subjective assessment of the Administration.

Article 49 of the Constitution, with its reform in 1963, clearly established the potential and appropriate control over all administrative functions. No areas of administrative immunity, which would violate the principle of effective judicial protection (submission of the State Law and universal control of the Public Administration).

**Key words:** powers - discretion - abuse of power.

## Introducción

Para realizar un breve análisis sobre la desviación y exceso de poder, cabe señalar, como primera premisa, que no existe discusión alguna en doctrina y jurisprudencia, en torno a que la Administración Pública **únicamente** puede perseguir fines públicos.

Como lo expresa Gabino Fraga:

«Debe tenerse presente que la finalidad que debe perseguirse por el agente administrativo es siempre la satisfacción del interés público, no cualquiera, sino el interés concreto que debe satisfacerse por medio de la competencia atribuida a cada funcionario»<sup>2</sup>.

Ahora bien, surge la pregunta obligada: **¿Qué se entiende por fin público?** o **¿Qué criterios debemos seguir para definirlo?**

Ese es un problema básico que, sin embargo, escapa a este examen. Pero conviene advertirlo.

<sup>1</sup> Abogada. Dirección Jurídica. [asanchez@aya.go.cr](mailto:asanchez@aya.go.cr)

<sup>2</sup> Fraga, Gabino. Derecho Administrativo. Vigésimo Octava edición, Editorial Porrúa, S.A., México, 1989, pág. 300.



Como segunda premisa, partimos de la idea de que, para la satisfacción de esos fines públicos, la Administración Pública está dotada de **POTESTADES**. Esto es, **poderes suficientes que le permiten desplegar las actividades necesarias para satisfacer el interés público**. Este aspecto cabe examinarlo de inmediato.

### Potestades administrativas

Estas potestades, en términos generales, pueden ser de 2 tipos:

DISCRECIONALES	REGLADAS
<b>Elemento Diferenciador: Margen de libertad otorgado al funcionario</b>	
La libertad es relativa.	No existe libertad.
Se le da un margen de acción al funcionario dentro un marco acordado por ley	La ley le establece al funcionario las diferentes medidas que debe tomar según la circunstancia concreta que se le presente, también prevista en la ley
La norma que autoriza al funcionario a actuar no es taxativa sobre lo que debe o no debe hacer, sino que otorga un margen para el ejercicio de su arbitrio o prudencia, en función de la situación concreta que debe atender o resolver	La norma que regula la actuación de la Administración, delimita en forma estricta, cerrada o detallada, la aplicación de ésta por los órganos respectivos (automatismo aplicativo <sup>3</sup> )

Ambas potestades son necesarias para que la Administración Pública pueda realizar sus fines, pero las discrecionales en mayor medida, pues la ley no puede prever y regular la gran diversidad de cambiantes y complejas relaciones jurídicas que se producen en la sociedad.

<sup>3</sup> Donde no existe ningún margen de libertad en la aplicación de la norma administrativa por parte del funcionario

<sup>4</sup> Gallego y Menéndez: (2001), pág.XXX

<sup>5</sup> Brewer-Ortiz (1996)

Sin embargo, cabe advertir, que existen aspectos reglados en la potestad discrecional y aspectos discrecionales en la potestad reglada.

**Veamos:**

Aspectos reglados en la potestad discrecional	Aspectos discrecionales en la potestad reglada
<p><b>Origen</b> - La discrecionalidad es otorgada por ley y como tal, es una manifestación del principio de legalidad administrativa</p> <p><b>Objeto</b> -La ley también prevé sobre qué recae la discrecionalidad (alcance)</p> <p><b>Fin</b> -El norte de la potestad discrecional, también está previsto en la ley, el cual será coincidente con el interés público</p>	<p><b>Aplicación de conceptos jurídicos indeterminados</b></p> <p>Términos abstractos, sobre los cuales no hay un significado normativo determinado y le corresponde al funcionario determinar si se configura en la situación de hecho, a efecto de aplicar la consecuencia jurídica prevista en la norma. [paz social, peligro, buena fe, necesidad, entre otros]</p>

Para algunos autores, se aprecia cierta libertad en la situación de hecho que considerará el funcionario para subsumirla en el concepto normativo, en virtud de la vaguedad de dicho concepto, que produce que sea dudosa la subsunción<sup>4</sup>.

Para otros, en cambio, los conceptos jurídicos indeterminados se diferencian claramente de las potestades discrecionales; pues los primeros no admiten sino una solución justa y correcta, que no es otra que aquella que se conforme con el espíritu, propósito y razón de la norma.

Éstos últimos autores señalan que la aplicación del concepto jurídico indeterminado por parte de la Administración Pública, constituye una actividad reglada y por consiguiente, sujeta al control de la legalidad del órgano jurisdiccional competente<sup>5</sup>.

Tienen razón en cuanto a la única solución justa y correcta que se encuentra implícita en todo concepto jurídico indeterminado; sin embargo, en la determinación

de esa solución a nivel práctico, definitivamente se deja un margen de libertad a la Administración, en cuanto al otro elemento diferenciador advertido (control de legalidad por parte del órgano jurisdiccional que existe sobre el concepto jurídico indeterminado) no es de peso, por cuanto es claro que, cuando la Administración actúa discrecionalmente, no lo hace en contra de la legalidad: su libertad es producto de la misma norma.

Dado que las potestades regladas no presentan mayor problema, pues en ellas –como se ha señalado– la actuación de la Administración está delimitada en forma estricta y cerrada, nos avocaremos al estudio de las **potestades discrecionales**.

Se afirma la necesidad de que las normas se limiten a determinar competencias de los diversos órganos administrativos y dejen a éstos una cierta libertad de apreciación de los hechos para decidir u orientar su conducta. Algunos autores consideran que la discrecionalidad es una **CONDICIÓN INDISPENSABLE** para la buena y eficiente marcha de la Administración<sup>6</sup>.

En el marco de esas competencias otorgadas discrecionalmente, como se indicó, el objetivo consiste en que las autoridades administrativas adopten la decisión que mejor se ajuste al caso concreto, imposible de prever por el legislador. De allí la **necesidad de la facultad discrecional**, pues de ese aspecto deriva una mayor **eficacia** de la Administración.

Ahora bien, el ejercicio de una potestad discrecional no significa actuar fuera de la ley, lo cual sería una flagrante violación de los derechos y garantías de los administrados, por ello, la necesidad de establecer límites en el ejercicio de la discrecionalidad.

