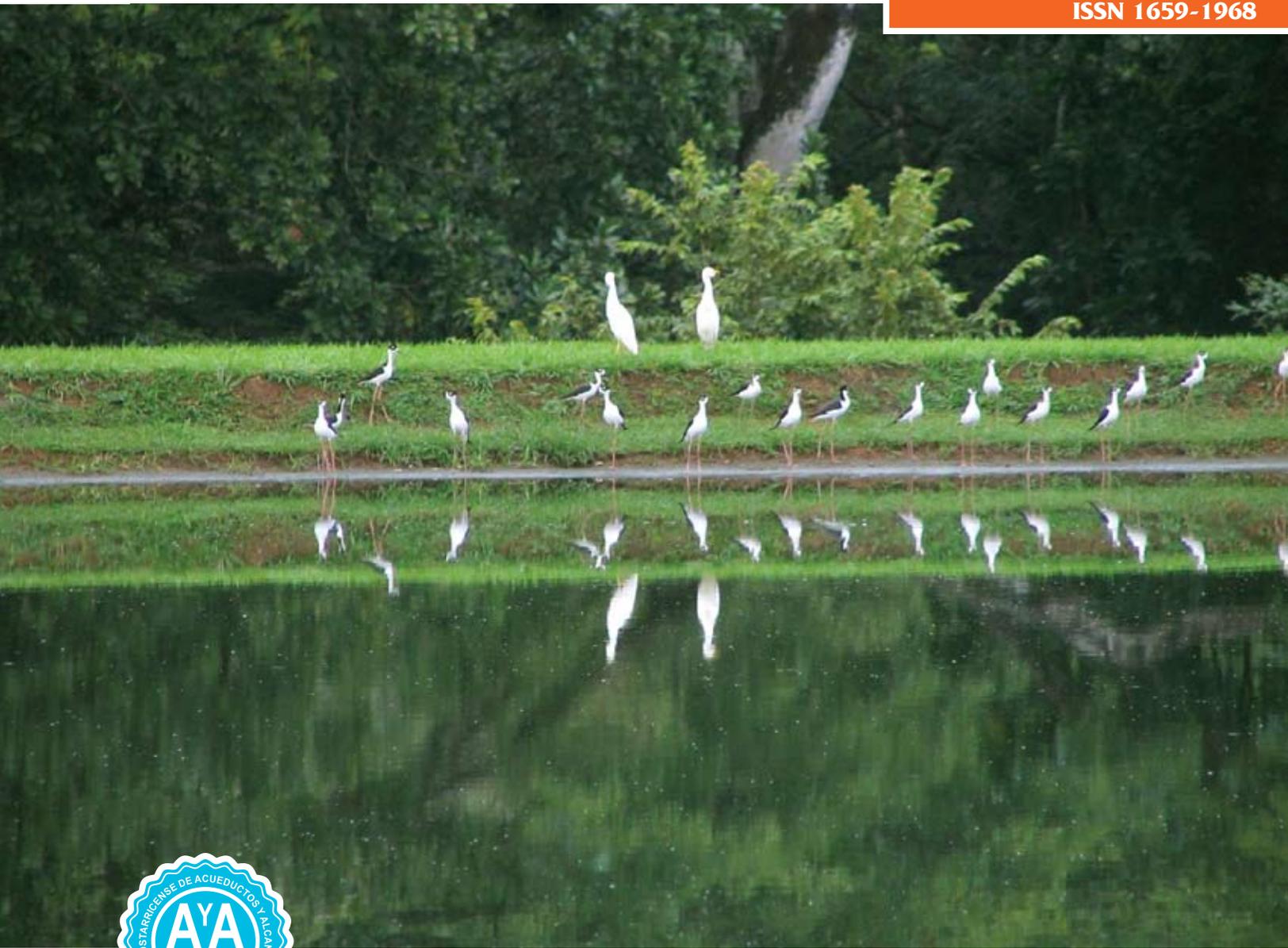


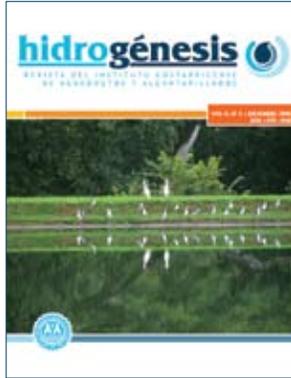
hidrogénesis



REVISTA DEL INSTITUTO COSTARRICENSE
DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

VOL 4, N° 2 / DICIEMBRE 2006
ISSN 1659-1968





2

Consejo Editorial

Adscrito a la Comisión de Investigación y Desarrollo de AyA (CID)

consejo.editorial@aya.go.cr

Fabiola Badilla S.
German Araya M.
Elvira Guevara R.
Carmen Valiente A. / Coordinadora
Peggy Porras W.
Sonia Guevara R.
Lorelly Marín M.

Diseño y diagramación

InterGraphic DESIGNS

ISSN

1659-1968

Impresión Litográfica

Publicaciones AyA

Fotografía de portada

Lagunas de estabilización de Nicoya, Guanacaste, Alvaro Araya García.

Fotografías

Rafael Barboza T, Franklin Flores G, Fernando Araya A y Hector Feoli B.

Colaboradores

Gerencia General
Proveeduría
Gestión Documentación e Información

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, 2006

Semestral.

ISSN: 1659-1968

Título Original Revista Evolución

1. SALUD PÚBLICA
2. ASADAS
3. RECURSOS HIDRICOS
4. AGUAS RESIDUALES
5. GESTION ADMINISTRATIVA.
6. RIESGOS NATURALES-SISTEMA AGUA POTABLE
7. PUBLICACIONES PERIÓDICAS.

INDICE

Editorial

Mitos y realidades en los sistemas de contratación administrativa 4
 (Oscar Quesada Vargas)

Sección Agua Potable 7

Evaluación del potencial hidrogeológico del acuífero La Bomba, cuenca 8
 del río Banano, Limón, Costa Rica
 (Mauricio Vásquez Fernández)

Riesgo: Ataques intencionales (primera parte) 27
 (German Araya Montezuma y Carmen Valiente Álvarez)

Sección Aguas Residuales 36

Sistema de tratamiento de la sección de aguas 37
 residuales del Laboratorio Nacional de Aguas. Modalidad integrada
 para líquidos biopeligrosos y químico tóxicos.
 (José Miguel Ramírez Corrales)

Sección Administrativa 45

SICEO: El proceso del Sistema Automatizado para el Control de Entes 46
 Operadores
 (Mario Díaz Blanco)

Control Interno: una herramienta institucional 50
 (Sonia Murillo Hurtado)

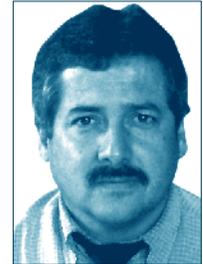
La Empresa de Servicios Públicos de Pérez Zeledón ¿Un Ornitorrinco jurídico? 55
 (Fernando Bonilla Orozco)

Ventana Externa 60

Gasto en ejército y su impacto sobre la salud pública en el 61
 contexto mundial
 (Darner Mora Alvarado y Felipe Portugués Barquero)

Editorial

Mitos y realidades en los sistemas de contratación administrativa



Oscar Quesada Vargas¹

4

Durante la última década, han proliferado múltiples denuncias, por el perjuicio causado al Estado, contra algunas instituciones del sector, motivadas por la mala gestión pública en los procesos de contratación administrativa que, fruto de la inobservancia, el desinterés, las omisiones, la ineficiencia, el clientelismo político, el compadrazgo, por citar algunos factores, se han confabulado para propiciar de parte de los contratistas, reclamos administrativos millonarios, muchos de los cuales han estado cobijados por los más altos esquemas de corrupción de la cual se tenga conocimiento. Ello, sin contar en que muchas de las adjudicaciones se han direccionado para beneficiar a grupos premeditadamente estructurados para la obtención del contrato.

Las anomalías detectadas en el ICE, el MOPT, la CCSS, el INS, el MSP, entre otros, revelan que los sistemas de contratación son muy vulnerables y se encuentran expuestos a la voracidad de los contratistas y al contubernio de diferentes actores que participan en estos procesos públicos.

Muchos argumentan que la génesis de los problemas se centralizan en la elaboración de los carteles, en la imprecisión de la información contenida en ellos y en algún grado en el establecimiento de condiciones técnicas propiciadoras del “chorizo”. Otros, en que las leyes y reglamentos de la contratación administrativa involucran elementos que favorecen el estado de permisibilidad y corrupción, alientan las apelaciones y promueven pagos millonarios por la tolerancia de atrasos trasladados al estado en la facilitación de tareas al contratista; razón por la cual deben ser modificadas. Todo lo anterior, moviéndose dentro de un exasperante estado de burocracia al ritmo y pautas que fijan agentes externos de control.

Alentados por las condiciones que el sistema de contratación provee, una buena parte de los empresarios dedicados a las actividades de ejecución de obra pública se han ido profesionalizando y su gestión se ha encaminado más al usufructo indiscriminado del erario público (saqueo) mediante la figura del reclamo administrativo, que a la digna tarea de elaborar la obra contratada. No en vano se señala que la fortaleza de las empresas se sustenta en la constitución de asesorías jurídicas de alto nivel, quienes se encargan de desmenuzar los portillos detectados en el Cartel, con el propósito de resarcir a través de las

¹Ingeniero Civil. Maestría con énfasis en geotecnia. Dirección Construcción de Obras AyA
osquesada@aya.go.cr

demandas, parte las utilidades que los contratistas no pudieron obtener a partir del trabajo contratado. Son incontables los casos en donde los reclamos triplicaron los montos de la contratación y en algunos casos terminaron pagándose indemnizaciones millonarias, sin ni siquiera haber iniciado el Proyecto. Decía un editorial de un periódico nacional, referido al contrato del préstamo finlandés y en general al capítulo de recientes contrataciones amañadas que “Pocas veces tantos, nacionales y extranjeros, en nuestra vida política y el funcionamiento del estado, habían causado tanto daño a las instituciones públicas y al país en los órdenes moral, financiero y de la salud, con tanta maestría, en tan poco tiempo. Si existiera el museo de la corrupción, no habría duda de que esta escultura ocuparía uno de los sitios de honor.”

Aún y cuando el panorama anterior asociado a los altos niveles de corrupción no corresponde a una situación en la cual haya estado inmersa nuestra Institución, por lo menos hasta donde se tenga conocimiento, los procesos de contratación sí se han visto afectados por el advenimiento de algunas de las prácticas precitadas.

Para muestra un botón: producto de las obras de rehabilitación del suministro de agua potable y alcantarillado sanitario y pluvial de la Ciudad de Limón, se tuvo la ingrata experiencia, no por la calidad de las obras construidas, sino por los reclamos administrativos presentados al final de la ejecución del proyecto, de conocer en todo su esplendor a uno de estos especímenes de contratistas, que evidentemente se aprovecharon de las deficiencias del Cartel de Licitación y de las condiciones técnicas y administrativas bajo las cuales se fundamentó el proceso de fiscalización y ejecución del proyecto.

Como ya es de todos conocido la empresa, de nacionalidad italiana, terminó por llevarse de las arcas de la Institución y por ende de todos los costarricenses, una suma cercana a los seiscientos millones de colones, en medio de un proceso de arbitraje, que aún plantea serias dudas por las condiciones en que se llegó a éste y consecuentemente por el resultado del mismo. No resultó extraño, que ante estas circunstancias se alentaran y promovieran reclamos administrativos de otras empresas contra el AyA con el afán de obtener regalías similares.

Para terminar de comprometer la estabilidad institucional, nuevamente se le adjudica un proyecto a la empresa italiana, quien logra su cometido, fundamentando la oferta en un atractivo y millonario descuento, el cual dejó por fuera al resto de oferentes. El resultado final de este contrato era previsible: la constitución de un nuevo arbitraje, creyendo encontrar las mismas facilidades otorgadas en el contrato anterior. Dichosamente la historia fue otra, y después de un arduo y extenuante proceso, se hizo justicia y el arbitraje fue resuelto positivamente para el Instituto.

Lo aleccionante en el proceso de arbitraje y en otros reclamos administrativos a los que la institución se ha visto sometida, fue identificar una importante cantidad de hechos y situaciones, que se convierten ahora en lecciones aprendidas : deficiencias en los carteles de licitación, indefinición del alcance real de las actividades contratadas lo cual motiva la constitución de innumerables órdenes de cambio y



con ello aumentos de plazo, planos de construcción y presupuesto que no reflejan adecuadamente el objeto del contrato, fiscalización de obras sin el rigor que el proyecto exige, desatenciones en la administración del contrato, etc.

Así es importante acotar que tales situaciones tienen solución y se logra con capacitación, dotación de recursos humanos y materiales a las unidades involucradas en los procesos de contratación, coordinación interna para agilizar los trámites, las reformas a la Ley de Contratación Administrativa, una actitud más proactiva de parte del ente contralor y evidentemente la elaboración de adecuados documentos cartelarios.

El mito de que los procesos de contratación y ejecución de obras que se maneja en el sector público es sumamente deficiente, en particular en nuestra Institución, se puede combatir si se engranan todos los factores antes mencionados. Difícilmente se podría lograr si las unidades de contratación administrativa se reducen a su mínima expresión, si a la proveeduría se le cercenan los recursos humanos disponibles y a las unidades de diseño y ejecución no se le brindan las condiciones necesarias para cumplir con sus objetivos.

agua potable



Captación Naciente Las Tablas, San Vito de Coto Brus. FOTOGRAFÍA: RAFAEL BARBOZA

Evaluación del potencial hidrogeológico del acuífero La Bomba, cuenca del río Banano, Limón, Costa Rica



Mauricio Vásquez Fernández¹

8

Resumen

La zona de estudio se localiza en la parte baja de la cuenca del río Banano, en la provincia de Limón, Costa Rica. El objetivo principal es evaluar el potencial hidrogeológico del acuífero La Bomba por medio de la modelación numérica utilizando el programa Visual ModFlow 4.0. El acuífero La Bomba constituye la principal fuente subterránea de agua potable para la ciudad de Limón cuya población es de aproximadamente 65.000 habitantes. En el área aflora la formación Río Banano sobreyacida por depósitos aluviales cuaternarios en donde se encuentra el acuífero La Bomba cuyo espesor es de 30 m. El flujo base del río Banano es $4,89 \times 10^8$ m³/año. Se calculó una recarga por lluvia de $5,59 \times 10^6$ m³/año para el acuífero La Bomba y un aporte lateral desde la formación Río Banano de $1,87 \times 10^6$ m³/año. Las principales recargas ocurren por infiltración del agua del río, la lluvia, el flujo proveniente de la parte norte de la planicie aluvial y el aporte lateral de la formación Río Banano. Se determinó una depresión en el basamento asociado a un paleocanal abajo del campo de pozos actual. El área modelada es de 4,48 km² en el acuífero La Bomba, tomando como límite sur el río Banano, que se comporta como influente en esa área. Las conductividades hidráulicas varían entre 20 y 840 m/día. Se delimitaron las zonas de captura de los pozos que se utilizan actualmente y se determinó que la mayoría del agua proviene de la recarga del río Banano y actualmente sólo se utiliza un 15% de la capacidad del acuífero; el potencial hidrogeológico ronda los 1200 l/s. La mejor zona para nuevas captaciones se ubica este del campo, según la simulación en el modelo de nuevos escenarios.

Palabras clave: Río Banano-Limón, Acuífero-La Bomba, Hidrología, Cuencas hidrográficas.

¹Master en Geología con énfasis en Manejo de Recursos Hídricos e Hidrogeología.
mauriciovafer@gmail.com

Introducción

El acuífero La Bomba constituye con la principal fuente subterránea de agua potable para la ciudad de Limón y alrededores; el AyA cuenta con 6 pozos de donde extrae unos 150 l/s mientras que el Acueducto Rural de Río Banano y Beverly utiliza 2 pozos los cuales en conjunto bombean unos 50 l/s.

Esta investigación define, por primera vez, el modelo conceptual del acuífero. La Bomba para elaborar posteriormente, un modelo numérico del acuífero en el programa Visual Modflow para evaluar su potencial hidrogeológico.

Cabe indicar que los modelos numéricos de acuíferos tienen varias aplicaciones: permiten realizar simulaciones de nuevos pozos, delimitar las zonas de captura de los pozos, calcular las interferencias y pronosticar cambios en las condiciones hidrogeológicas como la recarga por ejemplo para evaluar las consecuencias en las extracciones de los pozos.

La zona de estudio se localiza en la parte media baja de la cuenca del río Banano, en la vertiente atlántica de Costa Rica - al sur de la ciudad de Limón- se extiende desde la localidad de Aguas Zarcas hasta La Bomba y Beverly, entre las coordenadas Lambert Norte 208 000 - 214 000 N y 631 000 - 646 000 O en la hoja topográfica Río Banano, escala 1:50 000 del IGN (Figura 1).

Requiere evaluar el potencial del acuífero La Bomba, lo que involucra conocer y determinar numéricamente la cantidad de agua que se puede extraer sin llegar a sobreexplotarlo; por esto, es necesario conocer las características hidrogeológicas del acuífero como límites físicos, la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento para determinar la recarga a las aguas subterráneas y la relación hidráulica con el río.

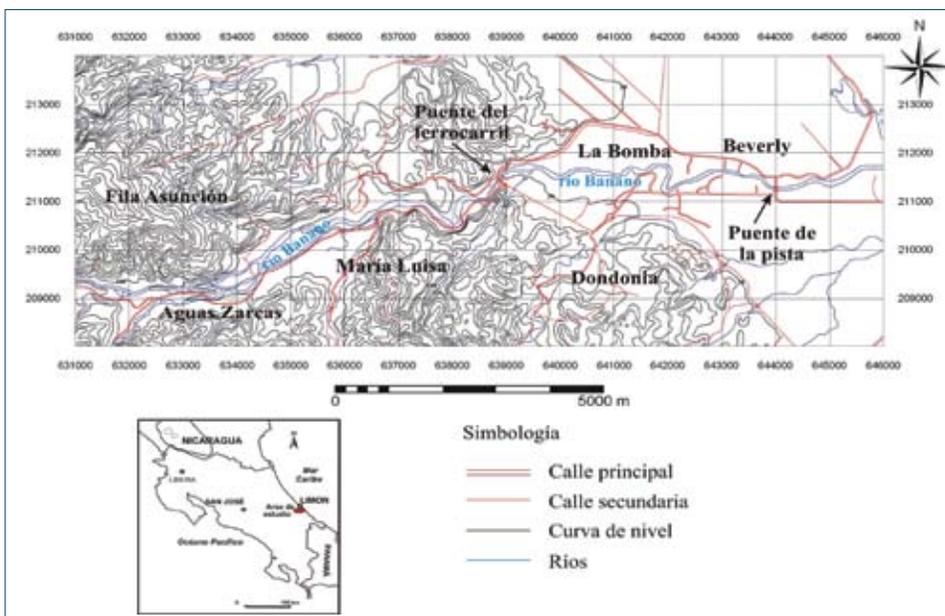


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio, cuenca media y baja del río Banano. Parte de la hoja topográfica Río Banano del IGN, escala 1:50 000.

Geología

El área de estudio se localiza en la cuenca sedimentaria de Limón Sur estudiada por Campos (1987) y Bottazzi et. al (1994) entre otros, se caracteriza por presentar estructuras tectónicas de tipo compresivo como fallas inversas, fallas de desgarre y pliegues. Los ríos tienen topografía abrupta y desembocan en el mar desarrollando llanuras aluviales como la del río Banano que se extiende unos 7 km al este del puente del ferrocarril en La Bomba. (La figura 2 es un mapa geológico regional y la columna estratigráfica de la cuenca Limón Sur).

Las unidades geológicas que afloran en la zona de interés son la formación Río Banano y los depósitos Cuaternarios. La primera está constituida, principalmente por arenas medias a finas, de color verdoso, con un alto contenido de fósiles que fueron depositadas en un ambiente marino somero y son de edad Mioceno Medio/Superior-Plioceno (entre 15 y 5 millones de años). Esta formación aflora en las partes montañosas de la zona.

10

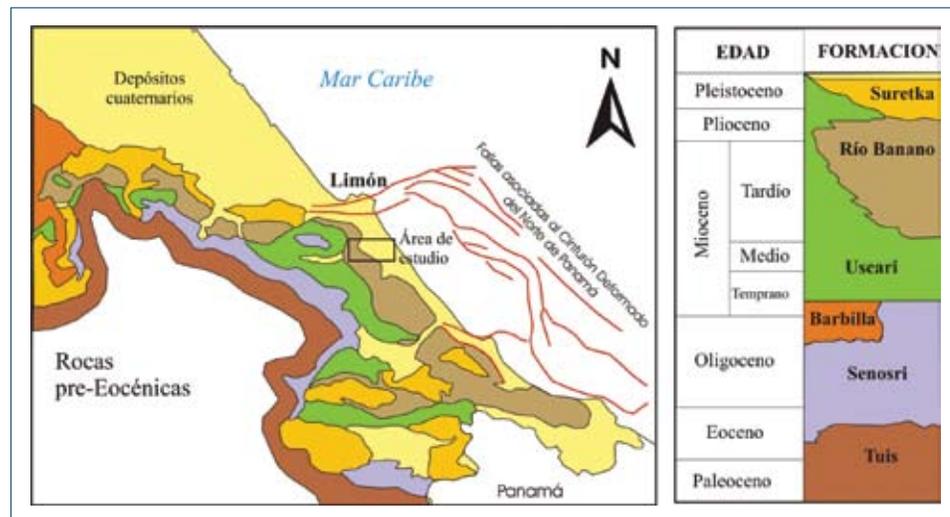
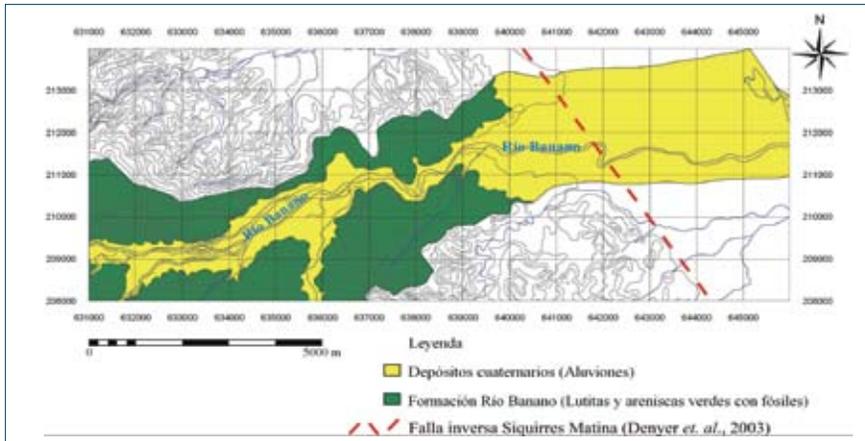


Figura 2. Mapa geológico y columna estratigráfica regional de la Cuenca Limón Sur.

Fuente: Botazzi et al (1994)

Las partes planas de la llanura aluvial y el valle del río Banano están constituidas por depósitos aluviales de granulometría muy variada, pues son producto de la erosión de las montañas de la cuenca y el posterior arrastre y depositación por parte del río, tienen una edad menor a 1 millón de años (Cuaternario).

A la altura del puente del ferrocarril en La Bomba existe una garganta, a partir de ahí aguas abajo se forma un abanico aluvial, en donde el río, al cambiar de pendiente y emerger de la montaña, deposita su carga hasta formar aluviones del cauce superior. La falla inversa Siquirres-Matina, definida por Denyer et. al (2003), atraviesa la zona y corta al río Banano, ello provoca una curvatura muy peculiar en su cauce, a unos 3 km al este del puente del ferrocarril y representa una evidencia en la superficie de la falla. Lo anterior se aprecia en la figura anterior 3.



Hidrología

El clima de la región de Limón y alrededores es del tipo “clima húmedo” a “excesivamente húmedo”, presenta una estación seca muy corta de hasta 35 días, con precipitaciones medias anuales que van de los 2200 mm hasta los 8000 mm en las partes altas y temperaturas entre los 18° C y los 27° C (Herrera, 1985). En la zona de estudio la precipitación promedio anual es de 2800 mm (Estación La Bomba, Instituto Meteorológico Nacional, actualmente clausurada).

La cuenca del río Banano abarca 204 km² y posee una altura máxima de 1800 m.s.n.m., su principal colector es el río Banano, el cual presenta un patrón meándrico debido a las condiciones de baja pendiente. Su cauce varía constantemente, ya que con las crecidas de cada año aumenta su capacidad erosiva y ello fácilmente arrastra los materiales poco consolidados dentro de su cauce y zona de inundación. Las extracciones de material del río podrían romper el equilibrio natural y variar su nivel base de erosión, pues el río tendería a recuperar el material extraído arrastrándolo de las paredes del cauce y de zonas aguas arriba del punto de extracción.