Entonces, cabe preguntarse:

### ¿Cuáles son esos límites?

<sup>6</sup> BREWER CARÍAS, Allan. (Venezolano)

<sup>7</sup> Originaria del Derecho Francés

Principio de Legalidad	Interés Público	Finalidad
Dentro de los límites que nos señala un Estado de Derecho podemos establecer la misma ley, ya que ella establecerá los lineamientos a los que se ha de sujetar la autoridad. El punto del que parte todo acto de autoridad es la misma ley	Este es un límite franqueable, al cual debe sujetarse el acto administrativo discrecional	El fin sin lugar a dudas será siempre de carácter reglado, el fin necesariamente estará expresa o implícitamente señalado en la ley, pero SIEMPRE deberá conducirse hacia la satisfacción del BIEN COMUN

De ahí surge otra pregunta: **¿Qué pasa si la Administración hace uso de esas atribuciones para fines distintos de los que le impone el ordenamiento jurídico?**

La respuesta a esta pregunta dio origen al concepto del VICIO DE DESVIACIÓN DE PODER, desarrollado por el Consejo de Estado Francés. Ese tema es, justamente, el eje de esta investigación.

### La desviación de poder (détournement de pouvoir)<sup>7</sup>

La figura de la desviación de poder tiene su origen en la jurisprudencia francesa y posteriormente en la italiana. La Revolución Francesa consideró, en un principio, que el poder judicial, invadía el campo legislativo y el ejecutivo con extralimitación del principio de separación de poderes. Sin embargo, este concepto se superó y no sólo se fortaleció el control, sino que paulatinamente, su significado se fue ampliando hasta extenderse a aquellos actos administrativos discrecionales, que hasta el momento se venían considerando como poder de libre apreciación. Fue en este sentido, en el que se consagró la actualmente conocida figura de la desviación de poder. El concepto de desviación de poder aparece así ligado a la discrecionalidad administrativa.





Surgió como una elaboración de la jurisprudencia para limitar esas potestades administrativas que venían escapando del control jurisdiccional. Se dice que el sometimiento pleno de la Administración al ordenamiento jurídico ha de ser un concepto común a todo Estado de Derecho, sin la necesidad de estar expresamente establecido en una norma escrita.

En sus inicios, ésta no tuvo mucho éxito en su aplicación práctica, pues se utilizó como una técnica de aplicación subsidiaria, sólo aplicable cuando no se hallaban otros vicios en el acto administrativo, se le consideraba como un instrumento de control excepcional: SÓLO prosperaba, cuando no existían otras infracciones legales.

Otro elemento que influyó en su fracaso, fue precisamente el probatorio. Este elemento, aunado a la excesiva invocación, dificultó su éxito.

La desviación de poder consiste en «**el ejercicio de potestades administrativas para fines distintos de los fijados por el ordenamiento jurídico**». Por tanto, podemos decir que tiene los siguientes ELEMENTOS:

1. Presupone el ejercicio de potestades discrecionales
2. Esas potestades deben ser administrativas
3. Se alejan del fin que las justifica

### ¿Podría válidamente ser aplicada la desviación de poder a la inactividad administrativa?

Si la respuesta es afirmativa, supondría afirmar que la Administración deja (intencionalmente) de ejercer una potestad para que no se alcance el fin de interés público perseguido por la norma.

Primero, es necesario señalar que la INACTIVIDAD se puede dar de dos formas:

1. **Inactividad material:** Se da en relación con la producción de normas. Podría darse en aquellos casos en que la ley define derechos cuyo ejercicio exige la aprobación previa de disposiciones reglamentarias.

2. **Inactividad formal:** Opera cuando la Administración está obligada a realizar una prestación concreta en favor de una o varias personas determinadas, y no lo hace; de modo tal, que quienes tuvieran derecho a ella, pueden reclamarle el cumplimiento de dicha obligación. Se divide a su vez en:

a) **Inactividad formal por silencio:** La desviación de poder por silencio se podría dar como consecuencia de la pasividad de la Administración dentro de un procedimiento, es decir, por la no contestación de una petición del administrado.

b) **Inactividad formal por omisión:** La desviación de poder por omisión, sería la inactividad pura (no hacer) de la Administración.

La desviación de poder se refiere al ejercicio de potestades administrativas.

La Administración es una organización creada para servir a los intereses de la comunidad, por lo que sus potestades deben ejercitarse en función del interés público. La Administración no puede actuar sin la atribución previa de potestades por la ley, que le delimita e impone los fines. Estas potestades provienen por tanto directamente del ordenamiento jurídico.

La desviación de poder se recoge expresamente respecto de las potestades administrativas, sin embargo en DOCTRINA también se aplica en relación con las potestades jurisdiccional y legislativa.

### Veamos:

- **En relación con La Potestad Jurisdiccional,** se trata de determinar si el juez puede incurrir en el vicio de la desviación de poder al dictar sus sentencias. La función constitucionalmente definida del poder judicial, consiste en juzgar y hacer ejecutar lo juzgado, pero se trata de un poder que **no tiene un fin que cumplir**. El Juez simplemente aplica la ley; y las sentencias, de no ser acertadas, incurrirán en error, o en caso de dictar una resolución injusta para cualquier finalidad que no sea la de cumplir

su función de aplicar el Derecho objetivo, habrá incurrido en el delito de prevaricato, pero NO de desviación de poder.

- **Desviación de Poder Legislativo** o, por el contrario, sería más exacto hablar en este caso de inconstitucionalidad por infracción del principio de interdicción de la arbitrariedad.

Lo primero que hay que tener en cuenta para poder aplicar la desviación de poder, es si el Poder Legislativo tiene establecidos fines en el ejercicio de sus funciones. En este sentido, lo más exacto es considerar que la ley no tiene fines impuestos por la Constitución, sino límites que ésta establece a su contenido. Partiendo de aquí, podemos decir que la Constitución no vincula la actividad del legislador de la misma forma en que la ley vincula la actividad de la Administración.

El legislador es titular del poder político, una de cuyas manifestaciones es la de poder elegir los fines que se quieren satisfacer, poder que encuentra sus límites en la Constitución, destinados a evitar abusos o a que se persigan intereses particulares. Por tanto, NO puede hablarse de desviación de poder en la actividad legislativa, sino en todo caso, de inconstitucionalidad.

### **La desviación de poder es un vicio que sólo puede producirse en el ejercicio de potestades administrativas**

Aunque este vicio es propio del ejercicio de potestades discrecionales, se ha establecido que también es posible que pueda producirse en cuanto a las potestades regladas. **¿Por qué?** Porque la desviación de poder puede afectar todas las manifestaciones de la actividad administrativa sometidas al Derecho Administrativo, es decir, a los actos administrativos y también, aunque

<sup>8</sup> La única categoría de actos excluidos de la infracción de referencia serían los de producción obligada - actos debidos- cuyo contenido sea automático, "actos que tienen que producirse por una autoridad, con unas formas, en un tiempo, sobre unos hechos automáticos y con un contenido automático.

más raramente, a los reglamentos. Lo propio de la desviación de poder es que aparezca como un vicio del acto administrativo discrecional, pero el hecho de que originariamente fuese así y de que esa sea la regla general, no impide una extensión de su ámbito hacia el ejercicio de las potestades regladas.

Lo afirmado por la doctrina sobre este último supuesto, es que la alegación de desviación de poder en actos reglados puede carecer de utilidad práctica, por ser un acto susceptible de ser atacado **directamente** por su condición de ilegal.<sup>8</sup>

### **¿Puede aplicarse también, la desviación de poder a la potestad reglamentaria?**

Teóricamente se admite esa posibilidad pero con el peso de un gran problema de índole práctico en cuanto a la dificultad de la prueba. Lógicamente, es mucho más fácil apreciar si un acto favoreció intereses particulares – más que públicos – respecto de un acto, por ser más concreto, que un reglamento, por su carácter más general y de índole normativo.

Teniendo claro que la desviación de poder constituye una infracción al ordenamiento, conviene preguntarnos ahora,

### **¿Con qué tipo de sanción se castiga dicha infracción?, ¿Con la anulabilidad o puede dar lugar a la nulidad de pleno derecho?**

La desviación de poder está conceptuada como motivo de anulabilidad cuando afecta un acto administrativo, pero tratándose de un reglamento, su nulidad es de pleno derecho (nulidad absoluta).

### **¿Qué categoría de actos pueden estar viciados de desviación de poder?**

Lo que debe definirse primero que todo es **¿QUÉ SE ENTIENDE POR ACTO ADMINISTRATIVO?** Por acto administrativo se entiende la declaración de voluntad, de juicio, de conocimiento o de deseo realizada por la Administración en el ejercicio de una actividad



administrativa distinta de la reglamentaria. Los informes y dictámenes de la Administración Consultiva son expresiones de un simple juicio, pero actos administrativos sujetos al control de los tribunales.

En cualquier caso, lo que habrá que tomar en cuenta, sean actos resolutorios, no resolutorios, informes, dictámenes o interpretación de normas, ES LA INCIDENCIA QUE ÉSTOS TENGAN EN LA SITUACIÓN JURÍDICA INIVIDUALIZADA, afectando derechos e intereses del particular; quien se colocará en una situación de poder frente a la Administración.

### ¿Es importante la intención (elemento subjetivo) de la administración autora del acto?

Se afirma que sí, pero eso definitivamente complica su determinación. Si la Administración no ha perseguido o buscado el alejamiento del fin, pero éste de hecho se produce, el acto es ilegítimo pero no podría hablarse de desviación de poder, SINO SÓLO de error de hecho o de derecho, pareciera que se exige siempre la INTENCION EN LA DESVIACION, y por supuesto, su prueba por quien alega este vicio. De ahí, que en la práctica ha sido tan difícil su comprobación y declaración.

### Naturaleza de la desviación de poder

¿Es estrictamente jurídica, o por el contrario, se pueden incluir también criterios de moral y ética de la administración?, ya que, como acabamos de ver, la desviación de poder supone un juicio de las intenciones de la Administración, para saber si existió o no, esa voluntad desviada o torcida que la caracteriza.

De la investigación realizada se comprende, que en un principio sí llegó a considerarse que la desviación de poder, sometía a la Administración a un control de moralidad; todo lo cual ya ha sido superado. **Actualmente la Desviación de poder es un vicio de estricta legalidad.**

<sup>9</sup> Catedrática de Derecho Administrativo de la Universidad de Castilla-La Mancha, España

<sup>10</sup> Suerte, arreglo, acomodo.....

Para Carmen Chinchilla Marín<sup>9</sup>, ambos conceptos están íntimamente relacionados, uno presupone al otro, es decir, para que un acto sea considerado ilegal o contrario a derecho, es porque primero ha supuesto un acto contrario a la moral pública. De todas formas, considera esta autora, que jurídicamente, no se debería atender a criterios de moralidad, en cuanto que se trata de un acto ya regulado por una norma. El vicio de la desviación de poder, reiteramos, es un vicio de estricta legalidad.

Lo que se controla a través de esta técnica es el cumplimiento del fin concreto que señala la norma habilitante y ese control se realiza mediante criterios jurídicos estrictos y no mediante reglas morales. Lo que está en juego, por tanto, es la legalidad administrativa y no la moralidad del funcionario o de la propia Administración.

Si afirmamos que constituye desviación de poder, el ejercicio de potestades administrativas para fines distintos de los fijados por el Ordenamiento Jurídico, significa, que la desviación de poder tiene que ver con la **Teleología** de la norma jurídica y del acto; y dicha teleología será un elemento fiscalizado jurisdiccionalmente, aun cuando se trate de actos discrecionales.

La desviación de poder es el vicio en que incurre la autoridad administrativa en los casos en que, si bien se han respetado las formalidades externas para la emisión del acto, no se ha atendido a la FINALIDAD que habilita el ejercicio de la potestad pública.

El acto con un vicio de desviación de poder, es aquel que, aun dentro del margen de la discrecionalidad administrativa, no está motivado, o sea que, el único apoyo de la decisión fue la VOLUNTAD de quien lo adoptó.

Aún cuando la ley ha dejado un hilo de "providencia"<sup>10</sup> a juicio de la autoridad competente, el acto debe mantener la debida proporcionalidad y adecuación con el supuesto de hecho y con los fines de la norma, y cumplir los trámites, requisitos y formalidades necesarios para su validez y eficacia.

Sobre la desviación de poder, señala Dromi:

«En la desviación de poder se hace uso de las facultades legales y se toma a la ley como medio para consumir la arbitrariedad, con las siguientes modalidades:

1. **Fin personal**, cuando el acto ha sido producido para satisfacer una animosidad del agente (venganza, partidismo, favoritismo, lucro, etc.)
2. **Fin extraño**, el querer favorecer el interés particular de un tercero en detrimento de otro; por ejemplo, si un funcionario puede en el caso contratar directamente sin licitación pública, contrata con una empresa determinada porque son amigos suyos y desea ayudarlos con el contrato.
3. **Fin administrativo distinto al de la ley**, cuando se protege un interés de carácter general pero diverso de aquel querido por la ley de la función. Éste es un caso bastante común de desviación de poder, el funcionario imbuido de un erróneo espíritu fiscalista y estadista pretende ejercer el poder de la ley en indebido beneficio de la Administración o del Estado. Por ejemplo, al aplicar el mayor número de multas, no para desalentar el incumplimiento de las ordenanzas sino para obtener fondos para la comuna, o usa de las facultades que le confiere el estado de sitio para fines comunes de control de la moralidad u otros fines.