El AyA maneja un registro de aforos puntuales desde 1985, en el se observa que el caudal promedio es de 11 847 l/s; mientras el mayor caudal registrado ha sido de 42 565 l/s; y el menor, de 3 813 l/s. Se llevaron a cabo dos campañas de aforos diferenciales durante los meses de menor precipitación (septiembre y octubre del 2004), se midieron caudales en cinco puntos del río Banano entre el puente del ferrocarril y el puente de la pista, además de la quebrada “Montincao”. La figura 4 nos muestra los puntos de aforo señalados.

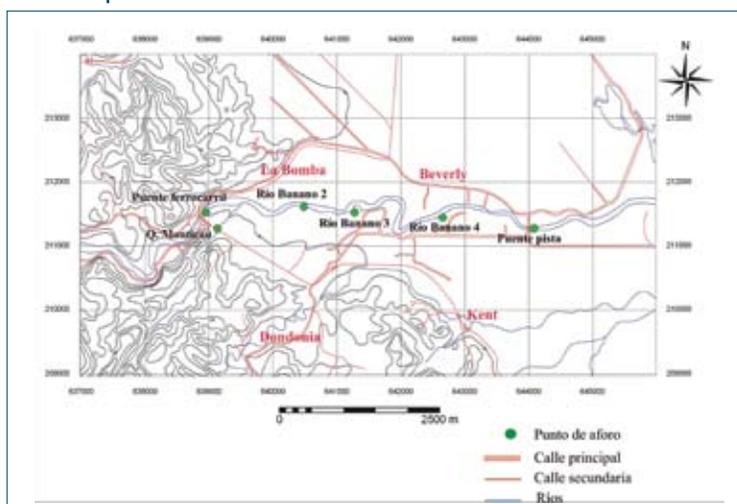
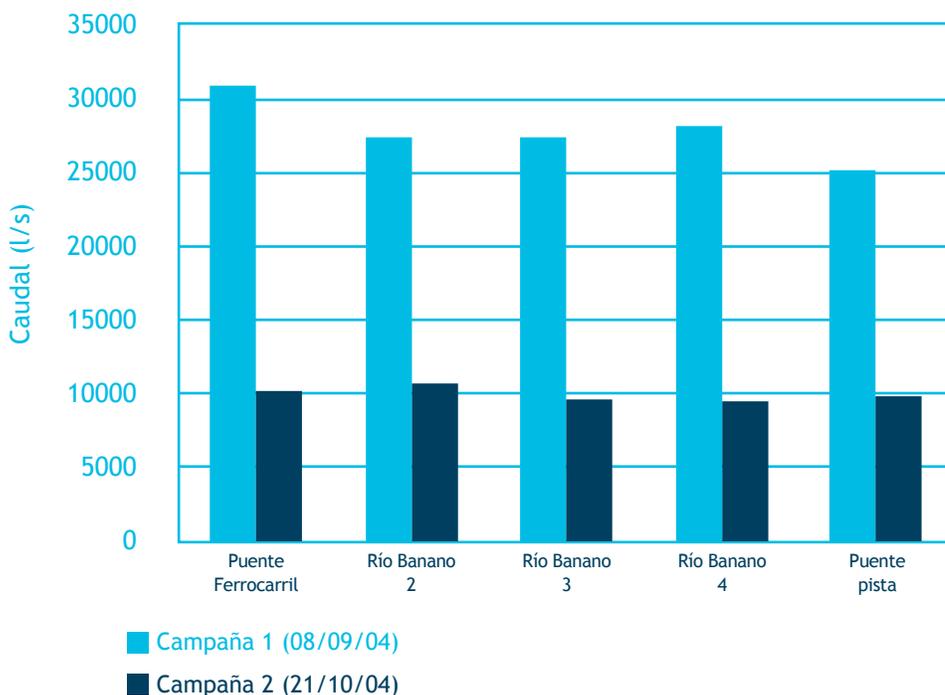


Figura 4. Puntos de aforo diferencial en el río Banano.

Por su parte el gráfico de la figura 5 es una comparación entre los caudales medidos en ambas campañas de aforo. La quebrada Montincao no se tomó en cuenta ya que su caudal es despreciable en comparación con el del río. En la Campaña 1, el río pierde un caudal de más de 3 000 l/s entre el punto “puente ferrocarril “ y el punto “río Banano 2”, esto implica que en este tramo se comporta como influente, mientras el resto de las mediciones, las variaciones en el caudal se mantienen dentro del grado de incertidumbre del instrumento. No ocurre lo mismo en la Campaña 2, pues el río mantuvo su caudal sin variaciones considerables a lo largo del mismo tramo medido. Cuando el río mantiene su caudal, es posible que se deba a las altas permeabilidades de los materiales circundantes, las cuales hacen que la dirección del flujo de agua subterránea sea la misma que la del río, y no se observen diferencias en los aforos. Las extracciones de los pozos en total podrían ser de unos 200 l/s, de allí que no se notarían pérdidas en el río si los conos de abatimiento lo interceptaran pues su caudal promedio es de 11 000 l/s.

Figura # 5

GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE LAS CAMPAÑAS DE AFORO DIFERENCIAL EN EL RÍO BANANO



El flujo base de la cuenca del río Banano se calculó a través de los registros de aforos diarios realizados durante el año hidrológico 1992-1993, datos recopilados en el Boletín Hidrológico del ICE. Dicha estación se localizaba a la altura del puente del ferrocarril, por tanto, ese flujo base no toma en cuenta el volumen aportado por el acuífero La Bomba, es un flujo que estaría entonces disponible para el acuífero. El volumen total escurrido de la cuenca del río Banano es de 244×10^8 m³/año, el promedio anual de $6,69 \times 10^8$ m³/año, de los cuales el 73% corresponde a flujo base de la cuenca, igual a $4,89 \times 10^8$ m³/año.

Se calculó la recarga de lluvia de las unidades hidrogeológicas del área de estudio. El estudio en la estación La Bomba, llevado a cabo durante 6 años, reveló que el promedio de precipitación es de 2919 mm anuales de precipitación.

La evapotranspiración potencial se calculó en 1059 mm anuales al utilizar el método de tanque de evaporación para esto se realizaron 8 pruebas de infiltración en la zona con métodos de anillos concéntricos (Método de Müntz) y el método de Porchet. Los valores varían desde 0,5 hasta 4,0 m/día. Los depósitos aluviales varían en pocas distancias y, por ende, los suelos, de manera que se asignaron polígonos de Thiessen a la zona de los depósitos aluviales, únicamente, para distribuir los valores de capacidad de infiltración y también poder asimismo clasificar los suelos. En la figura 6 se observa un mapa con los polígonos, los puntos de ensayos de capacidad de infiltración y el tipo de suelo según el análisis granulométrico.

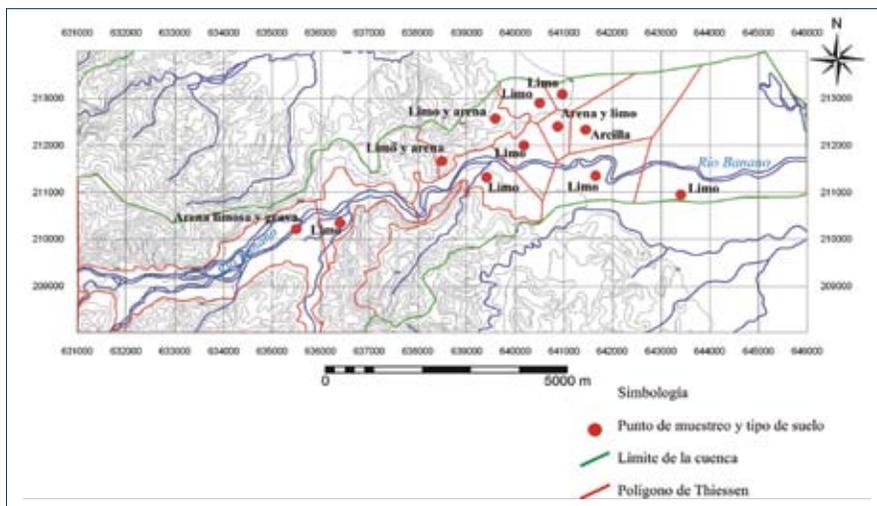


Figura 6. Mapa de los puntos de ensayo de capacidad de infiltración, polígonos de Thiessen y tipo de suelo.

Se evaluaron los principales usos de los suelos en la cuenca baja del río Banano, para esto se utilizó la interpretación de fotografías aéreas de 1998 y la comprobación de campo (figura 7). Las zonas montañosas están cubiertas por bosques del tipo secundario transicional, en las partes planas los usos de la tierra son distintos: hay plantaciones de banano en el valle del río en Aguas Zarcas y al norte de Beverly, hay pastos y árboles dispersos en la margen izquierda del río y en la margen derecha, terrenos cubiertos de pastos usados como potreros. La densidad de población en la zona es baja, menor a un 10%.

El cálculo de la recarga por lluvia se realizó en una hoja electrónica elaborada por Schosinsky (2003), en la cual se utilizan los coeficientes de infiltración para vegetación (K_v) y pendiente (K_p) de Schosinsky & Losilla (2000).

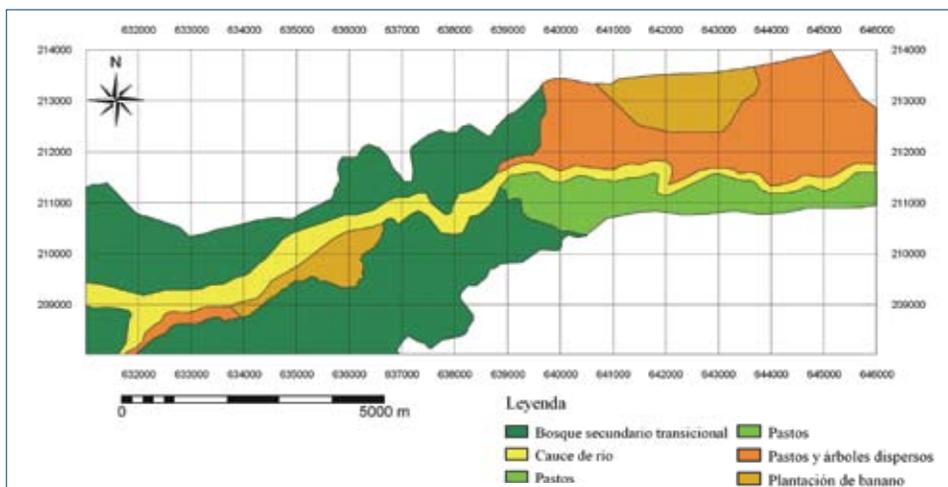


Figura 7. Usos del suelo en la cuenca baja del río Banano.

Ahora bien el gráfico de la figura 8 es una comparación de las recargas de los depósitos aluviales y la formación del Río Banano. En los meses de menor precipitación (marzo, septiembre y octubre) la lluvia alcanza para abastecer las necesidades de las plantas pero no hay recarga a las aguas subterráneas, si bien las mayores precipitaciones son en noviembre y diciembre, la mayor recarga ocurre en julio porque desde abril los suelos se mantienen en su capacidad de campo; cuando comienzan las lluvias de noviembre, los suelos están por debajo de su capacidad de campo, por esto, el agua debe abastecer primero esa condición para que se lleve a cabo la recarga a las aguas subterráneas.

Figura # 8

RECARGA PROMEDIO MENSUAL POR LLUVIA A CADA UNA DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

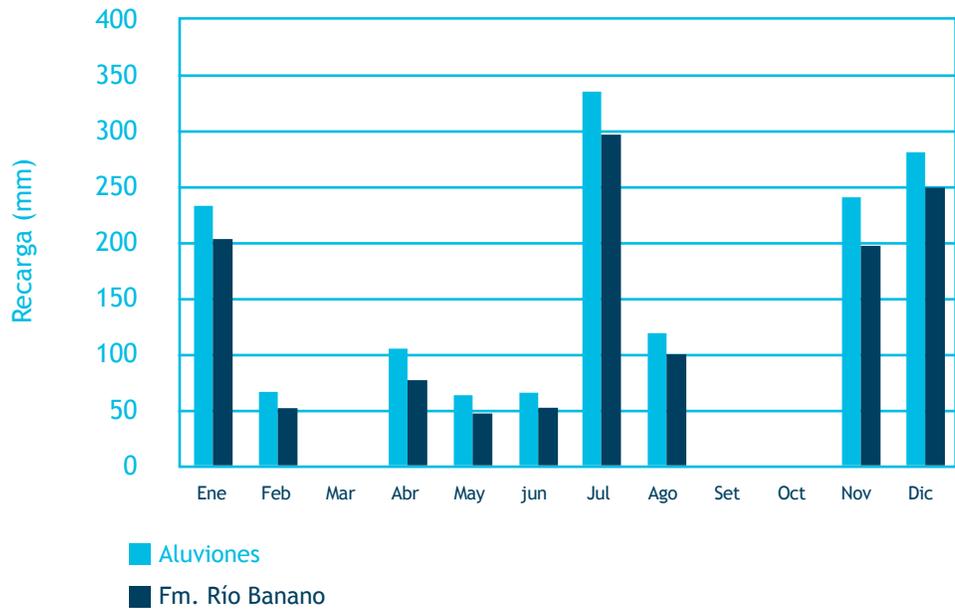


Figura 8. Recarga promedio mensual por lluvia a cada una de las unidades hidrogeológicas.

Tal y como lo expone el cuadro 1, para calcular los valores en volumen y caudal equivalentes a la recarga de lluvia de las unidades hidrogeológicas, uncorriente se consideró el área que cubre cada unidad dentro del área de estudio. Conviene indicar que la formación Río Banano cubre la mayor parte.

Cuadro # 1

VOLUMEN Y CAUDAL EQUIVALENTE A LA RECARGA DE LLUVIA DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Unidades hidrogeológicas		Área (x106 m2)	Volumen (x106 m3/año)	Caudal equivalente (l/s)
Depósito	La Bomba	3,72	5,59	177,16
Cuaternarios	Aguas Zarcas	6,73	10,18	322,80
Formación Río Banano		18,92	24,60	780,06

Una microcuenca de la formación Río Banano con una extensión de $1,44 \times 10^6$ m² (ver figura 9) drena y recarga lateralmente al acuífero La Bomba aportando $1,87 \times 10^6$ m³/año (cifra equivalente a un caudal de 59 l/s).

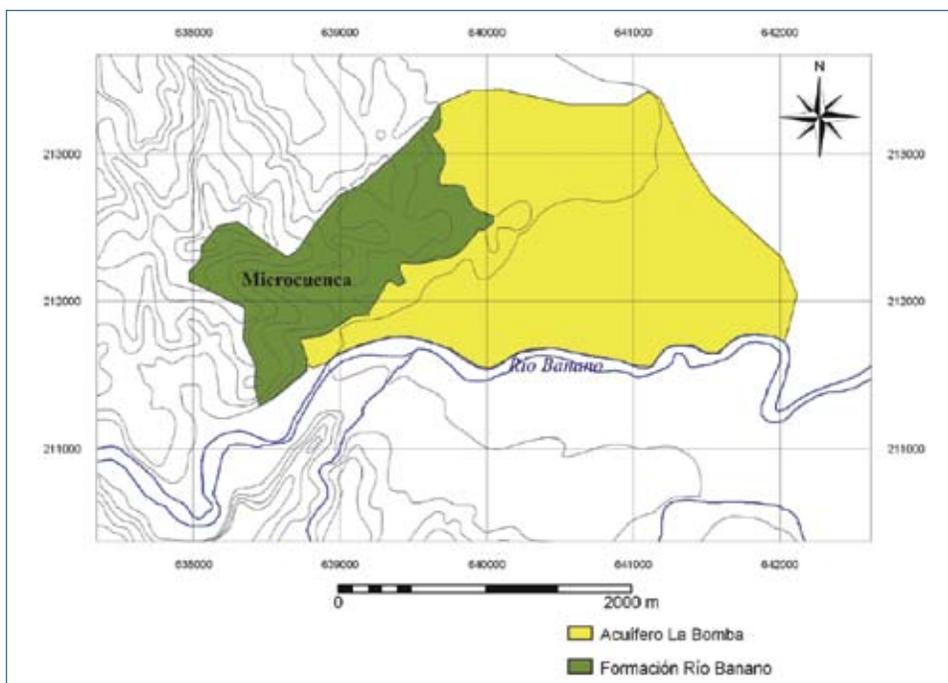


Figura 9. Microcuenca de la formación Río Banano que recarga en forma lateral al acuífero La Bomba.

Mientras tanto el área ocupada por el acuífero de Aguas Zarcas recibe un volumen de recarga mayor al de La Bomba, ello significa que existe un alto potencial de agua subterránea sin explotar en esta zona.

Hidrogeología

El acuífero La Bomba se localiza en la margen izquierda del río Banano, limita al sur con el mismo río; al oeste, con los cerros de la formación del río Banano, al este, con la falla Siquirres - Matina y al norte, con el límite de la cuenca trazado en este estudio, el cual no en correlaciones de pozos. Su espesor alcanza unos 30m de profundidad, sin embargo aumenta hacia el este por la pendiente que el basamento tiene hacia la costa. Por su parte, el acuífero de Aguas Zarcas se localiza en su totalidad dentro del valle aluvial del río Banano, al oeste de la zona.

En un perfil de rumbo noreste pasando por el campo de pozos del AyA, se notan las irregularidades en el basamento, lo cual se asocia a paleo-canales cuando el río recién empezaba a discurrir por las rocas de la formación del Río Banano. Los paleo-canales se caracterizan por el flujo rápido de agua y por constituir las zonas más favorables para la construcción de pozos. Allí son comunes las lentes de arcillas, y de arenas y gravas gruesas. El nivel freático proviene de la parte norte (derecha del perfil) la cual corresponde a la llanura aluvial, donde existe recarga por la lluvia y el acuífero tiene un comportamiento confinado; y de la parte sur (izquierda del perfil), es decir, del río Banano, por medio de una recarga directa del río, aquí el acuífero se comporta libre.

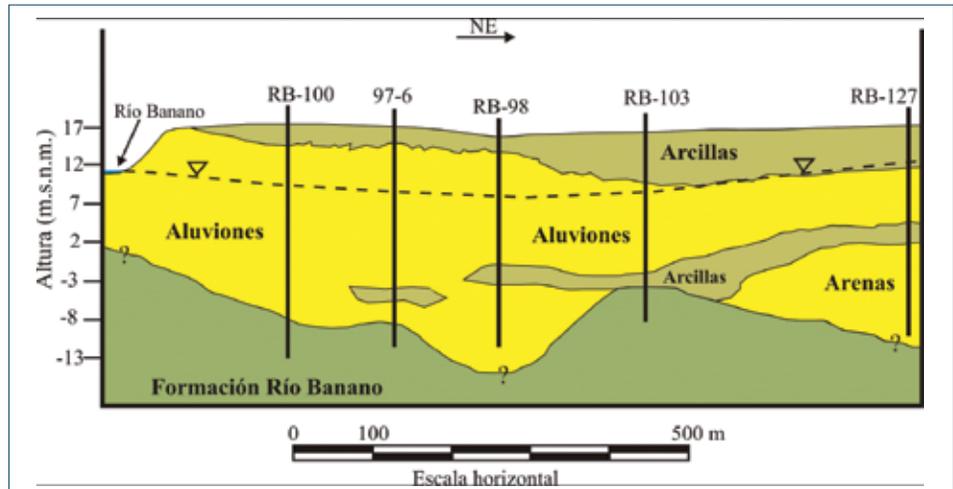


Figura 10. Perfil hidrogeológico del acuífero La Bomba.

Con base en la medición de los niveles estáticos de varios pozos en La Bomba usados por el AyA y aquellos fuera de operación, se elaboró el mapa de isofreáticas para el acuífero La Bomba (Figura 11). En éste se notan los flujos tanto de la llanura aluvial como del río Banano hacia el campo de pozos; hacia el este el flujo es paralelo al río y en dirección a la costa. La condición anterior se mantiene durante el año, sin embargo, la cantidad de agua varía según la recarga. Cuanto mayor es la recarga, mayor es el gradiente de la llanura aluvial del norte y cuando la recarga es baja el agua proviene su mayoría el flujo base del río Banano.

En los aforos diferenciales de septiembre se comprobó la pérdida de caudal en la parte inmediata al puente del ferrocarril en dirección aguas abajo. Las isofreáticas están influenciadas por la morfología del basamento.

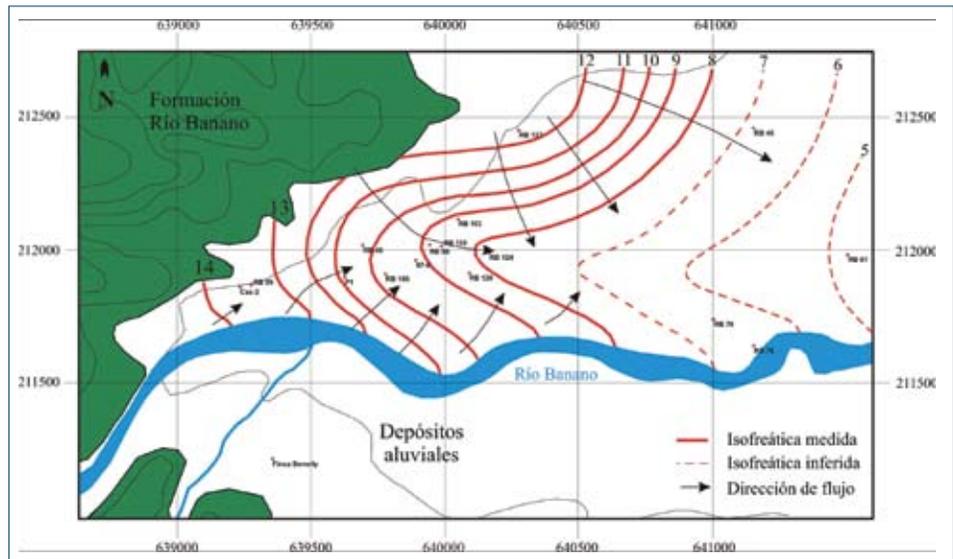


Figura 11. Isofreáticas para el acuífero La Bomba en mayo de 2005.

Dentro de la zona de estudio existen 47 pozos de los cuales 17 son excavados y 30 perforados. La mayor concentración de perforaciones ocurre en la zona oeste del acuífero La Bomba, alrededor del campo de pozos como se observa en la figura 12. Varios pozos se ubican en los alrededores de Dondonia y Kent, al sur de la zona de estudio, fuera del acuífero La Bomba.

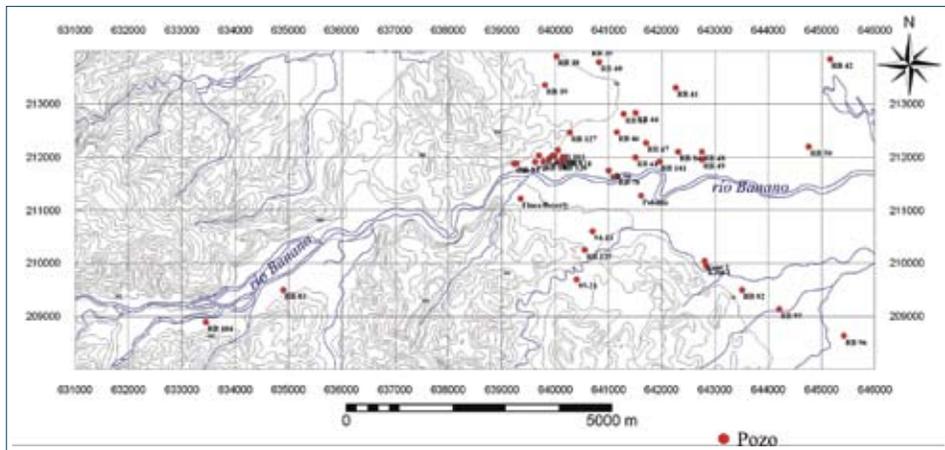


Figura 12. Mapa de pozos de la zona de estudio.

Se elaboró una prueba de bombeo y con base en pruebas anteriores se definieron los parámetros hidrogeológicos para el acuífero La Bomba. En el cuadro 2 está el resumen de los valores obtenidos con los métodos de Theis, Jacob y Neuman. Se realizaron dos pruebas con pozos de observación. En términos generales, los valores de coeficiente de almacenamiento son de acuífero semiconfinado, pues son del rango de 10-2. Las transmisividades son altas, pues oscilan entre 113 hasta más de 20 000 m²/día.