La desviación de poder vicia de nulidad insubsanable el acto de autoridad, pero también lo hace ilegítimo por contravenir el ordenamiento jurídico».

### La desviación de poder en Costa Rica (jurisprudencia)

Sobre la desviación de poder, la PGR ha establecido que: «Viciado en su fin, mediante la forma de la desviación de poder, el acto cuestionado no satisface los fines para cuya protección el Ordenamiento Jurídico

encargó a la Administración Pública».<sup>11</sup> En ese mismo sentido, advirtió:

«La discrecionalidad administrativa es la posibilidad que le otorga el ordenamiento jurídico a la Administración para elegir entre varias alternativas, a aquella que satisfaga de mejor manera el interés general. Desde este punto de vista, la discrecionalidad conlleva una actuación dentro del ordenamiento jurídico, a diferencia de la arbitrariedad, cuya actuación es al margen o a contrapelo de éste. En el caso de la discrecionalidad, la Administración debe realizar una ponderación de intereses o una actividad tendiente a la concreción del interés público. A diferencia de lo que ocurre con las potestades regladas, donde no existe ningún margen de apreciación, reduciéndose la actividad de la Administración a la comprobación del supuesto de hecho que prevé la norma para su ejercicio (ascertamiento), en esta modalidad de función administrativa, la Administración tiene un mayor margen de actuación **La persecución de un fin distinto del principal, con detrimento de éste, será desviación de poder**» (Artículo 131.1 de la Ley General de la Administración Pública).<sup>12</sup>

La Sala Constitucional, por su parte, mediante voto 13-90, sostuvo en un caso, que al producirse el vicio de desviación de poder (que es un vicio de legalidad) se violentó el artículo 2 de la Constitución Política:

El recurrente se quejó de la incorrecta interpretación de uno de los requisitos de la Ley Orgánica del Colegio de Biólogos (artículo 2 inciso c: cédula de identidad o residencia), para la incorporación a dicho colegio profesional. La Sala consideró que la norma citada se satisface con la cédula de residencia, de manera que interpretar que esa exigencia no se cubre con el llamado “permiso temporal de residencia”, creado posteriormente por la Ley de Migración y Extranjería, implica interpretar el requisito restrictivamente en contra de la libertad y no, como debe ser, extensivamente en favor de esa libertad y restrictivamente en contra de todo lo que la exceptúe, restrinja o condicione, que es lo que impone el derecho de los derechos humanos.

<sup>11</sup> C-175-2001

<sup>12</sup> C-213-2003





La cuestión de si la categoría migratoria puede válidamente impedir o restringir el ejercicio de la profesión del recurrente en el país, es cosa totalmente diferente a su derecho a pertenecer a su colegio profesional, al punto de que es más bien esto último lo que puede condicionar legítimamente lo primero, es decir, la condición migratoria del recurrente. La Sala estimó además, que al pretender aplicarse un reglamento que restringe el derecho del recurrente a incorporarse en su respectivo colegio profesional, se ha violado el principio de “reserva de ley” (contenido en el artículo 140, 3) de la Constitución al interpretarse erróneamente un reglamento, creando así, requisitos que la ley no ha establecido, puesto que el reglamento puede establecer requisitos procesales o probatorios, pero no limitar los derechos derivados de la ley, mucho menos cuando esos son derechos de libertad.

Y en cuanto a la Junta Directiva del Colegio de Biólogos, la Sala consideró que actuó con DESVIACION DE PODER, declarando con lugar el recurso de amparo.

## La desviación de poder en el proceso contencioso-administrativo

### ¿Es la desviación de poder un asunto constitucional o de estricta legalidad?

El artículo 49 de la Constitución Política establece que:

«Establécese la **jurisdicción contencioso-administrativa** como atribución del Poder Judicial, **con el objeto de garantizar la legalidad de la función administrativa** del Estado, de sus instituciones y de toda otra entidad de derecho público. **La desviación de poder será motivo de impugnación de los actos administrativos.** La ley protegerá, al menos, los derechos subjetivos y los intereses legítimos de los administrados».

Por su parte, el artículo 1º del Código Procesal Contencioso Administrativo, dispone textualmente lo siguiente:

- La Jurisdicción Contencioso-Administrativa, establecida en el artículo 49 de la Constitución Política, tiene por objeto tutelar las situaciones jurídicas de toda persona, garantizar o restablecer la LEGALIDAD de cualquier conducta de la Administración Pública sujeta al Derecho Administrativo, así como conocer y resolver los diversos aspectos de la relación jurídico-administrativa

- Los motivos de ilegalidad comprenden cualquier infracción, por acción u omisión, al ordenamiento jurídico, INCLUSO LA DESVIACIÓN DE PODER

- Para los fines de la presente ley, se entenderá por Administración Pública:

1. La Administración Central.
2. Los Poderes Legislativo, Judicial y el Tribunal Supremo de Elecciones, cuando realicen funciones administrativas.
3. La Administración descentralizada, institucional y territorial, y las demás entidades de Derecho Público.

El vicio de desviación de poder es de estricta legalidad, y permite el control del cumplimiento del fin que señala la norma habilitante. Aun cuando puede válidamente afirmarse que las cuestiones de legalidad tienen una directa relación con el artículo 11 constitucional, lo cierto es que el tema de la desviación de poder, encuadra dentro de la especialidad de la materia que el artículo 49 de la Constitución Política, asignó a la jurisdicción contencioso administrativa.<sup>13</sup>

Lo anterior, obliga a interpretar de forma sistemática el texto constitucional y entender que las cuestiones de legalidad deben someterse a la citada jurisdicción, ello con el fin, de mantener una distribución uniforme de las competencias y el respeto de todas las normas que conforman la Constitución Política, dado que de ella se deriva todo el ordenamiento jurídico, pero existe

<sup>13</sup> Voto 3663-03

claramente establecido en la propia Constitución, un reparto de competencias con el fin de garantizar al ciudadano una manera de proteger las distintas clases de derechos e intereses que posee.<sup>14</sup>

Es importante, detenerse un poco en el PRINCIPIO DE LEGALIDAD, consagrado en los artículos 11, 49, 121 y 140 de la Constitución Política; y 11 de la Ley General de la Administración Pública. De acuerdo con éste, la Administración Pública está regentada<sup>15</sup>, tanto en su organización como en su funcionamiento, por el Principio de Legalidad, pues los intereses públicos suponen que su actuación, en todo momento, estará sometida a éste.

Recordemos brevemente, que el **Principio de Legalidad** se manifiesta en 2 vertientes, una positiva y otra negativa. La primera, constituye una verdadera vinculación positiva, esto es, una habilitación legal, autorizando e imponiendo ciertas conductas, algunas de las cuales podrá realizar (por tener rango potestativo)<sup>16</sup>, pero otras, por el contrario, resultan de ejercicio obligado (potestades funcionales)<sup>17</sup>.

Desde este punto de vista, si la Administración no hace, no actúa, no ejecuta; **infringe** el bloque de legalidad. La segunda, a saber, la manifestación negativa del Principio de Legalidad, un poco más generalizada, es la clásica expresión de éste, en el sentido limitativo, de no poder hacer lo que no esté permitido.

En este punto, es importante cuestionarnos **¿Cuál es la relación que existe entre el Principio de Legalidad en su «vertiente positiva funcional» (si le podemos llamar así) y la Desviación de Poder?**

Trataremos de exponerlo así: La Administración tiene la obligación de desplegar una serie de conductas en forma imperativa, para el cumplimiento de los

finos establecidos por ley. En caso de que no lo haga (inactividad): incumple la función encomendada, lo que deviene en una indudable ANITJURICIDAD (infringe el bloque de legalidad como lo dijimos antes).

El vicio de desviación de poder se manifiesta a través de la conducta administrativa, sea activa, omisiva, discrecional o reglada. De ahí, la importancia del CONTROL UNIVERSAL como uno de los principios rectores de la TUTELA JUDICIAL EFECTIVA, pues se manifiesta sobre la CONDUCTA PLENA de la Administración. Se convierte, en una herramienta para hacer cumplir por parte de la Administración, aquellas obligaciones positivas cuya inobservancia se manifiesta a través de la INACTIVIDAD; y con esto: se excluye cualquier zona de inmunidad del comportamiento público dentro del Área Administrativa.

Se justifica, por lo tanto, que el juez controle tanto la actividad como la inactividad (omisión) de la Administración, porque (con esa actuación) se violenta el bloque de legalidad con repercusión negativa en derechos e intereses de particulares, **pero además**, se incumple con el fin que la justifica, lo que nos lleva a la desviación de poder; y el juez acaba en sentencia con esa inactividad.

La conducta administrativa que se aleje de los fines impuestos por el ordenamiento jurídico, sea activa u omisiva, sólo merece el reprochable calificativo de Desviación de Poder<sup>18</sup>.

Todo lo anterior supone que a través de la figura de la desviación de poder, se puede canalizar todo el **control de la inactividad** de la Administración (omisión de poder).

### **Soluciones teóricas para la determinación del vicio de desviación de poder**

El proceso para determinar que existe el vicio de la desviación de poder, comienza por la determinación de la finalidad o la intención del legislador al asignar una competencia, para después concretar la finalidad perseguida por el acto y comparar, la primera con la

<sup>14</sup> Voto 843-95

<sup>15</sup> Esto es: regida, gobernada, conducida, guiada, impuesta

<sup>16</sup> Potestades instrumentales

<sup>17</sup> Para el cumplimiento de los fines que le son propios

<sup>18</sup> González Camacho, Oscar Eduardo. La Justicia Administrativa. Tomo I. Página 171



segunda. De este proceso lo más complejo es el descubrimiento y la prueba de la intención con que actuó la autoridad administrativa, que lógicamente disimulará sus verdaderas intenciones.

Entre los supuestos clásicos en que la Jurisprudencia del Consejo de Estado Francés ha apreciado la concurrencia del vicio de la desviación del poder, se citan los actos dirigidos a evitar la ejecución de la cosa juzgada, los que comportan un fraude de ley, los inspirados por móviles extraños a todo interés público, los dictados en favor de un tercero, y los actos dictados como marginación del procedimiento legalmente establecido para eludir las reglas de la competencia o una determinada garantía en favor de un particular, entre otros.

Del estudio realizado para el presente trabajo, se comprende que la desviación de poder fue una de las instituciones más importantes del Derecho Administrativo Francés, pero que ahora solamente se le considera como un remedio subsidiario en los vicios de invalidez. Lo que en un principio se anulaba por desviación de poder, ahora se hace por inexactitud de los motivos legales o presupuestos de hecho.

En el caso de España, por el contrario, toda causa en la que se invoque desviación de poder, es susceptible de apelación, los jueces tienen la obligación de controlar la obligada correlación entre la actividad administrativa y los fines públicos, bastando indicar cuál es la finalidad perseguida por la Administración; y que además, el interesado la justifique con una prueba suficiente para lograr una convicción del Tribunal sobre las divergencias de fines, carga de la prueba que en ciertos casos se traslada incluso a la Administración.

## Desviación de procedimiento

En Doctrina<sup>19</sup> se habla también de Desviación de Procedimiento, que existe cuando dos normas distintas permiten a la Administración llegar al mismo resultado, pero mediante procedimientos diferentes y ajustados,

en cada caso, a las finalidades específicas de cada norma. De esta forma, en lugar de perseguir el fin que ella se propone y observar el procedimiento de la legislación respectiva, la Administración, para eludir ciertas formalidades que le molestan, afecta tener otro fin y elige deliberadamente el procedimiento más simplificado que a dicho fin corresponde.

El vicio de desviación de procedimiento viola **derechos constitucionales**, especialmente el de debido proceso, y constituye fundamento suficiente para proponer un **recurso de amparo** contra actos administrativos ilegítimos dictados con tal exceso de poder.

## Conclusiones

Todo acto administrativo es el resultado del ejercicio de una potestad prevista en el ordenamiento jurídico. En el caso de actos producto del ejercicio de una potestad discrecional, éstos se componen de elementos legalmente determinados y de otros que permiten la apreciación subjetiva de la Administración.

La discrecionalidad, es esencialmente esa libertad que tiene la Administración, de escoger, entre una pluralidad de alternativas, todas igualmente justas, según su propia iniciativa, por no estar la solución concreta dentro de la norma. Esta libertad de la Administración no es arbitraria, sino que su existencia tiene fundamento en la ley, y su ejercicio está delimitado en ésta. De ahí, que no hay que confundir la discrecionalidad con la arbitrariedad; y en relación con este punto la doctrina es tajante.

Al respecto, Miguel S. Marienhoff comenta, que la arbitrariedad es una conducta antijurídica e ilegítima de los órganos del Estado; en cambio la discrecionalidad se desenvuelve en un contexto de juridicidad, y es por principio legítima. Un acto administrativo discrecional tiende a satisfacer los fines de la ley, como lo es el interés público; en cambio un acto arbitrario se aparta de la finalidad a que el acto emitido debe responder. Otra diferencia, es que la arbitrariedad es una libertad mal orientada; en cambio la discrecionalidad si bien,

<sup>19</sup> Héctor A. Maizal (Argentino)

goza de libertad, está limitada por un fin, que es la satisfacción de los intereses públicos que marca la ley.