Cuadro # 2

PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS DEL ACUÍFERO LA BOMBA

Prueba de bombeo	Neuman			Jacobs			Theis		
	T	k	S	T	k	S	T	k	S
Pozo 6	226	10,80	-	2570	122	-	798	38	-
Pozo 5 (obs)	22200	1280	0,0165	15600	901	0,0219	25000	1450	0,0171
Pozo 97-6	111	7,20	-	514	62,80	-	470	30,40	-
RB-127	113	5,75	-	2590	132	-	398	20,30	6,64E-8
RB-78	163	10,10	-	725	44,90	-	479	29,70	-
RB-79 (obs)	634	37,90	6,21	652	51,50	0,0790	715	42,80	10,20

Entre los métodos de geofísica utilizados para estudiar las propiedades del subsuelo y del acuífero se encuentra la tomografía eléctrica esta constituye una serie de electrodos hincados en el suelo a un mismo intervalo igual de separación a lo largo de una línea de perfil, la cual varía entre 1 y 15m, dependiendo de la profundidad de la investigación deseada.

La tomografía eléctrica es una aplicación de la geofísica sumamente eficaz que permite fácilmente interpretar condiciones geológicas e hidrogeológicas en profundidad, es a través de imágenes elaboradas a partir de resistividades de las rocas y los suelos.

Los electrodos se conectan por medio de un cable multicanal a una computadora que mide y almacena al mismo tiempo la resistividad del suelo. Posteriormente, la información se procesa e interpreta por medio de programas de cómputo que realizan una inversión de todos los datos (Arias, 2002).

El perfil Bomba de la figura 13 se realizó entre el pozo 2 y 4, en el campo de pozos de AyA, donde se correlacionaron los valores de resistividad con el perfil litológico

del pozo 2. Tal como se observa, claramente el acuífero en el paleo-canal, que son las resistividades son mayores a $80 \Omega \cdot m$ (colores amarillos hasta morados); la capa superficial de suelos arcillosos y el basamento también de arcilla, presentan resistividades menores a $50 \Omega \cdot m$, justo en este punto el acuífero tiene unos 17m de espesor y el basamento está a 23m de profundidad.

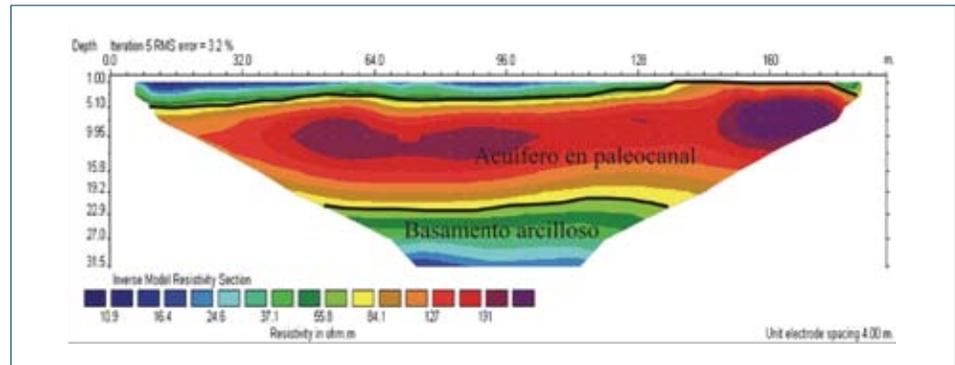


Figura 13. Perfil de tomografía eléctrica Bomba, elaborado entre los pozos 2 y 4 del AyA, acuífero La Bomba.

El perfil Polonia de la figura 14 se elaboró en la margen derecha y perpendicular al río Banano, allí se comprobó la existencia de materiales con permeabilidades bajas como arcillas (colores azules a verdes) los cuales se correlacionan con una zona de falla o probablemente el basamento de la formación río Banano. En la superficie cerca del río, a la derecha del perfil, hay cauces del río Banano recientemente abandonados, y estos poseen materiales gruesos de altas resistividades (colores amarillos a rojos).

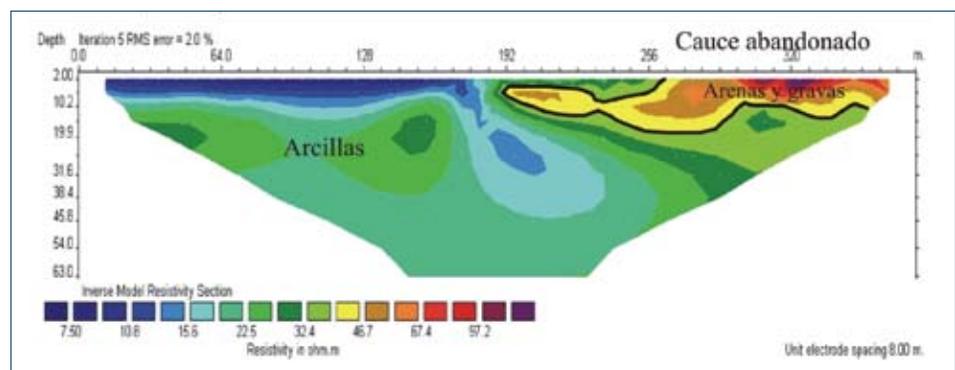


Figura 14. Perfil de tomografía eléctrica Polonia, realizado perpendicular al río y en su margen derecha.

Los análisis fisicoquímicos llevados a cabo en los pozos y en el río Banano permiten definir que el agua es del tipo bicarbonatada cálcica según el diagrama Piper, como se observa en la figura 15. Igualmente se realizaron los diagramas Piper para los análisis desde el año 2000 al 2005 y siempre las muestras caen dentro del mismo rombo.

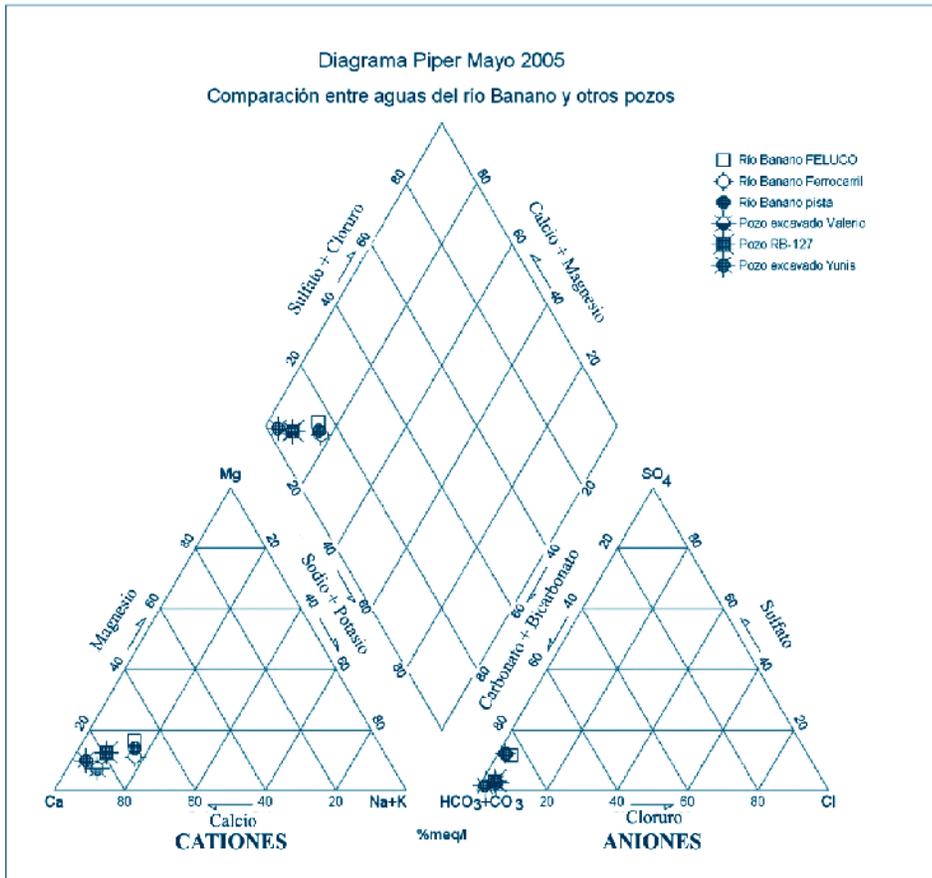


Figura 15. Diagrama Piper para algunos pozos del acuífero La Bomba y el río Banano.

Ahora bien la conductividad del agua depende de las concentraciones de iones presentes y de la temperatura. Por esto se tomaron conductividades de los pozos en bombeo del acuífero La Bomba y de otros ubicados al norte, en la llanura aluvial. A través de ello, se pudo observar cómo cambian los valores: resultan mayores a 400 μS al norte, entre 200 y 300 μS en el acuífero; mientras en algunos puntos del río, los valores fueron inferiores a 200 μS . Lo anterior demuestra que el aporte de agua hacia el acuífero La Bomba de agua proviene de la parte norte, por la recarga que ocurre en la llanura aluvial y del río Banano por infiltración directa. Las aguas del norte poseen mayores conductividades, pues han permanecido más tiempo en contacto con el subsuelo y por lo tanto, tienen más iones disueltos.

Los análisis de nitratos y sulfatos realizados en los pozos del AyA, desde hace más de 10 años, no muestran indicios de contaminación antrópica en el acuífero. Sus concentraciones máximas han sido de 11 y 47 mg/l respectivamente, aún cuando existen tanques sépticos cercanos a los pozos, inclusive dentro de su zona de captura. Las capas de arcilla que existentes en la superficie y por encima del acuífero la zona no saturada poseen materia orgánica y, posiblemente, bacterias desnitrificadoras, esto produce un ambiente reductor que beneficia la degradación y absorción de las sustancias como el nitrato y el sulfato.

Modelación numérica del acuífero La Bomba

Se elaboró el modelo matemático del acuífero La Bomba mediante el programa de cómputo de diferencias finitas Modflow (McDonald & Harbaugh, 1988) implementado con una interfase gráfica conocida como Visual Modflow 4.0 (Waterloo Hydrogeologic Inc., 2004).

Una vez definido el modelo conceptual de funcionamiento del acuífero se asignó un área por modelar, en este caso una zona de 4,48 km² alrededor de los pozos (Figura 16). Luego se dividió en celdas de 20 m², para un total de 140 columnas y 80 filas. Se escogió una única capa en el modelo para representar los depósitos aluviales. Dado que el flujo de agua subterránea está influenciado por el basamento, fue necesario interpretar, a partir de perforaciones, la distribución del piso del acuífero y de la superficie, pues el área tiene una leve pendiente hacia el este. Se utilizó el programa Surfer 7.0 para elaborar las interpolaciones y los bloques en tres dimensiones del piso del acuífero y de la superficie (Figura 17).

20

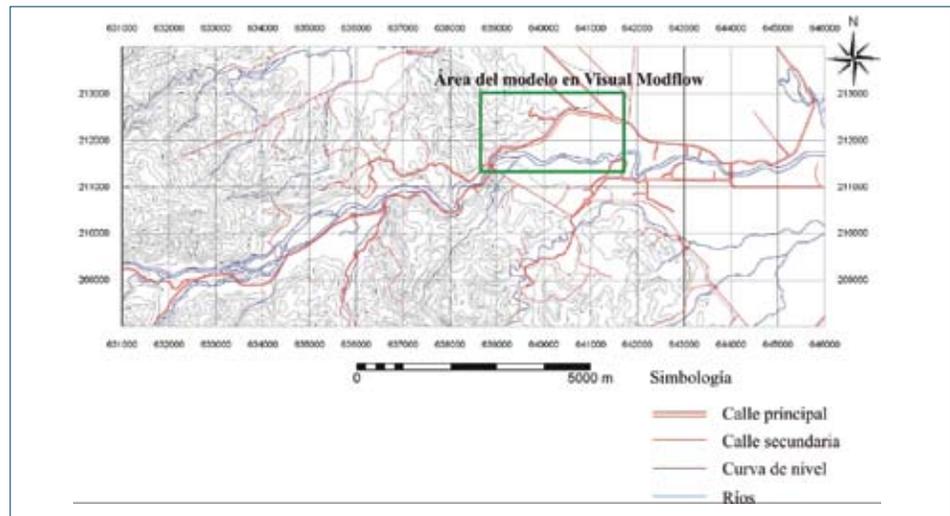


Figura 16. Área a modelar dentro de la zona de estudio.

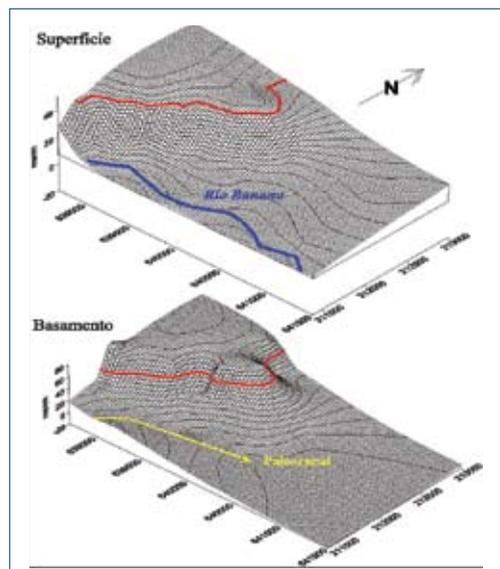


Figura 17. Bloques en tres dimensiones que muestran la distribución del basamento y la superficie. La línea roja marca la cota de 40 msnm que marca el contacto en superficie entre los aluviones y la formación Río Banano.

El río Banano corresponde a la frontera sur del modelo. Para simular el flujo proveniente de la llanura aluvial al norte y el que continua hacia el este, se asignaron barreras de carga constante, lo suficientemente distantes al campo de pozos, como para evitar la interferencia en los abatimientos, una vez comenzada la simulación del bombeo. Con base en los registros de los pozos de AyA, se colocaron los pozos con su altura en msnm de las rejillas, las bocas y los niveles observados. A través de un levantamiento topográfico de la orilla del cauce del río Banano y asumiendo un ancho constante y un espesor del material de fondo. El programa calculó la conductancia del lecho del río que representa la resistencia al flujo entre la superficie del cuerpo de agua (río) y el agua subterránea, o sea, es la capacidad del aluvión del fondo del río para conducir el agua desde el río hasta el acuífero y viceversa. Las celdas localizadas al oeste en los cerros de la formación Río Banano y al sur del río se asignaron como celdas inactivas, de modo que se asume no-flujo en esas zonas. Basados en la recarga calculada anteriormente, se indicó un valor para los aluviones y se simuló la lateral desde los cerros. La figura 18 es el esquema del modelo introducido en el programa con sus características.

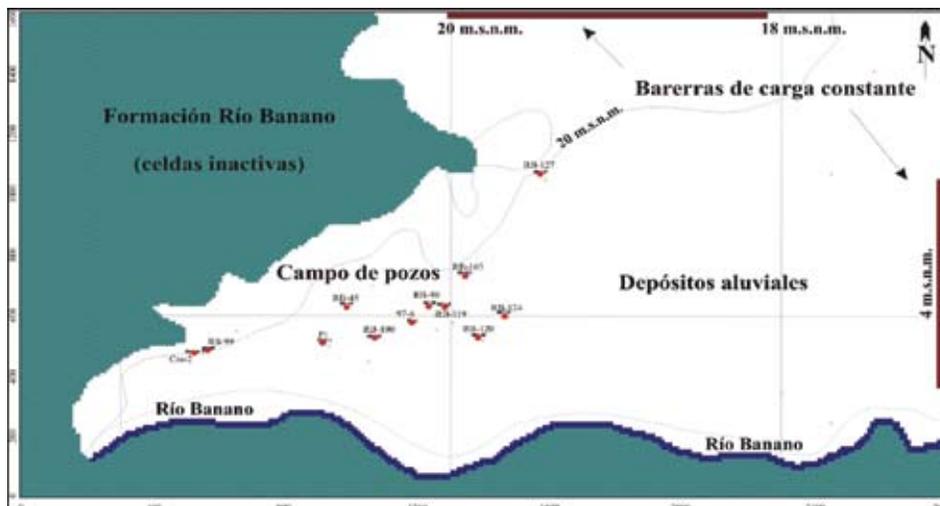


Figura 18. Esquema del modelo numérico en Visual Modflow que muestra las celdas inactivas, el río Banano, el campo de pozos y las dos barreras de carga constante asignadas.

Con base en las pruebas de bombeo se asignaron los valores de conductividad hidráulica a los aluviones del acuífero La Bomba, Los límites entre las zonas son al azar (Figura 19).



Figura 19. Zonas de conductividades hidráulicas para los aluviones del acuífero La Bomba.

Cuadro # 3

**VALORES DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA
PARA EL MODELO**

Zona	Conductividad hidráulica (m/día)
1	75
2	840
3	85

En el cuadro 3 aparecen los valores de la conductividad hidráulica de cada zona asignada, estos variaron según la calibración del modelo, hasta que se ajustaran, manteniendo siempre un valor cercano al obtenido en las pruebas de bombeo. Para calibrar el modelo se usaron los niveles estáticos medidos tanto en los pozos usados como en los que están fuera de operación. Esto con el propósito de que los niveles calculados por el programa, a partir de los parámetros dados anteriormente, se aproximen a los medidos en los pozos. Finalmente, se obtuvo una calibración con un margen de error de 0,19m lo cual es aceptable. La figura 20 muestra el mapa obtenido de la modelación para las curvas isofreáticas del acuífero, en él se nota la coincidencia con el elaborado anteriormente. Las celdas secas ocurren por el descenso del nivel freático en el borde de la montaña, el río se comporta como influente en el modelo, o sea, alimenta al acuífero.



Figura 20. Isofreáticas del modelo con el acuífero sin bombeo. Curvas cada metro.

Luego de la calibración se asignó un caudal de bombeo a los pozos que están en uso, para ello se utiliza el nivel dinámico medido para calibrar, en este caso el margen de error subió a un 0,27m. Dichos caudales asignados son el promedio de caudal de extracción de los pozos del AyA. Cabe agregar que hay una abatimiento general del campo de pozos donde ocurren interferencias entre ellos al unirse los conos de abatimiento de cada pozo, sin embargo, este efecto no resulta perjudicial.



Figura 21. Isofreáticas del modelo con el acuífero en bombeo. Curvas cada metro.

En los gráficos de la figura 22 se comparan los niveles observados y los calculados para el acuífero en bombeo y el acuífero sin bombeo.

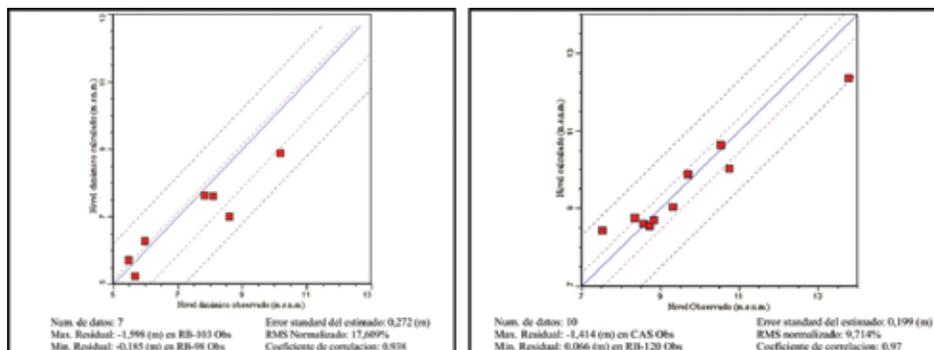


Figura 22. Gráfico comparativo de los niveles calculados y observados para el acuífero en bombeo (izquierda) y sin bombeo (derecha).

El parámetro más sensible en la calibración es la conductividad hidráulica, pues al variar los valores los niveles cambian bruscamente. Este parámetro se puede cambiar dado que la heterogeneidad de los materiales es diferente en toda la zona del acuífero, de allí que se asignara un valor que no se alejara al calculado en las pruebas de bombeo.

Una de las aplicaciones del modelaje es la simulación de las zonas de captura de los pozos. Esta utiliza como parámetro de 70 días, el tiempo de residencia de una bacteria en un medio poroso. Según Foster et al. (2002) el área de protección de un pozo está delimitada por la isócrona de los 50 días en un acuífero no confinado. En la figura 23 se determinó, nuevamente, que el flujo del acuífero proviene en su mayoría del río Banano como lo muestran las zonas de captura de los pozos. Cada marcador de tiempo está colocado a 70 días, el primero medido del pozo hacia fuera define la zona de protección inmediata del pozo.

De este modo el modelo calcula los balances de entrada y salida de agua, es decir, el potencial del acuífero se define en relación con el agua que sale, pues es en teoría la que estaría disponible para ser utilizada.

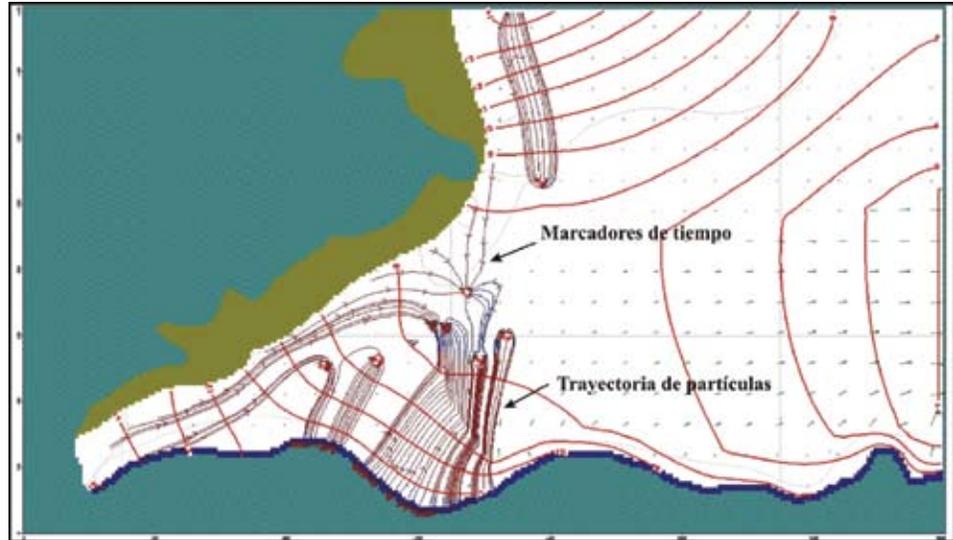


Figura 23. Zonas de captura de los pozos del AyA en el acuífero La Bomba.

El total de entradas al modelo fue de 1198 l/s y se extraen, en promedio, 186 l/s de los pozos (Figura 24), eso implica que en la actualidad se explota un 15% la capacidad del acuífero. En otras palabras, la cantidad de agua disponible para la explotación es de aproximadamente 1200 l/s, esto, mientras tanto no se alteren las condiciones actuales del acuífero no sean alteradas, pues, siempre habrá recarga desde el río, desde la parte norte y por infiltración de lluvia. Conviene mencionar que para estos cálculos no se tomó en cuenta el cambio en el almacenamiento porque los cálculos se hicieron para un año.

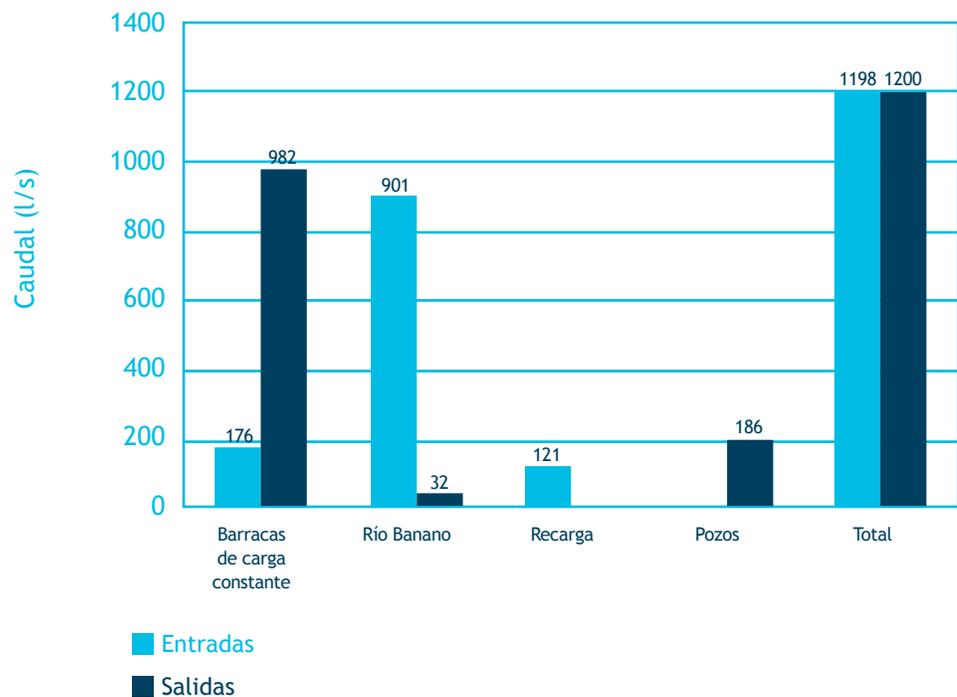


Figura 24. Balance de entradas y salidas del modelo.

Se simularon dos escenarios para nuevas perforaciones y se determinó con base en las interferencias menores, que la mejor zona para futuras captaciones se encuentra al este del campo de los pozos, pues si los pozos se colocan al sur, se intercepta el flujo proveniente del río y ello aumenta la interferencia en los demás pozos. Se observó, con simulaciones de las condiciones del medio, que la disminución de las lluvias se verá reflejada también la disminución de la recarga, por ende los niveles tenderán a bajar sin embargo, continuaría la infiltración del agua del río debido al flujo base de la cuenca, por lo cual los pozos, no se afectarían enormemente. También se simuló que si al disminuir el espesor del fondo del río y al aumentar el ancho del cauce se extiende el perímetro mojado del río y esto favorece, en cierta forma, la infiltración y de esta manera los pozos mantendrían sus niveles.

Conclusiones

En la zona de La Bomba afloran la formación Río Banano la cual actúa como basamento de los acuíferos La Bomba y Aguas Zarcas, ambos localizados en depósitos Cuaternarios de origen aluvial. El primero se extiende agua abajo del puente del ferrocarril en la margen izquierda del río Banano, limita al norte con la llanura aluvial; al este, con la falla Siquirres - Matina; al sur, con el río y al oeste, con los cerros de la formación Río Banano. El de Aguas Zarcas se ubica dentro del valle aluvial del río Banano, desde Aguas Zarcas hasta el puente del ferrocarril.

El volumen total escurrido de la cuenca del río Banano es de 244×10^8 m³/año, el promedio anual de $6,69 \times 10^8$ m³/año, del cual el 73% corresponde a flujo base de la cuenca, igual a $4,89 \times 10^8$ m³/año.

La recarga por lluvia al acuífero La Bomba es de $5,59 \times 10^6$ m³/año, equivalente a 177,6 l/s, la recarga lateral por la formación Río Banano es de $1,87 \times 10^6$ m³/año, equivalente a 59 l/s. Los meses de mayor recarga son de noviembre a enero y julio.

El acuífero de Aguas Zarcas recibe una recarga de $10,18 \times 10^6$ m³/año (322 l/s), lo cual evidencia de un alto potencial que aún está poco estudiado.

El acuífero La Bomba es recargado por el río Banano, el flujo proveniente de la parte norte de la llanura aluvial, de la recarga directa infiltrada por la lluvia que infiltra y por la recarga lateral de la formación Río Banano. Datos obtenidos a través de la medición de niveles estáticos de los pozos, perfiles hidrogeológicos del acuífero y conductividades del agua subterránea.

El potencial hidrogeológico del acuífero ronda los 1200 l/s según el modelo numérico y las mejores zonas para futuras capturas se ubican al este del campo de los pozos, actual donde las interferencias entre los pozos son menores. El agua de los pozos proviene en su mayoría de la infiltración directa del río Banano.

Recomendaciones

Es importante controlar la construcción de viviendas en la zona del acuífero, ya que un aumento en la densidad de éste podría repercutir en la calidad del agua del acuífero al aumentar las concentraciones de nitratos, sulfatos y otras sustancias producidas por los drenajes sépticos y otras fuentes.

El acuífero de Aguas Zarcas posee un gran potencial de agua subterránea disponible para su explotación, el cual proviene del río Banano, las recargas por lluvia y por la formación Río Banano, por ello, es recomendable ahondar en estudios para aprovechar esta fuente.

Las extracciones de material del río Banano, más allá de sus reservas dinámicas, podrían ser perjudiciales en el nivel base de erosión del río; además, representan una amenaza para la calidad del agua del río, de allí la necesidad de que instituciones estatales como SETENA y MINAE ejerzan control sobre estas actividades.

Agradecimientos

ASe agradece al personal de la Escuela de Geología de la Universidad de Costa Rica, en especial a los docentes de la maestría en Manejo de Recursos Hídricos e Hidrogeología y al proyecto CARA por el financiamiento de la investigación. Asimismo al personal de la regional Huétar Atlántica, al Departamento de Aguas Subterráneas y a la Dirección de Gestión Ambiental del AyA.

Referencias bibliográficas

Arias Salguero, Mario. **La prospección geoelectrica y electromagnética en dos dimensiones y su aplicación en la hidrogeología.** En: Revista Geológica de América Central, jun. 2002, (27) : pp. 21-26.

Bottazzi, G., Fernández, J. & Barboza, G. **Sedimentología e historia tectono-sedimentaria de la cuenca Limón Sur.** En: Geology of an Evolving Island. 1994, 7: pp. 351-391.

Campos, Lolita. **Geología de la Fila Asunción y zonas aledañas, Atlántico Central, Costa Rica.** Tesis (Licenciatura en Geología). San José, C.R. : UCR, 1987.

Denyer, Percy; Montero, Walter y Alvarado, Guillermo. **Atlas tectónico de Costa Rica.** San José, C.R. : EUCR, 2003.

Herrera, W. **Clima de Costa Rica.** San José, C. R. : UNED, 1985.

McDonald, M.D.; Harbaugh, A.W. **A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model.** Techniques of Water Resources Investigations of the United States Geological Survey. Washington : s.n., 1988.

Schosinsky, Günther y Losilla, Marcelino. **Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual.** En: Revista Geológica de América Central, ene. 2000, (23) : pp. 43-55.

Schosinsky, Günther. **Hoja electrónica para el balance hídrico de suelos, curso de hidrología.** s.l. : s.n., 2003

Waterloo Hidrogeologic. **Visual Modflow User´s Manual, v. 4.0.** Canada : Waterloo Hidrogeologic, 2004.

Riesgo: Ataques intencionales (primera parte)



German Araya Montezuma¹
Carmen Valiente Álvarez²

Resumen

El análisis del riesgo en los sistemas de abastecimiento de agua potable y aguas residuales, es fundamental para disponer, como producto básico, de los planes de emergencia y los planes de mitigación. Dependiendo del interés particular que se tenga, deberán tomarse en consideración una serie de aspectos clasificados en factores externos y factores internos. Interesa el manejo del riesgo que interviene en el funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable o de eliminación de aguas residuales, a sabiendas que es necesario tomar en consideración factores administrativos y financieros, además de aquellos operativos y físicos. El presente artículo va mayoritariamente dirigido a los factores externos que tienen que ver con las intervención del hombre o amenazas antrópicas, que se podrían ejecutar con el interés de provocar daño a la infraestructura o al recurso humano de la empresa o institución operadora y con esto alterar el funcionamiento de estos sistemas, lo que se conoce como ataques intencionales. Para la valoración de las amenazas antrópicas, con intención de provocar daño material y como fin último el de provocar una alteración en estos servicios, se mencionan, dentro de una clasificación general, a las guerras y las acciones de sabotaje, posteriormente se profundizará en una de las formas de mayor impacto, la cual es conocida como bioterrorismo. Dentro de las acciones de sabotaje se identifican el: explosivo, mecánico, microbiológico y químico. Son de interés particular en el presente artículo, el sabotaje o riesgo microbiológico y el sabotaje o riesgo químico. Finalmente se concluye con un panorama histórico de los ataques internacionales, el cual permite entender como la humanidad, desde épocas remotas, ha utilizado los ataques intencionales para provocar trastornos en la salud, con el fin de lograr, la mayoría de los casos, la victoria en guerras y conflictos.

Palabras clave: ataques intencionales, bioterrorismo, riesgo biológico, riesgo químico, sabotaje, amenazas antrópicas, terrorismo.

¹ Ingeniero Civil. Maestría en Ingeniería Sanitaria. Dirección Agua Potable AyA. garayam@aya.go.cr

² Microbióloga. Maestría en Microbiología. Unidad Investigación Laboratorio Nacional de Aguas de AyA. cvaliente@aya.go.cr

Introducción

El análisis del riesgo en los sistemas de abastecimiento de agua potable y aguas residuales, es fundamental dentro de los planes de emergencia y los planes de mitigación. Los primeros se deben realizar con los recursos existentes en el momento del estudio, los segundos, se preparan para mediano y largo plazo y, normalmente, requiere recursos adicionales al presupuesto ordinario, como proyectos o mejoras en los sistemas de abastecimiento en operación.

El riesgo es función de la vulnerabilidad (debilidad del sistema y sus componentes) y de las amenazas, las cuales se presentan como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o antrópico y como factores externos al sistema analizado. Estas amenazas pueden ser naturales, antrópicas (provocadas por el hombre) o una combinación de ambas.

De las experiencias positivas realizadas por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) durante más de 10 años en la línea de conducción de Orosí del Acueducto Metropolitano, y según lo señala la Organización Panamericana de la Salud (OPS): "... el estudio del riesgo y la implementación de medidas de reducción de la vulnerabilidad y protección del sistema ha requerido la inversión de cerca de 1,5 millones de dólares (un monto equivalente al 2.3% del costo total del sistema). Esta inversión permitirá evitar pérdidas por un valor de 7.3 millones de dólares (5 veces el costo del programa) solo debido a daños directos..."^{1,2}. De igual manera, el conocimiento de los fenómenos naturales o antrópicos en una zona determinada en la cual se requiere un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable o de aguas residuales permite una valoración apropiada de las condiciones de funcionamiento ante estos fenómenos; y ello reduce potencialmente los impactos en las infraestructuras.

Normalmente y según las condiciones de cada país, se han realizado -en la mayoría de los casos-, análisis basados en fenómenos de origen natural, donde la intervención del hombre ha acelerado o modificado las condiciones naturales. Sin embargo, ha cobrado relevancia el análisis de aquellos fenómenos de origen antrópico generados en forma intencional.

Las amenazas de origen antrópico -sin entrar en una clasificación de las consecuencias provocadas-, se pueden dividir en dos:

1. Amenazas originadas por acciones intencionales, dentro de las cuales se encuentran acciones de vandalismo, sabotaje (explosivo, mecánico, bacteriológico, químico), guerras.
2. Amenazas causadas por una falla de carácter técnico (como falla eléctrica, falla mecánica), contaminación por vertido de efluentes y erosión provocada por quemas y talas que aumentan la velocidad del agua.³

Ahora bien el interés de este artículo es valorar las amenazas antrópicas en las que el vehículo de exposición, en última instancia- corresponde al agua para consumo humano y que, por otro lado, son ejecutadas con el interés de provocar un daño o situación anómala.

¹ OPS/OMS. El desafío del sector de agua y saneamiento en la reducción de desastres: mejorar la calidad de vida reduciendo vulnerabilidades. s.l. 2006.

² Rodríguez Castillo, Arturo. Conferencia sobre Acueducto Orosí. San José, C.R. : AyA, 2002.

³ Ramírez Chaparro, Betty Judith . Análisis de vulnerabilidad del sistema de producción del Acueducto Metropolitano de Caracas, ante el impacto de fenómenos naturales y antrópicos. Caracas, Venezuela : s.n., 1998

Amenazas Antrópicas: Ataques Intencionales

En este tipo de amenazas el hombre interviene con el propósito de causar un daño específico en la infraestructura de la empresa en la institución prestadora de los servicios de agua potable y agua residual, en el recurso humano o en los clientes de esos servicios. Por ello se han denominado ataques intencionales.

Como se indicó anteriormente, uno de los objetivos al realizar el análisis de vulnerabilidad es disponer de los planes de emergencia y mitigación, los cuales identifican las medidas y mejoras convenientes para mantener un nivel razonable de seguridad para el funcionamiento ininterrumpido de los sistemas de abastecimiento de agua potable y aguas residuales. La clave está en valorar, de la mejor manera, todo el espectro de amenazas y las características de los sistemas evaluados.

El primer esfuerzo al iniciar un análisis es manejar la mayor cantidad de información de los sistemas, esto se convierte en la primer valoración sobre vulnerabilidad. Es necesario plasmar en forma clara y concreta el entorno o ambiente externo al sistema, dentro del área de cobertura y aún más allá, si fuera necesario, para lograr el objetivo del estudio. Se debe prestar la atención a la información del suministro de energía eléctrica, combustibles, químicos para el tratamiento del agua y los sistemas de emergencias.

Adicionalmente, se debe recopilar información sobre la organización de la empresa o institución así como de su relación con otros entes gubernamentales y privados. Seguidamente, se debe analizar como operan los sistemas, incluyendo datos fundamentales como: población, número de servicios, cobertura, caudales, calidad del servicio, esquemas y otros; así como información de los clientes críticos como albergues, hospitales, hospicio de huérfanos, cárceles, escuelas, entre otros. Se estima que los componentes que sirvan a menos del 5% de la población no deben ser considerados como críticos.⁴

Por otra parte, se deben realizar las valoraciones de las amenazas por ataques intencionales. Para ello se deben estudiar las personas o grupos que podrían provocar alteraciones en el funcionamiento de los sistemas. Este proceso debe incluir las posibles invitaciones para ejecutar esos ataques así como las diferentes formas en las que podrían llevarlos a cabo. Estos aspectos serán ampliados en la segunda parte.

Clasificación general de amenazas antrópicas:

Para la valoración de las amenazas antrópicas con intención de provocar daño material y alteración en los servicios de agua potable, se menciona una clasificación general y, posteriormente, se profundiza en una de las formas de mayor impacto, conocida -usualmente- como bioterrorismo.

1 -Guerra

Actos de confrontación bélica entre dos o más Estados o grupos sociales identificados, donde uno de ellos o los dos pretenden dominar territorios o hacer predominar pensamientos políticos mediante el irrespeto la voluntad del adversario.

2 -Acciones de sabotaje

Constituyen aquellas acciones violentas y rápidas utilizadas para dañar o destruir alguna instalación de los sistemas de abastecimiento y agua residual, o bien, modificar las características de las aguas de abastecimiento.

⁴ Amador, Carlos y Cruz, Fernando. *Case Study Vulnerability assessments Experience in Puerto Rico*. s.l. : s.n., 2004.

Los tipos de sabotaje ⁵ son:

- Sabotaje explosivo: Es el ejecutado con artefactos deflagrantes como: dinamita, paquetes plásticos, trinitrotolueno (TNT) y otros.
- Sabotaje mecánico: Es el más usado y de una facilidad de ejecución, ya que está al alcance de todos. Por ejemplo, paralizar una máquina por falta de energía eléctrica.
- Sabotaje microbiológico (riesgo microbiológico): Se realiza con siembra de microorganismos, que puede crear epidemias a la ciudadanía.
- Sabotaje químico (riesgo químico): Se realiza con el vertimiento de cualquier sustancias química tóxica.

El interés particular del presente artículo es profundizar en los dos últimos tipos de sabotaje mencionados.

Sabotaje o riesgo microbiológico:

Un ataque biológico es un acto deliberado de contaminación del aire, agua u alimentos, con microorganismos u otras sustancias biológicas producidas o derivadas de éstos, Dichas acciones representan un grave problema para la salud humana y son realmente peligrosas pues, muchos microorganismos pueden ser inhalados, ingeridos o absorbidos por medio de una cortadura o laceración de la piel.

Un aspecto fundamental a considerar con la utilización de microorganismos como armas biológicas, es que sea posible delimitar territorialmente las áreas de afectación y evitar que se convierta en un problema mundial que también afecte a los autores de su aplicación, como ocurrió en tiempos pasados. Estas circunstancias, ameritan la preparación de los sistemas de salud pública en todo el mundo. Las características de las epidemias, sean éstas espontáneas o inducidas, varían en relación con una serie de aspectos íntimamente relacionados con los agentes etiológicos como: la forma de esparcirse, la posibilidad de contagio de las personas, su facilidad de diseminación, el afectar a un gran número de personas, la dificultad para contrarrestar su efecto en forma inmediata, su tratamiento, su posible prevención (inmunización por programas de vacunación) y en el caso de las inducidas, su facilidad de producción masiva a través de tecnologías accesibles .

Se han identificado varios microorganismos considerados lo suficientemente peligrosos como para ser utilizados en armas biológicas, y con las características que permitan su cultivo en grandes proporciones y su diseminación adecuada, para lograr afectar al mayor número de personas. La mayoría de estos utilizan como mecanismo de transmisión la vía aérea, debido a la facilidad de diseminación, pero también existen los que utilizan el agua.

Dentro de estos microorganismos principalmente hallamos bacterias y virus. De acuerdo con la clasificación emitida por el Centro para el control de las enfermedades infecciosas, Atalanta, USA (CDC), se consideran varias categorías importantes de acuerdo a características propias de los agentes etiológicos.⁶

En la categoría A encontramos agentes de alta prioridad los cuales causan alta mortalidad, pueden ser fácilmente diseminados incluso de persona

⁵ Ramírez Chaparro, Betty Judith . Análisis de vulnerabilidad del sistema de producción del Acueducto Metropolitano de Caracas, ante el impacto de fenómenos naturales y antrópicos. Caracas, Venezuela : s.n., 1998.

⁶ World Health Organization. Health aspects o Chemical and biological Weapons. Geneve, Switzerland: WHO. 1970.

a persona y constituyen un riesgo de gran impacto en la salud pública, sobretudo porque requieren de acciones especiales para su control. En este grupo tenemos el ántrax o carbunco producido por *Bacillus anthracis*, la peste por *Yersinia pestis*, el botulismo por *Clostridium botulinum*, la tularemia por *Francisella tularensis* y los virus como la viruela o variola mayor, Filovirus como el Ebola, Arenavirus como los de la fiebre de Lassa y otros productores de fiebres hemorrágicas (Junin, Marbug, etc).

En la categoría B tenemos agentes que causan moderada morbilidad, es decir, menor mortalidad que los anteriores pues, tienen una capacidad de diagnóstico y vigilancia especial. Incluyen agentes que pueden transmitirse por el agua y los alimentos. Dentro de éstos podemos citar especies de *Salmonella*, *Shigella dysenteriae*, *Escherichia coli* O157-H7, *Vibrio cholerae* 01 y protozoarios como *Cryptosporidium parvum*. Así como la brucelosis por *Brucella* sp, toxina épsilon de *Clostridium perfringens*, *Psitacosis* por *Chlamydia psittaci*, Fiebre Q por *Coxiella burnetti*, tifus por *Rickettsia prowazekii*, muermo por *Burkholderia mallei*, la enterotoxina estafilocócica B y alfavirus como los responsables de la mioencefalitis Venezolana y la encefalitis equina.

Finalmente en la categoría C se ubican patógenos infecciosos emergentes los cuales pueden ser manipulados genéticamente para aumentar su capacidad de diseminación, tienen un potencial de alta morbilidad, facilidad de producción y disponibilidad de los agentes etiológicos. En ésta se encuentran virus como el Nipah, el Hanta, Tickborne, la fiebre amarilla y bacterias como la tuberculosis multiresistente por cepas emergentes de *Mycobacterium tuberculosis*.

De todos estos microorganismos, dadas sus características de patogénesis pueden constituirse en amenazas para la transmisión vía hídrica, los productores de shigelosis, cólera, salmonelosis, ántrax, tularemia, plaga o peste y -en menor grado- la brucelosis, fiebre Q, la viruela y la diseminación de toxinas de microorganismos.

Sabotaje o riesgo químico:

También existen armas químicas de gran efectividad, y que tienen objetivos bélicos muy variados, desde ataque a blancos específicos hasta armas de afectación masiva. Las Naciones Unidas en 1969 definieron como arma química “...las sustancias químicas en estado gaseoso, líquido o sólido que puedan ser utilizadas contra el hombre, animales y plantas...”⁷

Estos agentes pueden clasificarse en cinco categorías:

Agentes abrasivos: son utilizados con la intención de incapacitar, no tanto de eliminar al enemigo. Son perfectos por causar baja mortalidad pero un gran impacto en los centros de salud. Ejemplos de éstos son la mostaza nitrogenada y el Lewiste, un compuesto arsénico alifático.

Agentes asfixiantes: sustancias diseñadas para producir la muerte de una manera fulminante. Actualmente, han sido reemplazados por los agentes nerviosos. Un ejemplo es el cloruro de vinilo.

Agentes sanguíneos: Son letales a altas dosis, pero son de poca efectividad debido a su mayor velocidad de evaporación, no suelen usarse para afectar grandes concentraciones de personas. Ejemplos: Cloruro de cianógeno y el Cianuro de hidrógeno.

Agentes Nerviosos: Inicialmente fueron creados como insecticidas, pero luego fueron modificados por los militares nazis para ser utilizados como armas. Ejemplos: tabun, sarín y el soman.

⁷ World Health Organization. Health aspects o Chemical and biological Weapons. Geneve, Switzerland: WHO. 1970.

Existen otros agentes que pueden ser utilizados como armas químicas, dentro de éstos están los metales pesados como el plomo, el mercurio y el arsénico. Toxinas volátiles como benzeno, cloroformo y trihalometanos. Ácidos y bases como el ácido nítrico y el ácido sulfúrico.

Historia de ataques intencionales

En términos generales, podemos decir que la utilización de agentes biológicos es una práctica tan antigua como la humanidad. Así, desde tiempos inmemoriales, se han empleado estos agentes con fines dañinos, en la mayoría de casos, unidos a situaciones de guerra o conflictos. En la historia de la humanidad encontramos varios ejemplos de ataques intencionales como un medio para vencer a los enemigos a través del efecto de causar trastornos a la salud.⁸ Así, en el año 190 a.C., Aníbal, general Cartagines (247-183 a.C.), ganó una batalla naval al lanzar recipientes de barro llenos de serpientes venenosas en los barcos del enemigo.⁹ En China, existe documentación que data del año 224 a.C. sobre enfermedades similares a la peste con consecuencias desastrosas para los infectados.¹⁰

También en la historia de la humanidad, está documentada la contaminación del agua, así al remontarnos al año 300 a.C., descubrimos que los romanos, los griegos y los persas contaminaban el agua de sus enemigos con cadáveres de animales, pues aún desconociendo los mecanismos involucrados en este proceso ellos habían observado el efecto perjudicial que estas prácticas ocasionaban en las personas. Asu vez, los asirios envenenaban los pozos de agua utilizados para beber, con desechos putrefactos y los Italianos, por su parte, los contaminaban con cuerpos de soldados muertos en batalla.¹¹

En 541 d.C. se documenta la primera epidemia de peste, la cual provocó la muerte de aproximadamente el 60% de la población de África, Europa y Asia central. A la epidemia de peste ocurrida en Europa entre 1346 y 1352, se le conoce como la “peste negra”, debido al color púrpura que las víctimas adquirían en la piel. La historia cuenta que en el sitio de Kaffa, en 1346, se realizó el primer intento por utilizar la peste como arma biológica, y fue devastador pues, las fuerzas invasoras tártaras se contagiaron de peste al atacar la ciudad de Feodosiya, Ucrania. El líder tártaro tuvo la idea de utilizar la epidemia que causaba estragos entre sus fuerzas como ventaja táctica contra sus enemigos, por esto comenzó a lanzar con una catapulta los cadáveres de las víctimas hacia dicha ciudad.¹² En Kaffa estalló el brote de la peste y los tártaros se apoderaron de la ciudad, no obstante, posteriormente, las fuerzas en retirada llevaron la peste por barco a Constantinopla, Génova, Venecia y a otros puertos mediterráneos, esto ocasionó la segunda epidemia de peste en toda Europa.¹³

La viruela, alguna vez, se presentó en todo el mundo y provocó enfermedad y muerte en todos los sitios en donde ocurrió. Se sostiene que epidemias de viruela influyeron,

⁸ Aníbal. *La Historia y sus protagonistas*. s.l.: Ediciones Dolmen, 2001. En línea: <http://www.artehistoria.com/frames.htm?http://www.artehistoria.com/historia/personajes/4432.htm>

⁹ Haefs, Gisbert. *Hannibal Der Roman Kartaghos*. En línea: <http://www.bibliopolis.org/resenas/rese0024.htm>

¹⁰ Wikipedia. *Historia de China*. En línea: http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_China

¹¹ Wikipedia. *Historia de Asiria*. En línea: <http://es.wikipedia.org/wiki/Asiria>

¹² Wikipedia. *La Peste*. En línea: <http://es.wikipedia.org/wiki/Peste>

¹³ *La Peste. La Historia y sus protagonistas*. s.l.: Ediciones Dolmen. 2001. En línea: <http://www.artehistoria.com/frames.htm?http://www.artehistoria.com/historia/personajes/4432.htm>

de manera muy importante en la conquista de los Imperios Inca y Azteca. Fue así como el ejército Inca de Atahualpa constituido por 80.000 guerreros fue vencido por el ejército de Francisco Pizarro conformado por solo 120 soldados.¹⁴ En 1763, se registró otro caso de utilización del virus de la viruela como arma biológica en la frontera de Pensilvania, Estados Unidos de América; el brote ocurrió entre las fuerzas británicas en el Fuerte Pitt, lugar donde más tarde se edificaría la ciudad de Pittsburg. En este brote, Sir Jeffrey Amherst, Comandante de las Fuerzas Británicas en Norteamérica, ordenó que se entregaran las mantas y los pañuelos utilizados por los pacientes con viruela a los indios Delaware, en un intento deliberado por reducir su número. La epidemia de viruela se propagó entre las tribus nativas norteamericanas en el valle del río Ohio.¹⁵ Más tarde en 1977, la Organización Mundial de la Salud (OMS), a través de un programa masivo, erradicó todas las formas de virus de la viruela conocidos en el mundo, con excepción de las muestras que fueron guardadas por algunos gobiernos con fines investigativos. Además, la vacuna fue descontinuada en los Estados Unidos en 1972 y en 1980, la OMS recomendó a todos los países detener la inmunización contra la viruela. Ese mismo año, la OMS sugirió la transferencia de las muestras de virus restantes a dos de sus laboratorios para almacenamiento, al CDC en Atlanta, Georgia; y a un laboratorio en Rusia, país que, sin embargo, inició un programa para producir el virus de la viruela en cantidades masivas, en especial para su uso en bombas y otro tipo de armamento. Se cree que países como Irak, Irán y Corea del Norte pueden también tener reservas del virus. Los investigadores están interesados en el debate acerca de la destrucción o la preservación de los virus restantes con fines de estudio, por ejemplo, para la producción de vacunas, para lo cual consideran sería importante disponer de especímenes vivos.¹⁶

Quienes están a favor de su destrucción argumentan varios aspectos, el primero es que de acuerdo con lo manifestado por Donald Henderson, quien encabezó la campaña de erradicación de la OMS y es uno de los principales impulsores de la destrucción de las cepas vivas, el virus de la viruela se sigue considerando una de las principales armas biológicas.¹⁷ Otro aspecto apunta que un escape accidental del virus de los laboratorios sería desastroso, ya que debido a la suspensión de la vacunación masiva la población está en alto riesgo, según datos del CDC, pues la vacuna no ha sido administrada desde 1972, y es muy probable que quienes la recibieron en el pasado hoy sean propensas (al igual que quienes nunca fueron vacunados) a contraer la enfermedad, esto unido a la extrema virulencia del agente y su alta capacidad de contagio, traería, consecuencias devastadoras a nivel mundial. Otro punto es que los virus almacenados podrían ser robados por terroristas y usados como arma biológica, así la viruela podría ser reintroducida de manera deliberada en la población, mediante aerosoles, y se extendería con facilidad, ya que el virus permanece muy estable en esta forma. Finalmente ningún laboratorio puede considerarse cien por ciento seguro.^{18,19}

La guerra biológica fue empleada durante la Primera Guerra Mundial, por los militares alemanes en el área veterinaria a través del muermo, una infección bacteriana de los caballos, asnos y mulas que produce nódulos, abscesos y úlceras en las vías respiratorias y la piel. Se sabía de la importancia de estos animales en el área de suministros para trasladar los equipo de los

¹⁴Franco-Paredes C, Del Río C, Nava-Frías M, Rangel-Frausto S, Téllez I y Santos Preciado JI. *Enfrentando el bioterrorismo: aspectos epidemiológicos*. Salud pública de México. Vol.45 Nº 4. julio-agosto 2003.