Además de lo anterior, podemos citar a Manuel Gabino Fraga, que al respecto comenta: «Siempre el poder arbitrario representa la voluntad personal del titular de un órgano administrativo que obra impulsado por sus pasiones, caprichos o sus preferencias»; en cambio, la facultad discrecional, nos manifiesta el mismo autor: «aunque constituye la esfera libre de la actuación de una autoridad, tiene un origen legítimo, como lo es la autorización legislativa».

Y es por esta razón, que una orden arbitraria carece de todo fundamento legal, en cambio la orden discrecional siempre tendrá que cumplir con los requisitos establecidos por el mismo ordenamiento jurídico. Los móviles de cualquier acto administrativo, deben adecuarse a aquellos fines públicos por los que la competencia ha sido atribuida, tal y como lo dijimos al principio.

Nuestro ordenamiento jurídico establece la posibilidad de un control jurisdiccional por la vía contencioso administrativa, sobre el ejercicio de las potestades discrecionales. Los artículos 15, 16, 17, 160 y 216 inciso 1 de la LGAP disponen que la discrecionalidad está sometida a los límites que el mismo ordenamiento le impone, así como las reglas de la lógica, la ciencia o de la técnica, y a los Principios Generales del Derecho, entre los cuales destacan los Principios Elementales de Justicia, Conveniencia y de Razonabilidad.

El control jurisdiccional sobre la discrecionalidad, se da básicamente por dos vías, por el control que el juez puede llevar a cabo en cuanto a los elementos reglados del acto discrecional, y por el control que puede ejercer por los principios generales del Derecho. Ejm: Uso de la potestad disciplinaria dentro de los límites que señala el ordenamiento jurídico, verificando si existió algún vicio en los elementos reglados del acto sancionatorio y la gravedad de éste; y sobre todo, verificar la determinación del quantum de la sanción, en que radica la discrecionalidad del acto sancionatorio (si se dictó en concordancia con los principios generales de

proporcionalidad, razonabilidad, justicia o conveniencia) a efecto de establecer la legalidad del acto y su eventual validez, sin que ello implique la sustitución de la voluntad administrativa.

Estamos ante un vicio de desviación de poder, cuando se busca un fin particular o distinto al señalado por ley, lo cual puede darse tanto por acción u omisión de la Administración. Lo anterior significa, que incluye conductas, no sólo actos; y con esto se pueden incorporar claramente las omisiones, disposiciones, actuaciones materiales, entre otras (actividad prestacional de la Administración).

¿POR QUÉ?, Porque el artículo 49 constitucional, con su reforma en 1963 dejó claramente establecido el posible y debido control de toda función administrativa. No hay zonas de inmunidad administrativa, lo cual violaría el Principio de Tutela Judicial Efectiva (sometimiento del Estado al Derecho y control universal de la Administración Pública).

### En resumen

El artículo 49 de la Constitución Política, establece la jurisdicción contencioso-administrativa a fin de garantizar la legalidad de la función administrativa, concepto que incluye cualquier tipo de comportamiento público sea de acción o de omisión. Esta noción de garantizar la legalidad de la función administrativa, es un comportamiento dinámico del quehacer de la Administración, porque permite controlar los fines de ese comportamiento y el alcance de los resultados de su gestión con base en criterios de eficacia y eficiencia.

**La desviación de poder es el fruto más logrado del sometimiento de la administración al derecho, ya que con ella el control llega hasta la propia intimidad del acto.**





## Algunas diferencias

- **Abuso o exceso de poder:** En esta categoría, se incluyen los actos que han sido emitidos con total arbitrariedad y rebasando los límites que la ley fija para la actuación del servidor público.

- **Desviación de poder:** Hay desvío del poder, cuando dentro del marco creado por la ley se actúa de modo exagerado e inequitativo al hacer uso de facultades discrecionales, de tal suerte que se desvirtúa la finalidad que debe perseguir todo acto administrativo.

- **Discrecionalidad:** Es la posibilidad que le otorga el ordenamiento jurídico a la Administración para elegir entre varias alternativas, aquella que satisfaga de mejor

manera el interés general. Desde este punto de vista, la discrecionalidad implica una actuación dentro del ordenamiento jurídico, a diferencia de la arbitrariedad, cuya actuación es al margen o a contrapelo de éste.

- **Arbitrariedad:** La arbitrariedad es una conducta antijurídica e ilegítima de los órganos del Estado.

- **Diferencia entre desviación de poder y fraude de ley:** En relación con el fraude de ley, éste exige que se persiga un fin prohibido por el ordenamiento jurídico, mientras que para la Desviación de Poder, basta que éste sea distinto al establecido por la norma que le atribuye la potestad, sea lícito o no.

# Voz sobre IP y telefonía IP



Gustavo Monge J.<sup>1</sup>

## Introducción

El propósito de este artículo consiste en explicar los principios básicos de la telefonía IP, debido a que en ocasiones estamos en contacto con este tipo de tecnología sin darnos cuenta. Cuando realizamos una llamada telefónica en la sede central, en algunas sucursales o en su propio computador, comienza a funcionar la telefonía IP, ese tipo de teléfono que se conecta a su PC o en algunos casos inalámbricos y en el que podemos ver nuestro nombre, nos ayuda a ejecutar las labores cotidianas en el lugar de trabajo.

La tecnología IP une dos mundos que estaban separados: la transmisión de voz y la de datos, a pesar de estar presente varios años en el mercado la renovación y el avance de la tecnología ha facilitado la integración de voz y datos logrando las redes convergentes encargada de transmitir todo tipo de comunicación ya sea datos, voz y video.

## VoIP

VoIP leáse por sus sigla en inglés (Voice Over Internet Protocol). Como dice el término, VoIP intenta permitir que la voz viaje en paquetes IP a través de Internet.

Esta tecnología nos permite encapsular los paquetes de voz para que éstos puedan ser llevados sobre la red de datos sin la necesidad de utilizar circuitos ni ningún tipo de cableado convencional. Se debe tomar en

cuenta que el funcionamiento de la tecnología VoIP es muy similar a la telefónica IP, la diferencia entre ambos es que se necesita un equipo traductor que permita enlazar la telefonía tradicional ya sea analógica o digital con la red de datos IP.