¹⁵Diamond J. *Up to the starting line. Guns, Germs, Steel. The fates of human societies*. New York. Norton & company. 35-52. 1999

¹⁶Camille Kotton, M.D. *Viruela*. Meadline. Infectious Diseases Division, Massachusetts General Hospital, USA. <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/001356.htm>

¹⁷Henderson DA, Inglesby TV, Bartlett JG, Ascher MS, Eitzen E, Jahrling PB, et al. *Smallpox as a biological weapon: medical and public health management*. En: JAMA, 1999, 281: pp. 2127-37.

aliados, por ello estratégicamente comenzaron su campaña de guerra biológica en contra de éstos. Lograron infectar muermo a 4.500 mulas y caballos de los aliados en Mesopotamia. Sin embargo, un gran número de soldados rusos también se contagiaron de esta enfermedad durante y después de la guerra.²⁰

Desafortunadamente, con los años y el avance científico, el uso de la peste como arma, resultó más mortal. Durante la Segunda Guerra Mundial, una división del ejército imperial japonés, aplicó en humanos muchas pruebas con agentes biológicos, como la peste, lo cual causó la muerte de aproximadamente diez mil personas, muchos de los cuales eran presos chinos. El ejército japonés también lanzó pulgas infectadas con peste desde aviones sobre las áreas pobladas de China, lo cual dio origen a los brotes de peste entre la población civil. También en esta guerra, se sospecha que los soviéticos utilizaron la tularemia para ayudar a detener las tropas blindadas alemanas en la Batalla de Stalingrado. La ofensiva nazi pudo ser detenida, pero las tropas soviéticas también contrajeron la enfermedad, a causa de un cambio en la dirección del viento, y así se reportaron más de 100.000 casos.²¹ Asimismo en 1979, en Sverdlovsk, Rusia se liberaron accidentalmente esporas de *Bacillus anthracis* de un laboratorio de investigación militar con esto muchos resultaron afectados y 66 civiles fallecieron.²²

El primer ataque intencional microbiológico de los tiempos modernos ocurrió en 1984 en Oregón, Estados Unidos, en una zona rural donde los miembros de una secta religiosa esparcieron la bacteria *Salmonella* en las ensaladas de varios restaurantes del Condado, como parte de un complot para evitar que grandes segmentos de la población pudieran votar; como consecuencia más de 750 personas resultaron seriamente enfermas, pero nadie falleció.²³

EE.UU. dio oficialmente término a la guerra bacteriológica en 1969, en el gobierno de Richard Nixon, pero los soviéticos continuaron en secreto con sus esfuerzos y produjeron centenares de toneladas de la bacteria de la peste, los virus de la viruela y el ébola. Posteriormente, con la desintegración de la URSS, el paradero de los científicos que trabajaron con la peste, durante la época de la guerra fría, es hasta el día de hoy desconocida y eso, lógicamente, es sumamente preocupante.²⁴

Simultáneamente, con la historia de los ataques biológicos, también han ocurrido ataques intencionales con químicos, los dos más importantes reportados ocurrieron en 1994 y en 1995 en Japón, y ambos involucraron al gas sarín durante los cuales se tuvieron aproximadamente veinte víctimas fatales. Grupos terroristas y miembros del culto Aun Shinrikyo, el 20 de marzo de 1995, realizaron un ataque con gas sarín en el tren subterráneo de Tokio, pero afortunadamente, por la falta de pureza del químico y los deficientes mecanismos para esparcirlo, únicamente hubo 12

¹⁸Desastres y asistencia humanitaria, OPS. En línea: <http://www.paho.org/spanish/dd/ped/home.htm>

¹⁹Franco Paredes C, Del Río C, Nava Frías M, Rangel-Frausto S, Téllez I, Santos-Preciado JI. Enfrentando el bioterrorismo: aspectos epidemiológicos, clínicos y preventivos de la viruela. En: Salud Pública Mex, 2003, 45: pp. 298-309.

²⁰Muermo. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Nacional de Costa Rica. En línea: www.epidemiologia.vet.ulpgc.es/Temas%20de%20enfermedades%20exóticas%20en%20pdf

²¹Algunos aspectos sobre la guerra biológica y química. En: Boletín Epidemiológico Colombia. Set., 2001. En línea: http://www.col.ops-oms.org/sivigila/2001/bole39_2001.htm

²²Ántrax. En línea: http://www.saludehijos.com/temames226_Antrax.html

²³Bioterrorismo en Oregón. Emergency Film Group. En línea: <http://www.efilmgroup.com/News/Bioterrorism-in-Oregon.html>

²⁴Jonathan B. Tucker. From Arms Race to Abolition. s.l. : s.n., 1998.

muestrados, pero 5.500 afectados. Posteriormente, se descubrió que el grupo había fabricado armamento biológico e intentado en por lo menos cuatro ocasiones, esparcir el ántrax y la toxina botulínica. En 1990, uno de estos intentos fracasados fue contra la base Yokosuka de la armada de los EE.UU. en Japón.²⁵

A mediados de los años 80, Irak lanzó un programa de armas biológicas y logró transformar el ántrax en un arma durante la guerra del Golfo Pérsico, pero no logró dispersarlo a gran escala ni en grandes áreas. El más reciente de los antecedentes del uso de agentes biológicos en el continente americano, lo constituyen los atentados realizados en Estados Unidos, con esporas de ántrax. Esto consistió en el envío de cartas con un polvo blanco impregnado del temido carbunco. El estado más afectado fue Florida en las oficinas del correo de Boca Ratón, llegando incluso hasta las oficinas del Congreso estadounidense. Hubo un total de 18 personas afectadas y cinco personas fallecieron. Desde estos ataques terroristas, cualquier brote a nivel local se considera una amenaza mundial, aún cuando este tipo de terrorismo sigue considerándose de bajo riesgo.^{26,27,28,29.}

Según lo espuesto anteriormente, conviene establecer diferencias entre las diversas amenazas terroristas pues, de éstas dependerán tanto las decisiones como las acciones que tomen y lleven a cabo un gobierno, un país y sus ciudadanos.

Finalmente nos gustaría transcribir el siguiente texto:

“EL TERRORISMO NOS OBLIGA A ELEGIR. PODEMOS TENER MIEDO O PODEMOS ESTAR LISTOS”

Tom Ridge, Secretario del Departamento de Seguridad Nacional de USA.

²⁵ Arellano Campaña, Miguel Alejandro. **Las epidemias espontáneas o inducidas, como amenaza para la seguridad hemisférica.** Washington, D.C., : s.n., 2003.

²⁶ **Ántrax. Enfermedades Infecciosa.** En línea: http://www.saludehijos.com/temames226_Antrax.html

²⁷ Cieslak TJ y Eitzen, Jr EM. **Principios clínicos y epidemiológicos del ántrax.** Instituto de Investigación Médica de Enfermedades Infecciosas. En: CDC Emerging Infectious Diseases, julio, 1999, Vol.5, Nº 4. En línea: <http://www.sinfomed.org.ar/Mains/corhunco/6.html>

²⁸ Mittelstadt, M y Lee Loftis, R. **FBI: El ántrax de Florida fue hecho por el hombre y no tiene relación con terroristas.** The Dallas Morning News. Noviembre de 2001. En línea: <http://multimedia.belointeractive.com/attack/espanol/1010anthrax.html>

²⁹ David Byrne. **Bioterrorismo: crimen y oportunidad.** En: Euro Surveill. 2001, 6 (11): pp. 157-158.

aguas residuales



Laguna de estabilización de Santa Cruz, Guanacaste. FOTOGRAFÍA: FRANKLIN FLORES

Sistema de tratamiento de la sección de aguas residuales del Laboratorio Nacional de Aguas. Modalidad Integrada para líquidos biopeligrosos y químico tóxicos.



José Miguel Ramírez Corrales¹

Resumen

Se describe el sistema de tratamientos líquidos biopeligrosos y químicos tóxicos, desarrollado por el Departamento de Aguas Residuales del Laboratorio Nacional de Aguas, AyA. Este sistema fue diseñado con la finalidad de ejercer el control de la calidad de los efluentes líquidos producidos en el laboratorio, para minimizar la contaminación ambiental y cumplir con el Reglamento de Vertido y Recurso de Aguas Residuales (Decreto N° 26042 - S - MINAE). El proceso consiste en una planta de tratamiento, donde se aplica un sistema combinado para tratar los residuos líquidos biopeligrosos y los reactivos residuales tóxicos producidos durante el análisis de las aguas residuales que ingresan como muestra al laboratorio. Se utiliza un proceso combinado de tipo biológico aeróbico-facultativo y un sistema de precipitación-sedimentación, para finalmente descartarse cumpliendo los requisitos de calidad exigidos en el Reglamento respectivo.

Palabras clave: aguas residuales, tratamiento químico-biológico, químicos tóxicos, líquidos biopeligrosos, vertidos, Planta de tratamineto-aguas residuales.

¹Licenciado en Química, Dip. E.S.T Delft - Holanda. Departamento de Aguas Residuales Laboratorio Nacional de Aguas.
jramirez@aya.go.cr

Antecedentes

La parte medular y sustantiva del Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) lo constituye tanto el análisis de aguas de consumo como el análisis de las aguas residuales, en concordancia con el instituto Acueductos y Alcantarillados.

Desde su creación, el laboratorio nunca contempló dentro de su gestión el manejo de los desechos líquidos bio - peligrosos y químico tóxicos, pues solamente cuenta con un tanque séptico para las aguas de tipo ordinario. Tampoco el instituto ejerció directrices en ese sentido para que su laboratorio principal minimizara la contaminación de los líquidos especiales de desecho, de hecho, no se prohibió el desague de todo tipo de residuos de muestras contaminadas y reactivos químicos y bacteriológicos.

En la década de los 90, con la promulgación del Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales (Decreto N ° 26042 - S - MINAE), el AyA debió evaluar efluentes de distintos laboratorios para controlar el nivel de contaminación ambiental. De este modo, el laboratorio ejercía control ambiental sobre los efluentes líquidos de otros laboratorios, pero no de los suyos.

Surgió, entonces, la necesidad de evaluar las áreas de mayor impacto en la contaminación del LNA. Esta función fue delegada a la sección de aguas residuales, la cual determinó la existencia de dos tipos principales de desechos líquidos:

- Los descartes de muestras de aguas residuales que contemplan: colectores, porquerizas, beneficios de café, ingenios azucareros, lodos sépticos, efluentes de salida de sistemas de tratamiento de aguas residuales de distintas modalidades, cauces receptores contaminados, efluentes de hospitales y muchos otros.
- Los residuos químicos de reactivos de los análisis practicados a las muestras de aguas residuales.

La solución técnica planteada ante dichas circunstancias fue instaurar un sistema combinado que tratara los residuos líquidos bio - peligrosos y también los reactivos residuales tóxicos y que una vez tratados se pudieran combinar y descartar cumpliendo los requisitos de calidad exigidos por el Reglamento respectivo.



Sistema de tratamiento modular para tratar efluentes de laboratorio

Desde el inicio, la planta fue conceptualizada, construida y puesta en operación en el Departamento de Aguas Residuales del LNA y actualmente está integrada por los siguientes módulos.

- Reactor 1: Tratamiento aeróbico - facultativo de residuos líquidos bio peligrosos, primera fase. Módulo abierto.
- Reactor 2: Tratamiento aeróbico de residuos líquidos bio peligrosos, segunda fase. Módulo cerrado.
- Reactor 3: Tratamiento químico de residuos líquidos químico tóxicos por precipitación alcalina.
- Reactor 4: Tratamiento de acondicionamiento regulador de pH del efluente del reactor 3, por acidificación controlada.
- Reactor 5: Estanque piscícola con especies omnívoras como: tilapia del Nilo, *Oreochromis Niloticus* o Carpa, *Chinacyprinus Carpio*.
- Reactor 6: Tratamiento terciario con plantas acuáticas tipos: hacinto de agua, *Eichhornia Crassipes* y lechuga acuática, *Pistia Stratiotes* ó *Lemna*.
- Reactor 7: Tanque de mezcla de efluentes tratados del módulo biológico y del tratamiento de precipitación química alcalina. Descarga final al ambiente receptor.

Procesos unitarios del sistema depurador

La planta de tratamiento se considera como una combinación de dos sistemas de tratamiento integrados en uno. La primer planta es de tipo biológico con principios aeróbicos, facultativos, conversión de biomasa algal en proteína animal y fijación de fósforo y nitrógeno en tejido vegetal de plantas acuáticas, representada por los reactores 1, 2, 5 y 6. La segunda, es un sistema de precipitación, sedimentación, acondicionamiento del potencial de hidrógeno y tanque de mezcla final como efluente en los reactores 3, 4 y 7.

A continuación se detallan los dimensionamientos y los procesos involucrados en las unidades del sistema.

Procesos unitarios del sistema depurador

La planta de tratamiento se considera como una combinación de dos sistemas de tratamiento integrados en uno. La primera planta es de tipo biológico con principios aeróbicos, facultativos, conversión de biomasa algal en proteína animal y fijación de fósforo y nitrógeno en tejido vegetal de plantas acuáticas, representada por los reactores 1, 2, 5 y 6. La segunda, es un sistema de precipitación, sedimentación, acondicionamiento del potencial de hidrógeno y tanque de mezcla final como efluente en los reactores 3, 4 y 7.

A continuación se detallan los dimensionamientos y los procesos involucrados en las unidades del sistema.

Reactor 1:

Constituye un tanque cilíndrico de fibrocemento reparado con fibra de vidrio tanto interna como externamente, recogido de las márgenes del Río Tiribí como basura. Es un tanque abierto con las siguientes características: diámetro interno de 106 centímetros (radio de 53 centímetros); posee altura de agua efectiva al llenarse de 110 centímetros; su capacidad volumétrica es de 971 litros.

Está provisto de válvula de fondo para limpieza de sólidos sedimentados, con una tubería de paso al reactor 2, de $\frac{3}{4}$ de pulgada en PVC con una " T " para eliminar natas e insuflar aire. Del reactor 1 al 2 existe válvula de paso, también una conexión con manguera de $\frac{1}{2}$ pulgada para pasar al reactor 2 mediante un sifón siempre y cuando esté cerrada la válvula de paso de la tubería principal.

El reactor puede operarse de modo típicamente aeróbico, mediante aireación permanente las 24 horas del día, por insuflación de aire a través de un motor de pecera accionado con 115 volts ac; 60 Hz; 4.5 Watts y PSI de 2.5 lb/po2. Al desconectar el aireador, el reactor se convierte en un sistema de tratamiento facultativo, con desarrollo de biomasa algal para tratamiento aeróbico en la parte superficial y anaeróbico en la parte inferior del depósito.

Reactor 2:

El reactor 2 es un estanón plástico de descarte en la Planta Alta de Tres Ríos. Es un recipiente cerrado con una capacidad volumétrica de 210 litros.

Cuenta con tuberías en $\frac{3}{4}$ de pulgada en PVC y válvulas de paso que permiten el trasiego de agua, tanto hacia el reactor 3 como hacia el reactor 5. Está activado con tilapias y luego al reactor 6 que utiliza plantas acuáticas.

El reactor 2 por ser cerrado impide la radiación solar para no generar más algas, esto favorece la sedimentación.

Reactor 3:

El reactor 3 es un estanón plástico de desecho cortado en la parte superior, el cual posee una tapa removible. Tiene una capacidad volumétrica de 210 litros. Está provisto de tubería en $\frac{3}{4}$ de pulgada en PVC que permite el paso de agua hacia el reactor 4. Éste es el más especializado del sistema, pues posee pantallas colocadas en semicírculo con un ángulo de inclinación de 60 grados y una separación de 10 centímetros entre ellas. Estas pantallas impiden la resuspensión de los precipitados alcalinos.

Además, posee una abertura para dosificar hidróxido de sodio al 50 % peso volumen (50 % P / V) y provocar la precipitación química alcalina de todos los metales tóxicos de los reactivos químicos usados en los análisis, por medio de la formación de los hidróxidos metálicos respectivos.

A su vez, mantiene una línea permanente de aireación, desde el motor compresor del reactor 1, con el fin de mezclar completamente el agente precipitante y los residuos químicos tóxicos.

La válvula de fondo se encarga de limpiar los lodos químicos sedimentados, los cuales se recolectan y secan como materiales muy tóxicos. En este momento, continúa la acumulación de los lodos, cuyo volumen en seco es sumamente bajo.

Reactor 4:

Por su parte, el reactor 4 es también un estanión plástico de desecho. Es un tanque cerrado y con capacidad volumétrica de 210 litros.

Se encuentra provisto de tuberías en $\frac{3}{4}$ de pulgada en PVC y válvulas de paso que permiten el trasiego de agua tanto hacia el reactor 7 como hacia el desagüe.

Posee una abertura capaz de dosificar ácido clorhídrico al 10 % volumen / volumen (10 % V / V) para neutralizar el elevado pH residual proveniente del reactor 3.

Reactor 5:

Este depósito fue obtenido de un librero metálico desechado, el cual fue recubierto por fibra de vidrio tanto externa como internamente. Es de forma rectangular, posee 1.78 metros de largo y 0.90 metros de ancho. La profundidad del depósito con agua es de 0.33 metros y su capacidad volumétrica de 529 litros.

Está construido con tuberías en PVC de $\frac{3}{4}$ de pulgada, tanto en la entrada proveniente del reactor 2 como en su salida hacia el tanque final de mezcla de efluentes.

Se ha utilizado como una etapa terciaria de tratamiento, a modo de estanque piscícola con especies omnívoras de Tilapia del Nilo (*Oreochromis Niloticus*) alimentadas, durante un año, sólo con las algas generadas por la biotransformación de la materia orgánica.

Reactor 6:

Para su construcción, primero se partió un estanión por la mitad y luego se unieron las dos partes para lograr un reactor alargado.

Este reactor se incorporó al sistema de tratamiento como una etapa de orden cuaternario, al conectar como entrada, la salida del estanque piscícola para fijar el fósforo y el nitrógeno con plantas acuáticas como la *Lemna* ó el Hacinto de Agua (*Eichhornia Crassipes*). La salida del reactor 6 se descarga en el reactor 7.

Reactor 7:

El reactor 7 es un medio estanión en fibra de vidrio. Es un tanque abierto y con capacidad volumétrica de aproximadamente 110 litros.

Posee dos tuberías de entrada en $\frac{1}{2}$ de pulgada en PVC, una de ellas proveniente del tratamiento químico de precipitación alcalina y la otra, de la salida del reactor biológico de plantas acuáticas. También posee un sistema de sifonaje para hacer fluctuar la altura del agua por medio de un codo de $\frac{3}{4}$ en PVC invertido.

Este tanque representa el efluente final del sistema que descarga en el desagüe y por ello el puerto de muestreo para la verificación de la eficiencia del sistema y de la calidad del vertido al ambiente receptor. También, eventualmente, podría ser utilizado para irrigar jardines.

Construcción, alimentación, carga del sistema de tratamiento y puesta en marcha

La construcción fue realizada por los funcionarios de la sección de aguas residuales del LNA, en un área de ocupación de 20 metros cuadrados.

Como se mencionó anteriormente los materiales fueron principalmente materiales de desecho reciclados y reparados.

La alimentación del sistema depurador es por bache lo que significa que se carga con el descarte de muestras contaminadas directamente en el reactor 1, sin diluir ni agregar aguas de lavado. De igual modo, los residuos de reactivos se acopian en recipientes de mayor capacidad y luego, se vierten en el reactor 3 de precipitación química alcalina.

El sistema de tratamiento inició su operación el 22 de febrero del año 2002 y ha operado hasta la fecha ininterrumpidamente.

El 24 de septiembre del 2003 se sembraron 3 docenas de alevines de Tilapia del Nilo, obtenidas en la estación experimental de Incopescas en Guápiles. Se alimentaron durante un año (hasta septiembre del 2004) con las algas provenientes de los reactores 1 y 2. De las 36 unidades murieron 4; las restantes, 32 tilapias sobrevivientes, tuvieron un desarrollo corporal calificado como malo - regular, y por ello, fueron trasladadas, posteriormente, a otros estanques de aguas limpias y alimentadas con concentrados hasta lograr un desarrollo completo.

Luego de la primera experiencia con Tilapia del Nilo, el reactor 5 recibió otras dos docenas de tilapias las cuales que se mantienen hasta la fecha. Las excreciones de los peces se minimizaron en el reactor 6, el cual contiene la planta flotante *Lemna* y el lirio acuático.

Operación y mantenimiento

El sistema depurador ha sido operado y mantenido por los funcionarios de la sección de aguas residuales. Ha demostrado, con el paso de los años, ser práctico, eficiente y de bajo presupuesto para su mantenimiento y operación. No se han manifestado molestias por malos olores y, por el contrario, ha contribuido a la adquisición de los permisos sanitarios para el funcionamiento del LNA.

Costos de construcción y de operación del sistema de tratamiento

En el año 2002 se gastaron noventa mil colones, aproximadamente 260 dólares, en la construcción de la planta de tratamiento, también en las reparaciones y recubrimiento con fibra de vidrio del reactor 1 y 7, las pantallas inclinadas del reactor 3, accesorios de válvulas de PVC, tubería de $\frac{3}{4}$ y de $\frac{1}{2}$ de pulgada en PVC y de dos motores de pecera.

Conviene señalar que: los motores aireadores son de bajo consumo eléctrico; el gasto de soda cáustica es de 1 saco de 25 kilos cada 5 años y el gasto de ácido clorhídrico es de una garrafa de 2.5 litros cada 2.5 años.

Calidad del efluente final

Las aguas residuales - tanto de tipo ordinario como especial vertidas en el colector sanitario o en el ambiente receptor - deberán cumplir los límites establecidos en el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales.