Las centrales tradicionales PBX leáse por sus siglas en inglés (Private Branch Exchange) cuya traducción al español sería central secundaria privada automática, es una central telefónica privada, la cual está conectada al proveedor del servicio, en Costa Rica el Instituto Costarricense de Electricidad (I.C.E), este equipo por lo general, permanece en la empresa que lo tiene instalado y no en la compañía telefónica.

Se puede poner como ejemplo para este tipo de tecnología el Skype o Live Messenger, muy populares entre los usuarios que les gusta navegar por Internet y han tenido la posibilidad de utilizar, este software que por lo general se obtiene gratuitamente y ayuda a interactuar con esta tecnología ya que tiene la capacidad de establecer una comunicación de voz por medio de un computador con una calidad aceptable mediante VoIP, este concepto se cumple cuando se realiza la llamada telefónica desde un computador a un número de teléfono domiciliar o celular con un costo muy bajo, además, se puede realizar este mismo proceso de llamada de computador a computador sin costo alguno; pero en este último caso ya no sería VoIP sino que se llamaría Telefonía IP debido a que no hay ningún equipo intermediario entre las dos computadoras, sino más bien es IP puro de PC a PC.

<sup>1</sup> Lic. Ingeniería Informática con énfasis en Administración de Recursos Informáticos. Dirección Sistemas de Información. gmonge@aya.go.cr

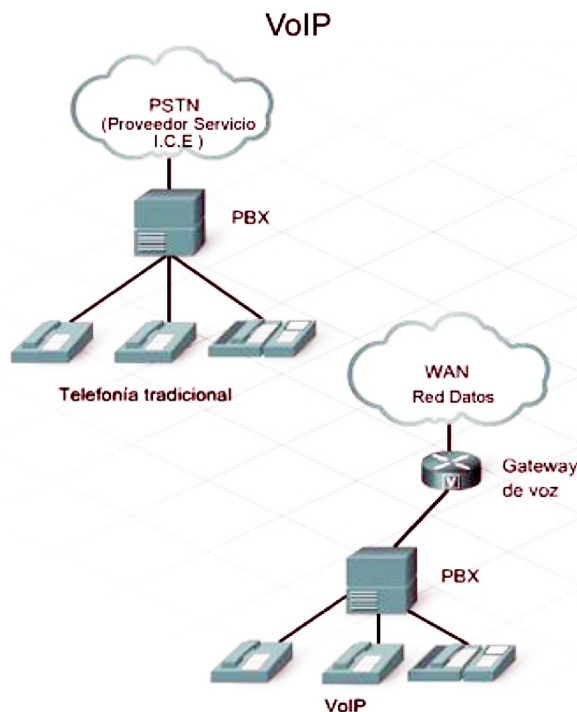


Figura No.1. Ejemplo de telefonía tradicional e integración a VoIP.

## Telefonía IP

La telefonía IP va más allá que la VoIP, no se necesita ningún tipo de cableado ni circuitos físicos para realizar el proceso de llamada y empezar una conversación, sino que utiliza la red de datos para transmitir la voz.

### ¿Cómo funciona la Telefonía IP?

En el momento que levantamos el teléfono realizamos una llamada y empezamos a hablar, nuestra voz se digitaliza se comprime en paquetes de datos en forma independiente, con codificaciones, se envía a la red como paquetes IP, y en el momento que llega a su destino se descomprimen se ensamblan de nuevo y se vuelven a trasformar en señal de voz, lo que nos permite utilizar el mismo canal de datos para realizar llamadas telefónicas esto con la ayuda de un software, el cual está instalado en un equipo central lo que significa que se puede aprovechar la red de una forma mas eficiente.

Un factor muy importante que hay que tomar en cuenta es que la voz así como el video no toleran

ningún tipo de retardo en su transmisión debido a que es muy sensible, el mínimo obstáculo que encuentre en la red ya sea un ancho de banda muy bajo o cualquier otro tipo de paquete que se éste transmitiendo como por ejemplo correos, aplicaciones en línea, el bajar archivos de Internet en el mismo momento que usted esta estableciendo una llamada puede haber fallas en la transmisión y esto implica que la calidad de servicio disminuya y aparezcan cortes en la conversación, repetición de letras al conversar generalmente a esto se le llama (Jitter o robótica).

Para evitar estos inconvenientes en la telefonía IP pero sin afectar el ancho de banda ni la transmisión de datos, hay que implementar un concepto llamado leáse por sus sigla en ingles **QoS** o (Quality of Service) **calidad de servicio**, esto se configura en los equipos que están en la red (Router-Switch) por medio de un comando de código que se les digita y especifica que los paquetes de voz tienen prioridad uno en la red, lo que significa que en el momento que se realiza una llamada telefónica todo lo que está en la red en ese momento ya sea un correo o archivos pasan a prioridad dos, este proceso como se repite no afecta la transmisión de datos en la red, no seria algo muy conveniente, lo que se quiere es que la voz viaje con la mejor calidad posible para que el usuario no experimente ningún retardo en su conversación.

Este sistema se basa en un software tradicionalmente llamado CallManager (Administrador de llamadas) y se instala en 2 servidores (computador) con sus respectivas características de hardware, listo para recibir todas las solicitudes de llamadas y establecer la comunicación de punto a punto entre los teléfonos, en ese momento el "Call Manager" pasa a un estado pasivo atento a recibir una nueva solicitud o algún servicio ya sea conferencia, transferir una llamada a otra extensión, activar el directorio telefónico entre otros, con la ventaja que toda la administración de los teléfonos y servicios que brinda el "Call Manager" son realizados y administrados por personal de la Institución; además las llamadas realizadas internamente a extensiones ya sea entre sucursales, agencias, planteles o mini agencias que estén en en otras zonas del Área Metropolitana o

provincias y cuenten con telefonía IP, no generan costo alguno ya que el canal de transmisión es la red interna del AyA. En el momento que se realiza una llamada, ya sea un celular, empresa o teléfono domiciliar, entra a facturar el proveedor de servicio que es el I.C.E, en este caso las llamadas sí representan un costo económico para la Institución.

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cuenta con la infraestructura tecnológica requerida para la utilización de este tipo de tecnología, ya lleva más de 4 años brindando este servicio en la sede central y en setiembre de este año (2010) se actualizó la central telefónica y sus equipos con la última versión de software y hardware que se pueden encontrar en el mercado mundial con la marca Cisco Systems, Inc.

La nueva central telefónica brindará mayor estabilidad en la comunicación, la administración, la configuración de equipos, teléfonos IP y la integración de nuevos servicios, además se cuenta con un servidor y una aplicación exclusiva para la utilización, lease sus siglas en inglés Call Center llamado IPCC, lo cual beneficiará a la línea 800-reporte de la Institución ya que ayudará en su administración y brindará en un futuro muy cercano contestadoras automáticas que van apoyar y canalizar las llamadas de consultas básicas entre otros.