La operación del sistema de tratamiento por bache hace que los períodos de retención hidráulicos del agua en los reactores sean sumamente elevados, lo cual favorece la obtención de un agua efluente de calidad excelente, tal y como se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro # 1

CALIDAD DEL EFLUENTE PLANTA DE TRATAMIENTO DEL LNA

Fecha monitoreo Parámetro	Limite máximo permitido	14/06/05	12/07/05	30/08/05	07/09/06
pH	5 a 9	9.36	7.72	7.42	8.05
Temperatura, ° C	15< T< 40	25.0	25.0	24.0	26.0
Conductividad, US/cm	No espec.	875	189	192	590
S.S.S., mL/L/cm	1.0	0	0	0	0
S.S.T., mg/L	50	6.0	12	26	28
Grasas y Aceites, mg/L	30	< 5	< 5	< 5	5.1
DQO, mg/L	No espec.	10	16	21	54
DBO, mg/L	50	3.0	8.0	12	16
N - NH ₄ , mg/L	No espec.	0.07	0.10	0.18	
Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Cromo, mg/L	1.5				0.004
Cobre, mg/L	0.5				0.009
Plomo, mg/L	0.5				0.002
Cadmio, mg/L	0.1				0.015
Niquel, mg/L	1.0				0.002

El sistema logra depurar el agua y de tal modo se cumplen los requisitos de calidad exigidos. Inicialmente, el resultado del pH monitoreado el 14/06/05 no resultó satisfactorio; por ello, se corrigió.

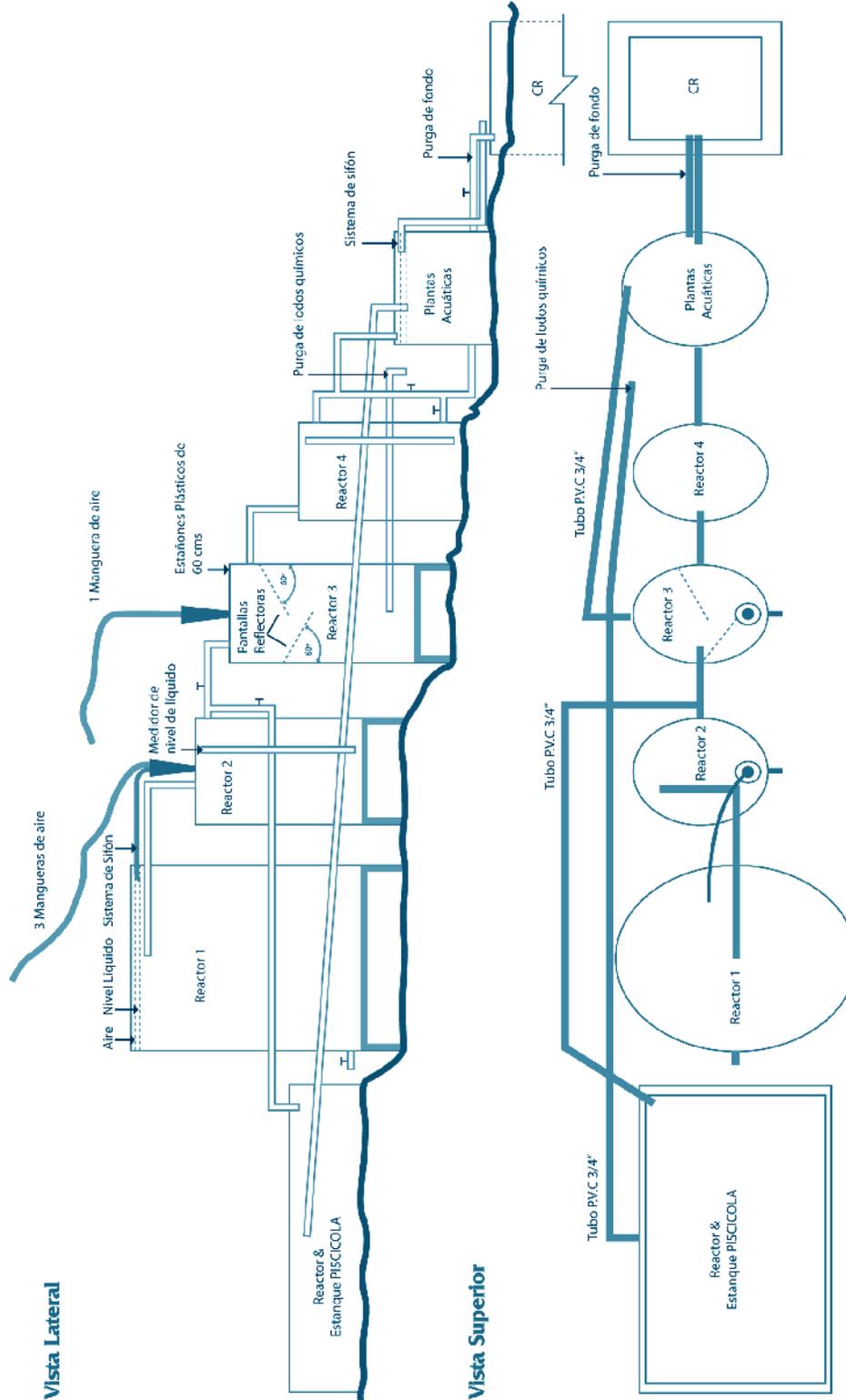
Experiencia adquirida

De acuerdo con la experiencia adquirida con este sistema de tratamiento se considera que todo esfuerzo en pro de construir un nuevo laboratorio en el AyA, deberá contemplar la construcción de un sistema de depuración para ser consecuentes con el papel del Instituto en materia de aguas. A su vez, es oportuno contemplar los principios unitarios desarrollados y puestos en práctica por los funcionarios de la sección de aguas residuales, y no únicamente los criterios técnicos unipersonales; pues de lo contrario, se podrían generar sobredimensionamientos, unidades de tratamiento equivocadas, operación y mantenimiento complicados, gastos superfluos e innecesarios, o bien, el desarrollo de proyectos carentes de propósitos, sin ideas precisas y acertadas.

Diagramación del sistema

En las figuras adjuntas se muestran los perfiles de la planta de tratamiento del LNA, la cual opera desde el año 2002.

Planta de tratamiento de aguas residuales



- Reactor 1: Tratamiento Aeróbico-Facultativo de Residuos Líquidos Bio-peligrosos
- Reactor 2: Tratamiento Aeróbico-De Residuos Líquidos Bio-peligrosos
- Reactor 3: Tratamiento Químico de Residuos Líquidos - Químico Tóxicos
- Reactor 4: Tratamiento de Acondicionamiento Regulador de PH DL Efluente Final
- Reactor 5: Tratamiento Terciario con Plantas Acuáticas Tipos: Hacinto de agua = Eichhornia Crassipes, o lechuga acuática= Pistia Stratiotes
- Reactor 6: Estanque Piscícola usando especies omnivoras tipos: Tilapia del Nilo – Oreochromis Niloticus, o Carpa Chinacyprius Carpio

gestión administrativa



Jornadas CID Región Chorotega. FOTOGRAFÍA: HÉCTOR FEOLI

SICEO: El proceso de desarrollo del Sistema Automatizado para el Control de Entes Operadores



Mario Díaz Blanco¹

Resumen

El Sistema para el Control de Entes Operadores (SICEO) es el sistema que permite archivar y consultar información acerca de los acueductos rurales o “entes operadores” de acueductos; se les denominó así genéricamente para incluir otros tipos de administración como municipalidades, comités y empresas privadas. El presente artículo describe los antecedentes, la justificación y el proceso de desarrollo de dicho sistema con el fin de mostrar el avance en los métodos de recopilación de información en esta área.

Palabras clave: SICEO, sistema, ASADAS, acueducto rural.

Desde la creación del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) en 1961, se estableció que dicha institución debía dirigir y vigilar el servicio de agua potable, solamente en las áreas urbanas. Adicionalmente, tendrá a su cargo la conservación de las cuencas hidrográficas y la protección ecológica, el asesoramiento a otros organismos del estado, la administración de todas las aguas de dominio público, así como, la operación directa de los sistemas de acueductos y alcantarillados en todo el país.

Si bien nunca se le asignó directamente el manejo de los acueductos rurales, muchas de las tareas asignadas están vinculadas con éstos y muchos proyectos se relacionan con su construcción. Para la realización de dichas labores es necesario que Acueductos y Alcantarillados disponga de herramientas de información para la vigilancia del agua potable, la preservación de cuencas, el control y la asesoría de éstas así como los mecanismos necesarios para una correcta administración del recurso.

Anteriormente, muchos problemas como el alcantarillado sanitario fueron resueltos a través de programas como la letrización del Ministerio de Salud, por ejemplo en 1975 traspasaron los activos a las Asociaciones Administradoras de Acueductos (ASADA's) y delegaron con ello la responsabilidad a las comunidades.

En el año 2000, se publicó un reglamento donde rige una nueva normativa que incorpora a las ASADAS bajo la responsabilidad del AyA, Esta disposición pretende responder un alto porcentaje de la población (59%) que vive en zonas rurales y que carece del servicio de agua potable. Asimismo, la desconcentración de las regiones, le permite a la Institución contar con la posibilidad de dividir sus recursos y regionalizarlos.

¹Licenciado en Ingeniería de Software, Tecnología Informática Región Brunca . mdiaz@aya.go.cr

Posteriormente, surgieron nuevas necesidades por ello, se redactó un nuevo reglamento en el 2005, este incluye aspectos como la delegación de recursos, la existencia de instituciones privadas y otros. Para cumplir con este reglamento se debe contar con un sistema para registrar la información de las ASADAS.

En el 2003 se implementó el Sistema de Asadas (SAS), en la Ilustración 1 se presenta una de las pantallas del sistema SAS. Este sistema tenía como objetivo recopilar información muy básica y fue elaborado en la Región Brunca como un plan piloto de recopilación de información que no intentaba, de ninguna manera, establecerse como sistema institucional, solamente solucionar una necesidad particular. Dicho sistema fue desarrollado por el departamento de Soporte Técnico en un período corto de tiempo. La información se guardó en la base de datos del servidor de intranet regional y los alcances de ese sistema no eran muy amplios.

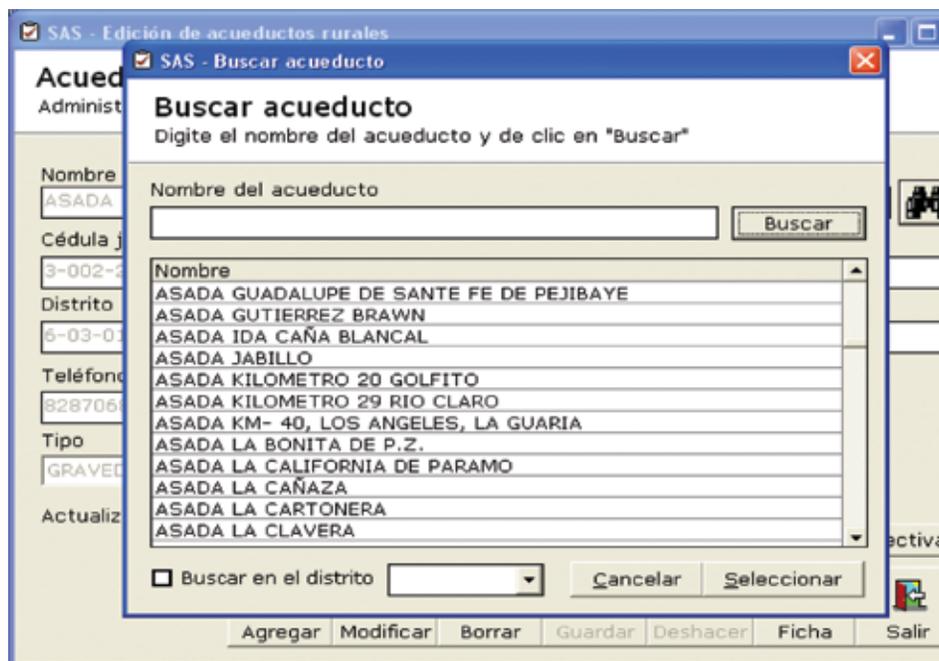


Ilustración 1: Sistema SAS consistía en fichas básicas de acueductos.

En el plan piloto se determinaron aspectos como:

- **Exceso de datos:** existía una gran cantidad de detalles que debían clasificarse de alguna manera.
- **Gran cantidad de información:** solamente la información considerada básica resultaba monumental. Por ejemplo en la región se contabilizaron alrededor de 300 acueductos y en el país, -en ese momento- 1600 acueductos.
- **Ámbitos en el control son muy variados:** existían muchas áreas por evaluar que debían ser clasificadas como comerciales, operativas, técnicas.
- **Gran cantidad de riesgos:** ambientales, sociales, de administración debían ser evaluados.

Estos aspectos no fueron contemplados a cabalidad en el SAS, de allí, la necesidad de mejorar en el proceso mediante el desarrollo de un nuevo sistema: el SICEO. En la Ilustración 2, se muestra la imagen de una de las pantallas del SICEO donde se incluye información adicional a la que presentada por el SAS.

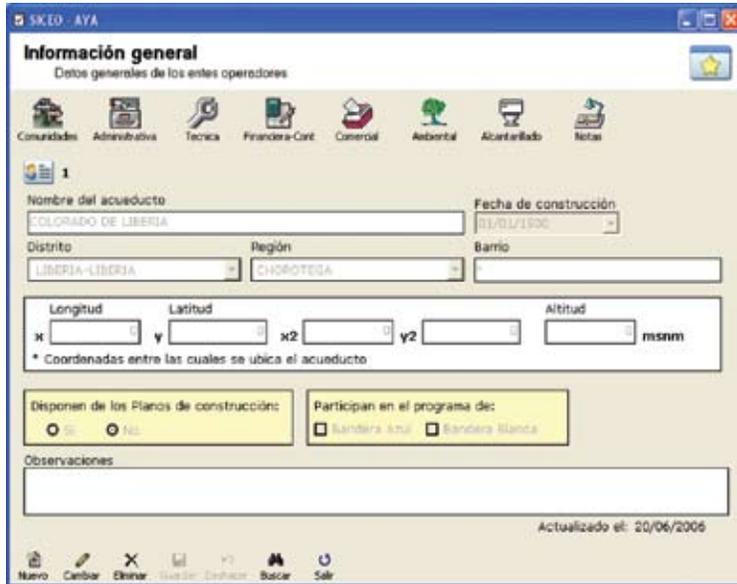


Ilustración 2: SICEO incorpora más información clasificada por áreas y permite el acceso de la información por medio de la red institucional

El objetivo del nuevo proyecto era desarrollar un Sistema de Información de Gestión que automatizara los procedimientos de recopilación y catálogo de la información de los entes operadores de Acueductos Rurales, con el fin de obtener un conjunto de indicadores capaces de facilitarle a las oficinas Regionales canalizar sus esfuerzos en el apoyo y fiscalización de aquellos entes. Se contemplaron áreas antes no incluidas, como la administrativa, la técnica, la financiera-contable, la comercial y ambiental, todas sujetas a limitaciones del proyecto.

Dichas limitaciones fueron el tiempo, el personal y el gran tamaño del sistema. La limitación del personal fue solventada por medio del uso de estudiantes avanzados de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Nacional, en este caso Ana Villegas y Alexander Varela realizaron su proyecto final de bachillerato para esto levantaron el diseño y programaron la base original del sistema.

La supervisión estuvo a cargo del departamento de Soporte, los profesionales destacados de Acueductos Comunales y la Dirección, utilizando información de diversas fuentes como cuestionarios elaborados para el SAS, nuevos cuestionarios y algunos documentos generados por funcionarios del AyA.

El aporte primordial de dicho desarrollo fue la constitución de módulos de digitación, la posibilidad de trabajar en red a nivel nacional, la asignación de permisos por medio de una mejor base de datos y el levantamiento de una lista de acueductos de la Región Brunca con información fundamental como localización de los mismos y constitución administrativa. Igualmente se cuenta con el código fuente, que es propiedad del AyA y lo más importante, permite mantener un expediente digital de los entes operadores.

Durante el 2006, se han hecho mejoras en reportes de trabajo, consulta y modificación de información que no fueron incluidas en el proyecto original.

Sin embargo, aún existe camino por andar, aunque se han dado pasos en la estandarización de procesos de información, es necesario mejorar aspectos como la recopilación de información en procedimientos unificados. Dentro de los alcances pretendidos solamente se incluyó la información de la región Brunca, pero se posibilitó tecnológicamente el uso en ambientes de red de manera que pudiera ser usado a nivel nacional. Este sistema fue analizado con el departamento de Acueductos Comunales y se determinó que para su uso a nivel nacional es relativamente muy poco lo que debe ser modificado para funcionar.

En el 2006, se han dado pasos como la unificación del almacenamiento de los datos del sistema en un servidor institucional con respaldo regular y la necesidad de la declaración de carácter institucional. Todo esto, con el objetivo de contar con información actualizada al instante, que sea accesible a nivel nacional y permita la obtención de indicadores y reportes. Finalmente, lo que se espera es una maduración del sistema y la fundamentación de los procesos.

Cabe destacar, el bajo costo del proyecto al aprovechar los recursos de las universidades públicas y tiempo ordinario de AyA, que aunque no es gratis completamente, no implica erogaciones adicionales de fondos. Esto demuestra que pueden hacerse proyectos sin el uso de costosas consultorías que tienen resultados similares y mejor aún, ayudan a la formación de nuevos profesionales.

Actualmente, está pendiente la conclusión de la estandarización de los métodos de recolección de información, así como la elección de los responsables para recolectarla. Adicionalmente, es necesaria la definición de los indicadores que debe proporcionar el sistema.

¿Cuál es entonces el objetivo final de un sistema como el SICEO? Disponer de información prioritaria en la toma de decisiones en el tema del recurso hídrico, brindar datos que permitan optimizar el destino de los recursos para la mejora comunal, en especial con las comunidades con mayores problemas. En fin, esta labor no sólo favorece la imagen de la Institución y el manejo adecuado de los recursos, sino que posibilita una mejor calidad de vida, verdadero propósito fin del AyA.

Referencias bibliográficas

Costa Rica. Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. **Proyecto de regulación de Acueductos Rurales administrados por ASADAS**. San José, C.R. : ARESEP, 2005.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. **Plan estratégico 2003-2020**. San José, C.R. : AyA, 2005.

Villegas, Ana; Varela, Alexander. **Documentación de diseño del sistema SICEO**. San José, C.R.: AyA, 2006.

Control interno: una herramienta institucional

50



Sonia Murillo Hurtado¹

Con la promulgación de la Ley N° 8292, Ley General de Control Interno, el sistema de control interno a nivel institucional, adquiere una nueva perspectiva, la cual podría definirse según el Manual de Normas Generales de Control Interno para la Contraloría General de la República, las entidades y órganos sujetos a su fiscalización como:

“...la serie de acciones diseñadas y ejecutadas por la administración activa para proporcionar una seguridad razonable en torno a la consecución de los objetivos de la organización, fundamentalmente en las siguientes categorías: a) Proteger y conservar el patrimonio público contra cualquier pérdida, despilfarro, uso indebido, irregularidad o acto ilegal; b) Confiabilidad y oportunidad de la información; c) Eficiencia y eficacia de las operaciones; y d) Cumplir con el ordenamiento jurídico y técnico...”

Por ello, el Control interno funciona en relación con las actividades, planes o metas, pues, su único fin es el de dirigir de una mejor manera, la toma de decisiones en forma oportuna y controlar cualquier situación que pueda presentarse.

Ahora bien, el control interno como sistema dentro de una organización es una actividad compleja, porque requiere de un esquema con objetivos claros, donde se defina su área de acción según los recursos materiales y humanos con los que se cuenta. Recordemos que esta actividad es parte del proceso administrativo por lo cual no debemos dejar de lado la planeación, la organización, el control y la ejecución de los planes propuestos.

Ahora bien, ¿Por qué decimos que el control interno es parte del proceso administrativo? Porque estas cuatro funciones son transversales dentro de dicho proceso.

Para que una organización alcance la eficiencia y eficacia debe tener un planeamiento claro y totalmente realista, la organización debe ser la adecuada y bien concebida, con los recursos necesarios para ejecutar los proyectos y un excelente sistema de monitoreo para una adecuada evaluación.

¹Licenciada en Administración de Empresas. Unidad de Control Interno. smurillo@aya.go.cr

El control interno dentro de AyA

Dentro de un ámbito Institucional como el de AyA y el marco legal que debe cumplir (Ley 8292), es importante recordar que se deben tomar en consideración los 5 componentes que indica la Ley General de Control Interno, los cuales son:

Ambiente de control: se enfoca en el entorno de la organización, con el fin de propiciar una cultura de control basado en la integridad y los valores éticos.

Valoración de riesgo: es el proceso global que estima la magnitud de los riesgos, es decidir, si un riesgo es, o no, tolerable.

Actividades de control: enmarcan las actividades desarrolladas en todos los procesos llevados a cabo en la institución.

Sistemas de información: velan que la institución cuente con un sistema capaz de identificar, recolectar, procesar y divulgar toda la información generada en la organización.

Seguimiento: valoración de la calidad y el alcance de todo el proceso para así proponer medidas correctivas.

Sistema control interno en AyA

El sistema de control interno implementado en AyA, inició en el año 2003 con la aplicación de la matriz de autoevaluación emitida por la Contraloría General de la República, la cual tenía como único objetivo ser el punto de partida de aquellas instituciones u organizaciones sujetas a fiscalización.

Como resultado de esta autoevaluación la Administración Superior lo ratificó mediante acuerdo de junta directiva, una instancia cuyo objetivo general era propiciar un sistema de control interno los objetivos institucionales.

Una vez creada esta unidad, se formularon una serie de estrategias para ser aplicadas en el año 2004 y así propiciar un sistema permanente de control. Dichas estrategias consistían en elaborar las guías de autoevaluación específicas por Dirección, la Región y la Oficina y aplicarlas en forma semestral. Para ello se conformó un grupo de trabajo integrado por un representante de cada dependencia estructural, denominado Designado de control interno, al cual le corresponde monitorear e informar al titular subordinado, sobre el desarrollo de este sistema de control y velar por el cumplimiento de las medidas correctivas de la dependencia para la cual laboraba.

Proceso de control interno para el año 2004

Para ese año en particular, se propuso cerrar el ciclo de control interno, el cual fue dividido en 3 etapas:

- 1 -Formulación de un plan de mejoras.
- 2 -Aplicación de formularios de autoevaluación.
- 3 -Seguimiento y verificación de cumplimientos de las mejoras propuestas.

En esa ocasión, la Unidad de Control Interno pretendió cumplir con uno de los objetivos más importantes para los cuales fue creada: fomentar un ambiente de control aceptable dentro de la realidad institucional. Se logró formular los planes de mejoras de cada una de las Dependencias, se realizaron las autoevaluaciones semestrales y, por último, se realizó el seguimiento y se verificó en cada una de éstas.

Cabe indicar, que como en todo proceso de control, hubo resistencia a la rendición de cuentas, sin embargo, de la Ley General de Control Interno, realizada por el Departamento de Desarrollo del Capital Humano, constituyó un pilar importante para la concientización de los deberes y responsabilidades del Jerarca y los Titulares Subordinados.

Finalmente mediante la aplicación de estas medidas se cumplió el objetivo principal de la Unidad de control interno: crear una cultura capaz de responder a las actividades propias del control interno como esencia, donde la gestión del Jerarca, los Titulares Subordinados y los funcionarios en general, se realizará de manera eficiente, con la integridad y valores éticos.

Proceso de control interno para el año 2005

Una vez fortalecida esta cultura de control, en el año 2005 se inició, nuevamente el ciclo con la formulación de los planes de mejoras para ese año. En esa ocasión, se adoptó una visión más cercana a la realidad de cada dependencia y se tomó en cuenta los plazos, los recursos y las potestades. Para ese año, el AyA logró cumplir con el ciclo de control, realizó las dos autoevaluaciones específicas en forma semestral y, por primera vez, se realizó un diagnóstico a nivel institucional basado en el Plan Estratégico Institucional con la participación de 297 funcionarios con niveles de Jefatura.

El objetivo de control de la Unidad se centró en la Gestión Integral del Riesgo, la cual fomentó la prevención de los posibles eventos que pudiesen afectar los procesos.

Es importante indicar que tanto en la evaluación institucional como en la específica, la participación fue de un 97% del total de los titulares llamados a rendir cuentas.

Proceso de control interno para el año 2006

En el año 2006, se establecieron nuevos lineamientos para la elaboración de los planes de mejoras específicas con fin de integrar los procesos internos. Se formuló una matriz institucional totalmente estandarizada para todas dependencias, en donde ella se puede visualizar la información de los planes desde el nivel gerencial hasta el nivel operativo.

La matriz contiene es la siguiente información:

- 1 -El eje estratégico (Plan estratégico)
- 2 -El objetivo estratégico (Plan estratégico)
- 3 -El objetivo operativo (Manual de organización)
- 4- Las mejoras o metas (Propuesta de la Dependencia)

- 5- Las actividades y sub-actividades por ejecutar (Detalle de actividades por realizar)
- 6- Responsable (Funcionario responsable)
- 7- El área o departamento encargado de realizar esa mejora
- 8- Los recursos disponibles (Presupuesto)
- 9- El plazo (definición de la mejora a corto, mediano o largo plazo)

Para la elaboración del plan de mejoras a nivel institucional se convocó una comisión interdisciplinaria, con el fin de plantear mejoras integrales en cada uno de los ejes estratégicos y se elevó a la Junta Directiva para su respectiva aprobación.

Como se puede observar, el trabajo a nivel institucional ha sido muy valioso y enriquecedor para la organización, porque el sistema como tal contribuye a mejorar sustancialmente los procesos administrativos en todas las áreas. Tras detectar las deficiencias se ejecutan medidas correctivas y así se mejora la gestión y la toma de decisiones, ya que se cuenta con información confiable derivada de este mismo proceso y de sus responsables.

Por último, conviene señalar que el autocontrol constituye una característica propia de cada participante, pues cada uno debe estar en armonía; de allí la necesidad de integrar los esfuerzos para lograr los objetivos, metas y los planes, los cuales constituyen la base para la toma de decisiones.



Referencias bibliográficas

Costa Rica. Asamblea Legislativa. **Ley General de Control Interno No. 8292**. San José, C.R. : La Asamblea, 2002.

Costa Rica. Contraloría General de la República. **Manual de Normas Generales de de Control Interno para la Contraloría General de la República y las Entidades y Órganos Sujetos a su Fiscalización**. M-1-2002-CO-DDI. San José, C.R. : CGR, 2002.

Instituto Costarricense Acueductos y Alcantarillados. **Informe de Autoevaluación 2004**. San José, C.R. : AyA, 2005.

Instituto Costarricense Acueductos y Alcantarillados. **Informe de Autoevaluación 2004**. San José, C.R. : AyA, 2006.

La empresa de Servicios Públicos de Pérez Zeledón. ¿Un ornitorrinco jurídico?



Fernando Bonilla Orozco¹

55

La palabra “monotrema” para muchos -inclusive para el que les escribiera- pareciera no tener significado alguno. En buen castellano, el término refiere a un mamífero con pico y cloaca, parecido a las aves que ponen huevos y sus crías chupan la leche que derrama de las mamas que carecen de pezón.¹ Ni más ni menos que corresponde a una especie extraña, creo que bastante escasa, como lo es el ornitorrinco (*), ser orgánico cuya descripción es tan amplia y compleja, que para una mejor comprensión es preferible referirlos a la cita, al pie de la columna. Pues, estimados lectores, así como difícil es imaginarse el ornitorrinco,² también lo sería la Empresa de Servicios Públicos de Pérez Zeledón, proyecto legislativo que el 25 de julio del 2006 recibió dictamen negativo unánime y consecuente archivo por parte de la Comisión Permanente de Asuntos Hacendarios de la Asamblea Legislativa.

Sin duda, la razón imperó una vez más sobre la sinrazón. El proyecto no pasó de ser un fallido intento de “algunos” que, con ignorados intereses, trataron de emular a otras empresas públicas de las Provincias de Heredia y Cartago. Muchas fueron las voces que se alzaron en contra del proyecto; diversos, los diputados de la Comisión de Gobierno y Administración (2002-2006) que analizaron el mismo y, bajo la pobre premisa de “son tiempos de cambio” o “no tengamos miedo de enfrentar la competencia”, vieron con buenos ojos la iniciativa.

La Comisión Interinstitucional conformada por disposición del Concejo de la (*) “Mamífero del orden de los monotremas, del tamaño aproximadamente de un conejo, de cabeza casi redonda y mandíbulas ensanchadas y cubiertas por una lámina córnea, por lo cual su boca se asemeja al pico de un pato, con pies palmeados, sobre todo en las extremidades torácicas, y cuerpo y cola cubiertos de pelo gris muy fino. Vive en Australia y se alimenta de larvas, de insectos y de pececillos”.

Municipalidad de Pérez Zeledón³ (período 2002-2006), la señora Alcaldesa Municipal y la Contraloría General de la República, en las comparecencias personales o mediante informes presentados ante la Comisión Legislativa de

¹Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española. En línea: www.rae.es/

²Idem.

³Costa Rica. Municipalidad de Pérez Zeledón, Consejo. Acuerdo No. E-044-05, sesión extraordinaria. Junio, 2005. Artículo 1, inciso 4.

¹Licenciado en Derecho. Dirección Jurídica Región Brunca. fbonilla@aya.go.cr

Gobierno y Administración, que a lo largo de estos cuatro años conoció la iniciativa, señalaron serias deficiencias conceptuales, jurídicas y financieras. El Concejo Municipal⁴, haciendo eco del informe rendido por la comisión conformada por diversas instituciones públicas, empresas privadas, cooperativas, y demás organizaciones que constituyen las fuerzas vivas de la localidad, informaron a los señores diputados sobre la inconveniencia de que una empresa local explotara los recursos energéticos e hídricos, todo sin sujeción alguna de los órganos de control estatales cuya función es verificar y controlar el buen recaudo y uso de los fondos públicos generados. Advirtieron sobre las deficiencias para que contratara con subsidiarias la explotación de tales servicios y que a su vez ésta empleara empresas netamente privadas, sin requerirse para ello el cumplimiento de normativa de derecho administrativo que garantizara justicia e igualdad de trato entre los oferentes. Otras, muchas más fueron las observaciones realizadas al proyecto de ley; concluyendo que la instauración de una empresa de tal naturaleza era inconveniente a los intereses públicos y municipales, de igual manera, de constituirse en una realidad, acarrearía consecuencias negativas para la región y el país.

Por otro lado, la señora Alcaldesa Municipal⁵ reiteró también diversos problemas plasmados en el proyecto, como el sinnúmero de dudas sobre los verdaderos fines que éste persigue, los “malabares” doctrinarios empleados que reflejan un desconocimiento tanto del régimen municipal, de la gestión pública como la verdadera participación del gobierno local. Señaló la Licda. Ramos Madrigal:

“... Nosotros creemos que el Proyecto es nefasto en cuanto a esta propuesta de definición (sin definición) de la naturaleza jurídica de un ente amorfo y desestructurado que traería más perjuicios que beneficios al cantón de Pérez Zeledón, a la Región Brunca y al país en General (...) por el contrario estamos en la ejecución de esas ideas (fortalecimiento del Régimen Municipal). Nos interesan muchas ideas nuevas y de calidad. Pero rechazamos con contundencia ocurrencias sin ton ni son como las que formula el Proyecto que hemos revisado...”⁶

La Contraloría General de la República⁷, puntualizó con atinada razón que el proyecto de ley tampoco era viable: El traslado de bienes del ICE, o mediante venta del AyA, sin contraprestación alguna por parte de la empresa, carencia de financiamiento para la compra de inmuebles e infraestructura, ausencia de viabilidad económica del proyecto (sostenibilidad), insuficiente fiscalización, así como control adecuado de la Contraloría General, ausencia del valor agregado (cómo se logrará la reactivación económica de la zona si se trasladan servicios públicos que se brinda en ésta a otra empresa que empezaría de cero), fueron ni más ni menos que la oposición rotunda del ente a dicha iniciativa. Las siguientes frases de la Subcontralora General de la República, Licda. Marta Acosta Zúñiga, resumen lo expuesto:

“...Nos preocupa (...) que el ICE hará traslado de bienes a esta empresa, que esta empresa le va a comprar los bienes a Acueductos y Alcantarillados (...) nos preocupa el financiamiento para la compra de todos estos bienes y maquinaria (...) Nos preocupa la viabilidad económica del proyecto, porque no está claro cómo se va a financiar (...) Nos preocupa mucho la parte de la fiscalización y el control (...) nos preocupa la duplicación (de competencias)”⁸

⁴Costa Rica. Municipalidad de Pérez Zeledón. Consejo. Oficio TRA-542-05-USM. Julio, 2005.

⁵Costa Rica. Alcaldía. Municipalidad de Pérez Zeledón. Informe OFI-0826-05DAM. Julio de 2005. Pág. 11.

⁶Idem, pág. 4.

⁷Ibidem, pág. 12.

⁸Costa Rica, Asamblea Legislativa. Expediente Legislativo No. 15.383. Acta 43. Pág. 15.

El jerarca del AyA en la comparecencia ante los Diputados fue enfático en advertir el peligro que se cernía para la salud pública con un proyecto como el señalado. Argumentó que muchos años transcurrieron hasta que la potabilidad del agua para consumo humano y el tratamiento de las aguas residuales se confiaron a una institución pública. Desde ese entonces, los niveles de salud mejoraron significativamente, razón por la que un proyecto de ley como el indicado debía requerir mayor análisis, madurez y perfeccionamiento para no debilitar los niveles de salud costarricense. El representante institucional fue más allá al determinar:

“...El análisis sectorial de agua potable y saneamiento, terminado en el 2002, indicó que Costa Rica, como nación, necesitaba invertir dos mil millones de dólares. Mil millones de dólares en agua potable y mil millones de dólares en alcantarillado. Eso significa que en el régimen municipal, si tiene una presencia de un 17% sobre dos mil millones de dólares, eso sería trescientos cuarenta millones de dólares para comenzar. De manera que hay que tener presente que no basta con la buena voluntad de transferir. Aquí se trata de recursos económicos, aparte de los humanos y los técnicos. Interpreto que Costa Rica, en 1961, tratándose de la salud y del acceso de este tipo de servicios al pueblo costarricense, consideró que era importante que hubiese una institución rectora en lo que al agua potable y al saneamiento se refiere, y repito, nos dio una serie de potestades jurídicas, compromisos o resultados que todavía están a mitad de camino. Me preocupa que no habiendo llegado ni a la mitad de ese camino, echáramos marcha atrás y que arriesgáramos los índices de salud pública de Costa Rica. Repito, no estamos hablando de cualquier cosa. Estamos hablando de salud pública, y la salud pública es un tema tremendamente delicado y cuyas responsabilidades realmente nos preocupan a todos nosotros”.⁹

El proyecto de ley se enfrentó así a varias vertientes: 1) Para el AyA, lo reprochable no era la existencia de otra empresa de naturaleza pública, pues paralelo a éstas, coexisten Asadas y Municipalidades, sino el riesgo a la salud en que se sometería a la población local al contar con ciudadanos que sin experiencia alguna, emprendieran la aventura de asumir servicios vitales para la subsistencia humana. Para otros, como la Alcaldía y el Concejo Municipal, la censura consistía en las yerros, innumerables omisiones, deformaciones y elucubraciones jurídicas, constituyéndose en un asunto de semántica pura, rodeado de aforismos sin sentido. En el caso de la Contraloría General de la República y el Departamento de Servicios Técnicos de la Asamblea Legislativa, la ausencia de estudios financieros, de viabilidad y control estatal que respaldaran la futura empresa. En cuanto al ICE¹⁰ y MINAE, el proyecto no era posible; primero, por cuanto en la zona no se genera electricidad, sino que ésta se produce en otras zonas del país, por lo que se debía continuar pagando por ella. Segundo, la obligación porque se analizara con mayor detenimiento el traslado de competencias en materia de protección y conservación ambiental, así como la transferencia de cánones para la explotación de parques nacionales y áreas protegidas, pues a manera de ejemplo según expuso su Ministro, el MINAE posee “...áreas protegidas que tienen doce cantones, doce municipalidades (vinculadas) directamente, o están ubicadas en doce diferentes municipios ...”.¹¹

Cuando la Comisión Permanente de Asuntos Hacendarios del primer poder de la República, integrado por diputados del actual período legislativo, analizaron el proyecto de ley, concluyeron claramente en el razonamiento que se ha expuesto,

⁹Idem, acta No. 52. pág. 8

¹⁰Ibidem, acta No. 44, pág. 5.

¹¹Ibidem, acta No. 44, pág.19.

pues de forma unánime dictaminaron negativamente la iniciativa parlamentaria. Con un informe serio y conscientes de la responsabilidad que la Sociedad Civil depositó en ellos; fundamentados sobre todo en los criterios esbozados y otros, tanto de la Procuraduría General de la República, Sala Constitucional, en doctrina e informes del AyA e ICE, definieron que la constitución de la Empresa de Servicios Públicos de Pérez Zeledón no era un proyecto viable. De esta forma y en definitiva, objetaron que los recursos públicos se administraran bajo un régimen privado, ajeno a los principios y controles de la actividad administrativa y contractual del Estado. Reconocieron que los servicios brindados a la población generaleña, eran satisfactorios, pues en materia de agua, un 80.7% de las viviendas en el cantón central contaban con acueducto, ya sea a través del AyA (57.40%), acueductos rurales y municipales (23.32%) o por medio de pozos, ríos, quebradas, nacientes y otros (19.27%), siendo que los distritos de San Isidro del General, General y Daniel Flores poseían la mayor cobertura. En servicios eléctricos, un 97% de las residencias se satisfacen de ella, con una cobertura del 99%. Un 28.5% de las residencias poseen servicio telefónico y un 6.4% con computadoras.¹²

58

Es innegable que un proyecto de ley debe ser coherente, armónico tanto en sus antecedentes (o exposición de motivos) como en su fondo, lo que induce a pensar que fueron más las ansias personalistas de unos pocos, sin medida, análisis y asesoría, que el arraigo y convicción por desarrollar la zona. El proyecto registrado en la Asamblea Legislativa, adolecía en lo fundamental de todo esto. Tampoco estableció el mecanismo mediante el cual los ingresos producto de la actividad pública desplegada por la empresa se revertirían en mayor desarrollo para el Cantón de Pérez Zeledón. No contempló en sus antecedentes, la fuente obtenida para determinar el nivel de desarrollo alcanzado en comunidades donde actualmente operan empresas de servicio público como ESPH O JASEC. Existió una ausencia total de estudios financieros y de sostenibilidad del proyecto que permitiera asegurarle a sus promotores un éxito incuestionable. Esta última situación fue expuesta en mayo del 2005, por el Departamento de Servicios Técnicos de la Asamblea Legislativa:

*“Una cosa es dotar de una particular naturaleza jurídica a una Institución ya existente, con sus propios activos, personal, competencias y prestación de servicios atribuida (como en el caso de la ESPH), y otra muy distinta es regular múltiples consecuencias jurídicas y prácticas que se desprenden de crear algo totalmente nuevo sin que exista nada previamente. En consecuencia, la principal observación que se permite hacer esta asesoría, es que un Proyecto de tanta trascendencia debería estar avalado, del mejor modo posible, por estudios técnicos de factibilidad y viabilidad, que contemplara los costos económicos, y valorara la conveniencia y oportunidad estrictamente técnica de la iniciativa; y que la ausencia de estos estudios e informes se percibe como una debilidad grave del Proyecto...”*¹³

Es evidente que al constituirse la Empresa de Servicios Públicos de Pérez Zeledón, se hubiese desmantelado localmente al AyA, ICE y MINAE, gestándose otro elefante blanco, con libertades irrestrictas y sin control estatal alguno.

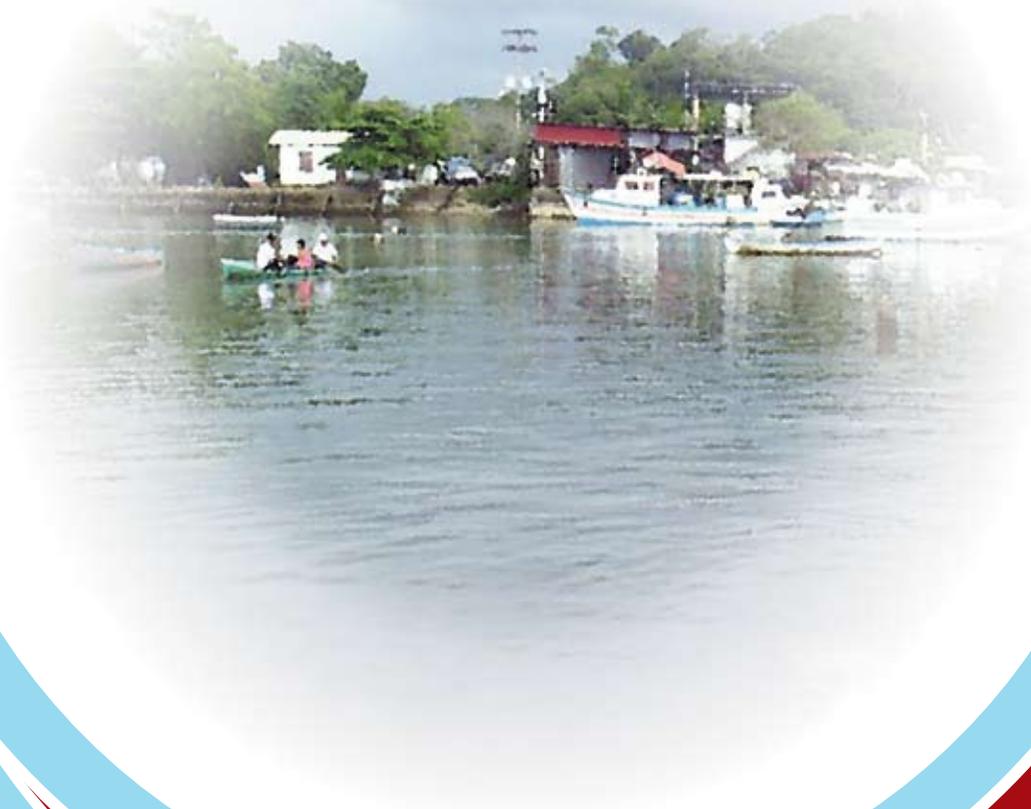
Los costarricenses debemos estar vigilantes porque nuevos intentos -en ésta como en otras regiones del país- no sucedan. Si lo que se pretende es

¹²Costa Rica. Asamblea Legislativa. Comisión Permanente de Asuntos Hacendarios. Dictamen negativo unánime. Págs. 4 y 5.

¹³Costa Rica. Asamblea Legislativa. Departamento de Servicios Técnicos. Informe técnico jurídico. Mayo 2005. Pág. 4.

el desarrollo económico local, como se argumentó en la exposición de motivos del proyecto en comentario, éste no se logra por vía parlamentaria, “cabildeando diputados” y “arrebátandole servicios” a empresas públicas, que -a pesar de los problemas que a diario enfrentan- lo vienen brindando satisfactoriamente, mientras que unos pocos desean experimentar con costos ignorados y recibir “gratuitamente” infraestructura y recursos de todos los costarricenses.

ventana externa



El Cocal, Quepos. FOTOGRAFÍA: FERNANDO ARAYA

Gasto en ejército y su impacto sobre la salud pública en el contexto mundial



Darner Adrián Mora Alvarado¹
Carlos Felipe Portugués Barquero²

Resumen

El objetivo es analizar el impacto del gasto en defensa (GGDEF), salud (GGSAL) y educación (GGEDU) sobre los indicadores de saneamiento y salud en el contexto mundial. Para cumplirlo se aprovecharon los datos publicados en los informes “Estado Mundial de la Infancia 2004” (UNICEF, 2004) y “Salud del Mundo 2003” (OMS, 2004), los cuales fueron procesados en dos etapas. Primero, se realizó un análisis estadístico de correlación parcial al 95% de confianza en 90 países, donde se determinó las posibles correlaciones entre los GGDEF, GGSAL, GGEDU y las coberturas de agua para consumo humano (ACH), la disposición adecuada de excretas (DAE), las tasas de mortalidad en niños menores de 5 años (TM<5años/1000), la mortalidad infantil (TMI/1000), la esperanza de vida al nacer (EVN/x años) y la tasa bruta de mortalidad (TBM/1000); luego, se realizaron las asociaciones descriptivas en 9 regiones del mundo de la UNICEF, además de una breve evaluación de la situación en 17 países de Latinoamérica. Los resultados indicaron que el saneamiento y la alfabetización tienen una correlación parcial estadísticamente significativa con los indicadores básicos de salud. El ingreso nacional per-cápita (INP \$USA) presentó una correlación parcial positiva con la EVN/x años, alfabetización (ALF), ACH y DAE. El GGDEF presentó correlación parcial inversa y significativa con la ALF. El análisis descriptivo evidenció que un mayor gasto en ejércitos, repercute disminuyendo las coberturas de ACH, DAE y ALF, lo cual se hace evidente en deficientes indicadores básicos de salud. Por lo tanto, se recomienda disminuir y transformar los propósitos y funciones de los ejércitos, buscar cambios paulatinos de comercio de armas de los países desarrollados por aspectos más solidarios como el comercio de medicinas y alimentos con los países más pobres.

Palabras clave: salud pública, educación, indicadores de salud, ejército, alfabetización, saneamiento.

¹Microbiólogo Master en Salud Pública. Director Laboratorio Nacional de Aguas AyA. dmora@aya.go.cr

²Licenciado en Gestión Ambiental. Laboratorio Nacional de Aguas. fportuguez@aya.go.cr

Introducción

Paradójicamente, la construcción de los primeros hospitales se realizó para atender a los heridos de las guerras en los antiguos imperios (Romano, Griego y Egipcio); es decir, los nosocomios se crearon para salvar vidas, debido a que los ejércitos son los causantes de la mayor mortalidad en la historia humana. Diversos estudios han demostrado que el saneamiento, el acceso de agua para consumo humano (ACH) y la disposición adecuada de excretas (DAE), unidos a la educación, son aspectos fundamentales para mejorar los indicadores básicos de salud como la tasa de mortalidad infantil/1000 (TMI/1000), la tasa de mortalidad en niños menores de 5 años (TM<5 años) y la esperanza de vida al nacer (EVN/x años), entre otros.

En este sentido, Leo Héller identificó 105 investigaciones realizadas en la segunda mitad del Siglo XX, en donde el tema central era el saneamiento básico y la salud ⁽¹⁾. Con respecto a la educación, Behm demostró que la mortalidad en la niñez latinoamericana era cuatro veces mayor en hogares donde las madres eran analfabetas, y menor en aquellas donde la madre sabía leer y escribir ⁽²⁾. En 1981, en Costa Rica, Reiff comprobó la evolución de la mortalidad por diarrea y su relación con las coberturas de ACH y DAE (1940-1980) ⁽³⁾. Por su parte, Luis Rosero indicó la importancia del saneamiento básico entre los determinantes de la disminución de la mortalidad infantil en Costa Rica ⁽⁴⁾. Posteriormente, Darner Mora y sus colaboradores han realizado varios estudios estadísticos donde se comprueba, mediante correlaciones parciales, la importancia del saneamiento básico y la educación sobre los indicadores básicos de salud en América Latina ⁽⁵⁾. Además, en el artículo “Saneamiento, Educación y su Relación con los Indicadores Básicos de Salud en el Contexto Mundial 2002” ⁽⁶⁾ se ratificó la relación entre las coberturas del ACH, DAE, la alfabetización y la mejora de los indicadores básicos de salud en 90 países del mundo. Asimismo en este estudio se observó una correlación parcial inversa no significativa estadísticamente, entre el gasto en defensa (GGDEF) y los indicadores de TMI/1000, TM<5 años y la EVN.



Foto: Diario La Nación, 2004

Es por esto, el presente estudio tiene como objetivo analizar el impacto que tienen los gastos en ejércitos, salud y educación sobre los mencionados indicadores de salud en 90 países del mundo y en los países latinoamericanos. Para cumplir con este propósito se establecieron los siguientes objetivos específicos: a) seleccionar aquellos países que cuenten con los datos completos de cobertura con ACH, DAE, ALF, TMI/1000, TM<5 años, EVN/x años, tasa bruta de mortalidad/1000, ingreso nacional per-cápita (\$USA) y los porcentajes de gasto en salud, educación y salud; b) Determinar la correlación parcial entre los factores del saneamiento, ALF y los gastos en salud, educación y defensa; c) Realizar un análisis descriptivo en 9 regiones del mundo, acerca del efecto de los gastos mencionados sobre los indicadores básicos de salud; d) Realizar este mismo análisis en 17 países latinoamericanos; e) Proponer recomendaciones para mejorar la salud pública a nivel mundial.

Materiales y métodos

Para cumplir con los objetivos de este estudio retrospectivo-descriptivo-analítico se aplicaron los siguientes pasos:

- **Selección de países y datos**

La selección de los 90 países se realizó a partir de los informes de la UNICEF “Estado mundial de la infancia 2004” (7) y el “Informe sobre la salud en el mundo 2003” de la OMS (8). Se eligieron los países que tenían disponibles los datos de cobertura con ACH, DAE, ALF, gasto porcentual general de salud (GGSAL), gasto general en educación (GGEDU) y gasto general en defensa (GGDEF), además de los indicadores básicos sobre la TMI/1000, la TM<5 años, TBM/1000 y EVN/x años.

- **Análisis estadístico de los datos**

Los datos de los 90 países seleccionados se procesaron mediante el análisis estadístico de correlación parcial, al 95% de confianza, con el propósito de determinar si existía o no, un efecto inverso entre la GGSAL, GGEDU y GGDEF sobre los mencionados indicadores de salud antes citados.

- **Análisis descriptivo entre las regiones del mundo y los indicadores de salud**

Se partió de la clasificación en nueve regiones realizada por la UNICEF, se realizó un estudio descriptivo entre los gastos en salud, educación defensa (ejércitos) y los indicadores básicos de salud.