En lo que respecta a la productividad del lugar de trabajo, la telefonía IP facilita la movilidad de los teléfonos físicos a otras oficinas sin la necesidad de trasladar cables, ponchar circuitos, lo único que se necesita es un punto de red disponible para conectarlo y éste se vuelve a registrar a la central IP, manteniendo el mismo número de teléfono. Nos ofrece la posibilidad de implementar el teletrabajo por medio de la instalación de un software en su computador móvil (laptop), el cual simula un teléfono virtual y desde su casa con conexión a internet y con acceso a la red del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) usted puede recibir una llamada a su extensión como si estuviera físicamente sentado en su oficina o lugar de trabajo, en otros países como Estados Unidos, Europa o empresas extranjeras ubicadas en Costa Rica les

pagan a sus funcionarios conexiones a Internet de alta velocidad para sus casas, utilizando este software IP, promoviendo el tele trabajo; ya que esto les genera un ahorro en los costos de operación como gastos de electricidad, agua, parqueos y otros servicios gracias a la integración de la telefonía IP y la informática.

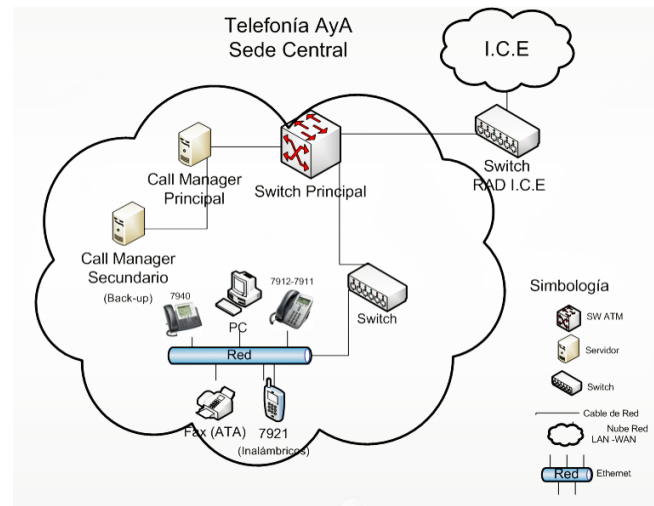


Figura No.2. Diagrama de distribución de la telefonía IP AyA.

## Aplicaciones en línea y tecnología IP

El que se haya logrado la integración de voz sobre la misma red de datos, hace esta tecnología muy atractiva ya que tiene la posibilidad de integrar sistemas informáticos, consultas a bases de datos y hasta video conferencias, adaptándose muy bien a los requerimientos y necesidades de los usuarios. Acercándonos más a un mundo donde la telefonía ya sea IP o VoIP ayudarán a que su teléfono cada vez sea más interactivo con sus necesidades de información y recreación, debido a que hoy en día, no se utiliza el teléfono sólo para comunicarse o entretenerse, más bien se necesita estar conectado a un mundo donde las oportunidades de negocio y desempeño del trabajo exigen estar en comunicación de forma inmediata con clientes, funcionarios y sistemas de información todo esto a sólo una llamada Telefónica.





## Beneficios de tener Telefonía IP en la Institución

- Las llamadas realizadas a las extensiones internas de las sucursales, sin importar su ubicación no generan ningún costo económico.
- Cuando se requiere movilizar un funcionario a otro departamento y necesita llevar su teléfono, con el sistema tradicional hay que revisar el cableado, ponchar circuitos en caso de conexiones nuevas, en cambio con el teléfono IP se puede mover fácilmente con solo desconectarlo llevarlo al otro lugar y volverlo a conectar en un punto de red disponible y el CallManager lo registra automáticamente.
- Se ahorran costos en la compra de cables para teléfonos en cada traslado.
- La instalación, la administración, la configuración y mantenimiento de la central IP no depende del proveedor de servicio (I.C.E), esto es realizado por personal del AyA.
- La distribución y administración de los números telefónicos son realizados por personal de AyA, ya que el proveedor de servicios I.C.E nos facilita una o varias líneas primarias con un rango de números disponibles.
- Es un facilitador del teletrabajo y la video conferencia.
- Se pueden generar o recibir llamadas de cualquier teléfono ya sea celular red fija como domiciliar, entre otros.
- Brinda servicios de Call Center como por ejemplo la línea 800-reporte.

Estas y más posibilidades se pueden realizar con la utilización de la telefonía IP, ofreciendo al mercado los nuevos servicios y funciones que integran esta nueva tecnología.

## Conclusión

Dado el crecimiento y los avances tecnológicos el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados se está desarrollando alrededor de una tecnología que cada día crece a pasos sorprendentes, facilitando un sinnúmero de herramientas y de nuevas opciones que permiten la modernización de los servicios que ofrece la Institución.

Actualmente, se está brindando este servicio en algunas otras oficinas del AyA como JBIC, KFW, Urbanizaciones, Servicio al Cliente en Comercial y otras mini agencias en el Area Metropolitana y Región Chorotega, para un futuro se tiene planificado implementar nuevos proyectos de telefonía IP a otras agencias y regiones de la Institución ofreciendo a sus funcionarios nuevas formas de comunicación que ayuden con el desempeño de sus labores diarias.

## Referencias Bibliográficas

Cisco Learning Production. 2002. **Manual Cisco IP Telephony**. México: Cisco Systems, Inc. Disponible en <http://www.cisco.com/web/learning/netacad/index.html>

**Guía de la telefonía IP Cisco**. Disponible en <http://tools.cisco.com/search/JSP/searchresults.getsearchPhrase=telefonía+ip+&Search+All+Cisco.com=cisco.com&x=20&y=15>

Huidoro Moya, Jose Manuel ; Roldán Martínez, David. 2006. **Tecnología VoIP y Tecnología IP**. España: Editorial Creaciones.

Matthew Kolon, Walter; Goralski, J. 1999. **Telefonía IP**. USA : Editorial McGraw Hill. Disponible en <http://www.cisco.com/web/learning/netacad/index.html>



# hidrogénesis

REVISTA DEL INSTITUTO COSTARRICENSE  
DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

*“Con perseverancia, estudio e investigación,  
el talento es un campo fértil”*



**Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados**

*Dirección: Calle principal, Pavas.*

*Teléfonos: (506) 2242-5000, 2242-5001*

*Fax: (506) 2242-5062*

*Apdo. Postal: 1097-1200 Pavas, Costa Rica.*

***[www.aya.go.cr](http://www.aya.go.cr)***