- **Análisis descriptivo entre los países de Latinoamérica y los indicadores básicos de salud**

En este punto se describen los gastos en salud, educación y defensa y su efecto sobre los indicadores básicos de salud en 17 países latinoamericanos.

- **Limitaciones estadísticas**

Como en todo estudio estadístico, existen limitaciones importantes de anotar como:

- Los factores culturales, socioeconómicos y ambientales de los países estudiados, introducen un sesgo en el análisis de correlación parcial.
- La falta de uniformidad en los datos por país reduce el número de observaciones, lo cual resta grados de libertad en el análisis estadístico.
- Algunas variables podrían no ser comparables, debido a la pirámide poblacional y la transición epidemiológica de cada país.

- **Otras limitaciones del estudio**

- No se conoce con exactitud la veracidad y el rigor científico de los datos aportados por los diferentes países.
- El análisis de los datos promedio, obtenidos de la clasificación efectuada por UNICEF, contempla valores que se repiten en diferentes regiones, ya que algunos países están ubicados en ambas agrupaciones.

Resultados y análisis

Siguiendo el orden establecido en los objetivos específicos, a continuación se presentan los resultados con su respectivo análisis.

- **Selección de países a nivel mundial**

En el cuadro 1 se presentan los indicadores básicos, demográficos y económicos en 90 países del mundo en el año 2003.

Cuadro # 1

**INDICADORES BASICOS, DE SALUD, DEMOGRAFICOS Y ECONOMICOS
 EN EL MUNDO 2003**

País	Tasa mort. <5	Tasa mort. <1	Esp. Vida nacer	Tasa Alf. Adultos
Arabia Saudita	28	23	72	76
Argelia	49	39	70	63
Azerbaiyán	105	74	72	97
Bahamas	16	13	67	95
Bangladesh	77	51	61	40
Belice	40	34	72	93
Benin	156	93	51	37
Bolivia	71	56	64	85
Bostwana	110	80	41	77
Brasil	36	30	68	87
Bulgaria	16	14	71	98
Burkina Faso	207	107	46	24
Burundi	190	114	41	48
Camerún	166	95	47	71
Chile	12	10	76	96
China	39	31	71	85
Chipre	6	5	78	97
Colombia	23	19	72	92
Rep.Dem. del Congo	205	129	41	61
Corea República	5	5	75	98
Costa Rica	11	9	78	96
Cote d'ivoire	176	102	41	49
Ecuador	29	25	71	92
Egipto	41	35	69	55
El Salvador	39	33	71	79
Eslovaquia	9	8	74	100
Estados Unidos	8	7	77	97
Etiopía	171	114	46	39
Fiji	21	17	70	93
Filipinas	38	29	70	95
Gambia	126	91	54	37
Georgia	29	24	74	100
Ghana	100	57	58	72
Guatemala	49	36	66	69

FUENTE:
 OMS, 2003

% Cobert. Con ACH	% Cobert. Con DE	Tasa bruta mortalidad	Ingreso Na. Per cápita \$US	% gasto gobierno asignado a		
				Salud	Educación	Defensa
95	100	4	8460	6	14	36
89	92	6	1720	4	24	17
78	81	6	710	1	3	11
97	100	8	14860	16	20	3
97	48	8	360	5	11	10
92	50	5	2960	8	20	5
63	23	14	380	6	31	17
83	70	8	900	10	20	7
95	66	20	2980	5	26	8
87	76	7	2850	6	6	3
100	100	15	1790	5	4	8
42	29	18	220	7	17	14
78	88	21	100	2	15	23
58	79	17	560	3	12	10
93	96	6	4260	12	18	8
75	40	7	940	0	2	12
100	100	8	12320	6	12	4
91	86	6	1830	9	20	13
45	21	22	90	0	0	18
92	63	6	9930	1	21	17
95	93	4	4100	22	21	0
81	52	20	610	4	21	4
85	86	6	1450	11	18	13
97	98	6	1470	3	15	9
77	82	6	2080	5	24	7
100	100	10	3950	18	10	5
100	100	8	35060	21	2	15
24	12	18	100	6	16	9
47	43	6	2160	9	18	6
86	83	5	1020	5	19	2
62	37	13	280	7	12	4
79	100	10	650	3	4	4
73	72	10	270	7	22	5
92	81	7	1750	11	17	11

Cuadro # 1

**INDICADORES BASICOS, DE SALUD, DEMOGRAFICOS Y ECONOMICOS
 EN EL MUNDO 2003 (CONTINUACIÓN)**

País	Tasa mort. <5	Tasa mort. <1	Esp. Vida nacer	Tasa Alf. Adultos
Guinea	169	109	49	41
Guinea Bissau	211	130	45	38
Honduras	42	32	69	75
Hungria	9	8	72	99
India	93	67	64	57
Indonesia	45	33	67	87
Rep. Islámica Irán	42	35	70	76
Jamaica	20	17	76	87
Jordania	33	27	71	90
Kazajstán	76	61	66	99
Kenya	122	78	45	82
Lesotho	87	64	36	83
Líbano	32	28	73	86
Madagascar	136	84	53	67
Malawi	183	114	38	60
Maldivas	77	58	67	97
Malí	222	122	49	26
Malta	5	5	78	92
Marruecos	43	39	68	49
México	29	24	73	91
Rep. Moldova	32	27	69	99
Mongolia	71	58	64	98
Mozambique	197	125	38	44
Myanmar	109	77	57	85
Namibia	67	55	45	82
Nepal	91	66	60	42
Nicaragua	41	32	69	64
Nigeria	183	110	52	64
Omán	13	11	72	72
Pakistán	107	83	61	43
Panamá	25	19	75	92
Papua N. Guinea	94	70	57	64
Paraguay	30	26	71	93
Perú	39	30	70	90

FUENTE:
 OMS, 2003

% Cobert. Con ACH	% Cobert. Con DE	Tasa bruta mortalidad	Ingreso Na. Per cápita \$US	% gasto gobierno asignado a		
				Salud	Educación	Defensa
48	58	16	410	3	11	29
56	56	20	150	1	3	4
88	75	6	920	10	19	7
99	99	14	5280	4	6	2
84	28	9	480	2	3	16
78	55	7	710	2	6	4
92	83	5	1710	7	19	14
92	99	6	2820	6	14	1
96	99	4	1760	10	16	19
91	99	10	1510	2	4	4
57	87	17	360	7	26	6
78	49	25	470	9	27	7
100	99	5	3990	2	7	11
47	42	13	240	7	9	5
57	76	24	160	7	12	5
100	56	6	2090	10	18	14
65	69	16	240	2	9	8
100	100	8	9200	10	11	2
80	68	6	1190	3	18	13
88	74	5	5910	4	26	3
92	99	11	460	3	4	1
60	30	7	440	6	9	9
57	43	24	210	5	10	35
72	64	11	220	3	8	29
77	41	17	1780	10	22	7
88	28	10	230	5	15	5
77	85	5	370	13	15	6
62	54	14	290	1	3	3
39	92	3	7720	7	15	33
90	62	10	410	1	1	18
90	92	5	4020	17	4	12
42	82	10	530	7	22	4
78	94	5	1170	7	22	11
80	71	6	2050	5	16	11

Cuadro # 1

**INDICADORES BASICOS, DE SALUD, DEMOGRAFICOS Y ECONOMICOS
 EN EL MUNDO 2003 (CONTINUACIÓN)**

País	Tasa mort. <5	Tasa mort. <1	Esp. Vida nacer	Tasa Alf. Adultos
Rep. Dominicana	38	32	67	84
Rumanía	21	19	71	98
Senegal	138	79	53	37
Sierra Leona	284	165	34	36
Singapur	4	3	78	92
Rep. Arabe de Siria	28	23	72	74
Sri Lanka	19	17	73	92
Sudán	94	64	56	58
Tailandia	28	24	69	96
Rep. Unida Tanzania	165	104	44	75
Tayikistán	72	53	69	99
Togo	141	79	50	57
Trinidad y Tobago	20	17	71	98
Túnez	26	21	73	71
Turquia	42	36	70	85
Ucrania	20	16	70	100
Uganda	141	82	46	67
Uruguay	15	14	75	98
Venezuela	22	19	74	93
Yemen	107	79	60	46
Zambia	192	108	33	78
Zimbabwe	123	76	34	89

FUENTE:
 OMS, 2003

% Cobert. Con ACH	% Cobert. Con DE	Tasa bruta mortalidad	Ingreso Nal. Per cápita \$US	% gasto gobierno asignado a		
				Salud	Educación	Defensa
86	67	7	2320	11	16	4
58	53	13	1850	14	10	5
78	70	12	470	3	14	7
57	66	30	140	10	13	10
100	100	5	20690	5	21	26
80	90	4	1130	3	10	25
77	94	7	840	6	10	18
75	62	12	350	1	8	28
84	96	7	1980	8	22	8
68	90	18	280	6	8	16
60	90	6	180	2	3	10
54	34	15	270	5	20	11
90	99	7	6490	9	15	2
80	84	6	2000	6	18	5
82	90	6	2500	3	10	8
98	99	14	770	2	6	5
52	79	17	250	2	15	26
98	94	9	4370	6	7	4
83	68	5	4090	7	22	5
69	38	9	490	4	22	19
64	78	28	330	13	14	4
83	62	27	470	8	24	7

- Análisis de correlación parcial entre los gastos generales en defensa, salud, educación e indicadores básicos de salud en el mundo

En el cuadro 2 se observa el análisis de correlación parcial al 95% de confianza entre el saneamiento, la educación y el gasto y los indicadores básicos de salud en el contexto mundial 2003.

Cuadro # 2

CORRELACIÓN PARCIAL ENTRE SANEAMIENTO, GASTOS E INDICADORES BÁSICOS DE SALUD EN EL CONTEXTO MUNDIAL 2003 CON SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA

	TM5	TMI	EVN	ALF	ACH	DAE	TBM	PIBP	GG SAL	GG EDU	GG DEF
TM5	1										
	0,0000										
	91										
TMI	0,9889	1									
	0,0000										
	91	91									
EVN	-0,8981	-0,8972	1								
	0,0000	0,0000									
	91	91	91								
ALF	-0,7389	-0,7371	0,6138	1							
	0,0000	0,0000	0,0000								
	91	91	91	91							
ACH	-0,6530	-0,6512	0,5911	0,4995	1						
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000							
	91	91	91	91	91						
DAE	-0,5377	-0,5701	0,5212	0,5524	0,5619	1					
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000						
	91	91	91	91	91	91					
TBM	0,7975	0,778	-0,91	-0,4385	-0,4586	-0,365	1				
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004					
	91	91	91	91	91	91	91				
PIBP	-0,4270	-0,4634	0,4132	0,3488	0,3896	0,3678	-0,2817	1			
	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007	0,0001	0,0003	0,0068				
	91	91	91	91	91	91	91	91			
GG SAL	-0,2962	-0,3256	0,1928	0,3054	0,2055	0,2198	-0,1135	0,3948	1		
	0,0004	0,0016	0,0672	0,0032	0,0507	0,0363	0,284	0,0001			
	91	91	91	91	91	91	91	91	91		
GG EDU	-0,0768	-0,0867	-0,1053	-0,044	0,016	-0,0702	-0,0331	-0,0125	0,266	1	
	0,4694	0,414	0,3208	0,6788	0,8803	0,5082	0,7554	0,9064	0,0108		
	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	
GG DEF	0,1673	0,1787	-0,1251	-0,2732	-0,2016	-0,0897	0,0122	0,0785	-0,2412	-0,059	1
	0,1129	0,0902	0,2375	0,0088	0,0553	0,3978	0,9087	0,4594	0,0213	0,5787	
	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91

FUENTE:
OMS, 2003

El análisis demuestra:

- Una correlación inversa muy fuerte, con significancia estadística al 95% de confianza, entre las coberturas de ACH, DAE y ALF y las TMI/1000 y las TBM/1000.
- Una correlación parcial positiva entre el ACH, DAE y ALF sobre la EVN/x años.
- Una correlación parcial inversa moderada entre el PIBP y la TMI/1000, la TM<5 años y la TBM/1000.
- Una correlación parcial positiva significativa entre el PIBP y la EVN/x años, el ALF el ACH y la DAE.
- No existe correlación entre el GGEDU y los indicadores, a pesar de que la cobertura con ALF, sí presenta una correlación parcial muy fuerte con los indicadores básicos de salud.
- Con respecto a los GGDEF o ejércitos, se observa una leve correlación parcial significativa con los porcentajes de ALF (-0,2732). Sin embargo, pese a la insignificancia estadística de la correlación entre los GGDEF y los otros indicadores de salud, sí se observa una asociación inversa con las coberturas de ACH, DAE y ALF, los cuales repercuten sobre los EVN/x años y le resta disponibilidad a los países para gasto en salud y educación.
- **Análisis descriptivo entre las 9 regionales del mundo y los indicadores básicos de salud**
- **Clasificación de las regiones**

Las nueve regiones del mundo se clasifican de acuerdo con la UNICEF de la siguiente manera:

África al Sur del Sahara: Angola, Benín, Botswana, Burkina Faso, Burundi, Camerún, Cabo Verde, Chad, Comoras, Congo, Cote d'Ivoire, Eritrea, Etiopía, Gabón, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea-Bissau, Guinea Ecuatorial, Kenya, Lesotho, Liberia, Madagascar, Malawi, Malí, Mauritania, Mauricio, Mozambique, Namibia, Níger, Nigeria, República Centroafricana, República Democrática del Congo, República Unidad de Tanzania, Rwanda, Santo Tomé y Príncipe, Senegal, Seychelles, Sierra Leona, Somalia, Sudáfrica, Swazilandia, Togo, Uganda, Zambia y Zimbawe.

Oriente Medio y África Septentrional: Arabia Saudita, Argelia, Bahrein, Chipre, Djibouti, Egipto, Emiratos Árabes Unidos, Iraq, Jamahiriya Árabe Libia, Jordania, Kuwait, Líbano, Marruecos, Omán, Qatar, República Árabe Siria, República Islámica de Irán, Sudán, Territorio Palestino Ocupado, Túnez, Yemen.

Asia Meridional: Afganistán, Bangladesh, Bhután, India, Maldivas, Nepal, Pakistán y Sri Lanka.

Asia Oriental y El Pacífico: Brunei Darussalam, Camboya, China, Estados Federados de Micronesia, Fiji, Filipinas, Indonesia, Islas Cook, Islas Marshall, Islas Salomón, Kiribati, Malasia, Mongolia, Myanmar, Nauru, Niue, Palau, Papua

Nueva Guinea, República de Corea, República Democrática Popular de Corea, República Democrática Popular de Lao, Samoa, Singapur, Tailandia, Timor-Leste, Tonga, Tavalu, Vanuatu y Viet Nam.

América Latina y El Caribe: Antigua y Barbuda, Argentina, Bahamas, Barbados, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Dominica, Ecuador, El Salvador, Granada, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Saint Kitts y Nevis, Santa Lucía, San Vicente y Las Granadinas, Suriname, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela.

Europa Central y del Este, Comunidad de Estados Independientes y Países Bálticos: Albania, Armenia, Azerbaiyán, Balerús, Bosnia y Herzegovina, Bulgaria, Croacia, Eslovaquia, Estonia, Ex República Yugoslava de Macedonia, Federación de Rusia, Georgia, Hungría, Kazajstán, Kirguistán, Letonia, Lituania, Polonia, República Checa, República de Moldova, Rumania, Serbia y Montenegro, Tayikistán, Turquía, Turkmenistán, Ucrania y Uzbekistán.

Países Industrializados: Alemania, Andorra, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Eslandia, Israel, Italia, Japón, Liechtenstein, Luxemburgo, Malta, Mónaco, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Portugal, Reino Unido, San Marino Santa Sede, Suecia y Suiza.

Países en Desarrollo: Afganistán, Arabia Saudita, Argelia, Angola, Antigua y Barbuda, Argentina, Armenia, Azerbaiyán, Bahamas, Bahrein, Bangladesh, Barbados, Belice, Benín, Bhután, Bolivia, Botswana, Brasil, Brunei Darussalam, Burkina Faso, Burundi, Camboya, Camerún, Cabo Verde, Chad, Chile, China, Chipre, Colombia, Comoras, Congo, Costa Rica, Cote d'Ivoire, Cuba, Djibouti, Dominica, Ecuador, Egipto, El Salvador, Emiratos Árabes Unidos, Estados Federados de Micronesia, Eritrea, Etiopía, Fiji, Filipinas, Gabón, Gambia, Guinea, Ghana, Granada, Guatemala, Guinea, Guinea Bissau, Guinea Ecuatorial, Guyana, Haití, Honduras, India, Indonesia, Iraq, Islas Cook, Islas Marshall, Islas Salomón, Israel, Jamahiriya Árabe Libia, Jamaica, Jordania, Kazajstán, Kenya, Kiribati, Kuwait, Kirguistán, Líbano, Lesotho, Liberia, Madagascar, Malawi, Malasia, Maldivas, Malí, Mauritania, Mauricio, México, Mongolia, Marruecos, Mozambique, Myanmar, Namibia, Nauru, Nepal, Nicaragua, Níger, Nigeria, Niue, Omán, Pakistán, Palau, Panamá, Papua Nueva Guinea, Paraguay, Perú, Qatar, República Árabe Siria, República Centroafricana, República de Corea, República Democrática de El Congo, República Democrática Popular Lao, República Dominicana, República Islámica de Irán, República Popular Democrática de Corea, República Unida de Tanzania, Rwanda, Saint Kitts y Nevis, Santa Lucía, San Vicente y Las Granadinas, Samoa, Santo Tomé y Príncipe, Senegal, Seychelles, Sierra Leona, Singapur, Somalia, Sudáfrica, Sri Lanka, Sudán, Suriname, Swazilandia, Tayikistán, Tailandia, Timor-Leste, Territorio Palestino Ocupado, Togo, Tonga, Trinidad y Tobago, Túnez, Turquía, Turkmenistán, Tuvalu, Uganda, Uruguay, Uzbekistán, Vanuatu, Venezuela, Viet Nam, Yemen, Zambia y Zimbabue.

Países menos adelantados: Afganistán, Angola, Bangladesh, Benin, Nhután, Burkina Faso, Burundi, Camboya, Cabo Verde, Chad, Comoras, Djibouti, Eritrea, Etiopía, Gambia, Guinea, Guinea-Bissau, Guinea Ecuatorial, Haití, Islas Salomón, Kiribati, Lesotho, Liberia, Madagascar, Malawi, Maldivas, Malí, Mauritania, Mozambique, Myanmar, Nepal, Níger, República Centroafricana, República Democrática de El Congo, República Democrática Popular de Lao, República Unida de Tanzania, Rwanda, Samoa, Santo Tomé y Príncipe, Senegal, Sierra Leona, Somalia, Sudán, Togo, Tuvalu, Uganda, Vanuatu, Yemen y Zambia.

- Indicadores de salud, demografía y economía por regiones del mundo

En el cuadro 3 se presentan los indicadores básicos de salud y gastos de salud, educación y defensa del año 2002.

Cuadro # 3

RESUMEN REGIONAL:

POBLACIONES, INDICADORES DE SALUD Y GASTOS DE SALUD, EDUCACIÓN Y DEFENSA 2002

Regiones	Población	TM<5 años	TMI/1000	EVN/años	ALF	GG SAL*	GG EDU*	GG DEF*	% Poblac. con agua potable	% Poblac. con saneamiento	INB/Cápita \$USA (2002)
Africa del Sur del Sahara	650.452	174	106	46	50	5	5	13	57	53	460
Africa Septemtrional y Oriente Medio	355.997	59	46	67	53	5	17	14	87	83	1.359
Asia Meridional	1.412.216	97	70	63	47	2	3	17	85	34	461
Asia Oriental y Pacífico	1.910.686	43	33	69	81	2	10	12	78	48	1.232
América Latina y El Caribe	530.242	34	27	70	85	6	12	5	86	77	3.362
ECE/CEI y Estados Bálticos	411.721	41	33	69	96	4	5	8	91	91	1.742
Países Industrializados	938.580	7	5	78	97	12	4	10	100	100	26.214
Países en Desarrollo	5.009.993	90	62	62	67	3	11	10	78	52	1.154
Países Menos Adelantados	700.897	158	99	49	43	*	*	*	62	44	277
El Mundo	6.209.895	82	56	63	70	10	6	10	82	61	5.073

% de gasto del Gobierno Central 1992-2001.

* No presentan datos.

FUENTE:
 OMS, 2003

Gastos en defensa e indicadores

En el cuadro 2 se observa que las regiones con un mayor porcentaje de GGDEF son las que cuentan con mayores TMI/1000 y TM<5 años/1000, menor EVN/x años y menores coberturas de ACH y DAE. Estas regiones son: África al Sur del Sahara, Países Menos Adelantados, Países en Desarrollo y Asia Meridional.

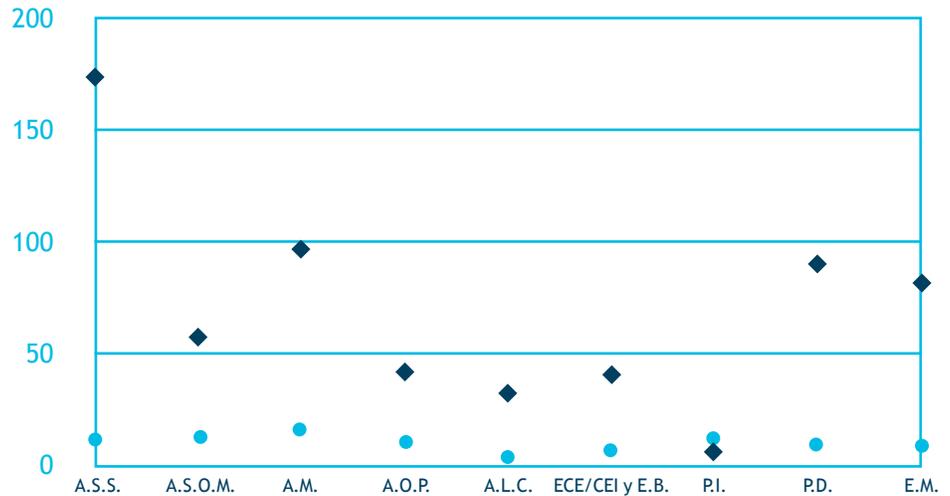
El promedio porcentual del gasto en defensa en el mundo es de 10%.

En los gráficos 1, 2, 3 y 4 se visualizan los gastos en defensa por regiones y su relación con las TMI/1000, TM<5 años/1000, EVN/x años y ALF, respectivamente.

Gráfico # 1

GASTO PORCENTUAL EN DEFENSA POR REGIÓN VERSUS TASA DE MORTALIDAD INFANTIL <5 AÑOS

Período 2002

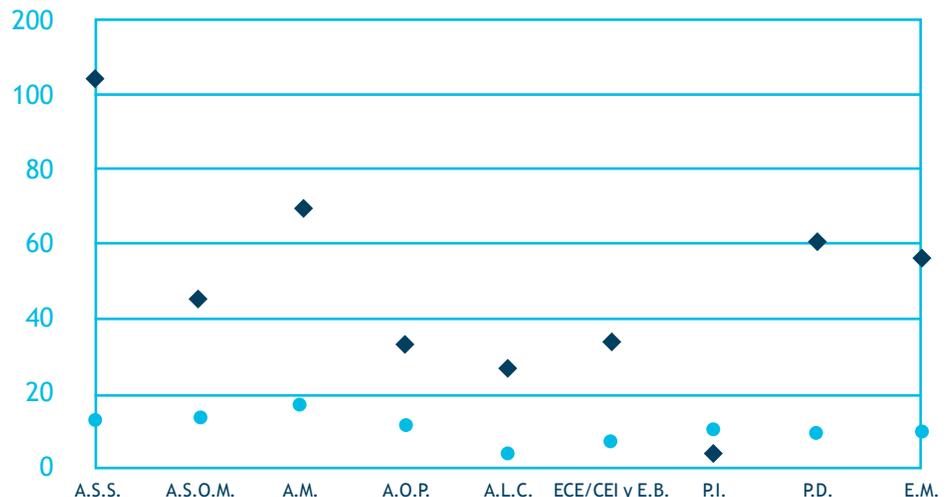


A.S.S. Africa del Sur del Sahara
 A.S.O.M. Africa Septentrional y Oriente Medio
 A.M. Asia Meridional
 A.O.P. Asia Oriental y Pacífico
 A.L.C. América Latina y El Caribe
 ECE/CEI y E.B. ECE/CEI y Estados Bálticos
 P.I. Países Industrializados
 P.D. Países en Desarrollo
 E.M. El Mundo
 ● G.D.
 ◆ TM <5 AÑOS

Gráfico # 2

GASTO PORCENTUAL EN DEFENSA POR REGIÓN VERSUS TASA DE MORTALIDAD INFANTIL

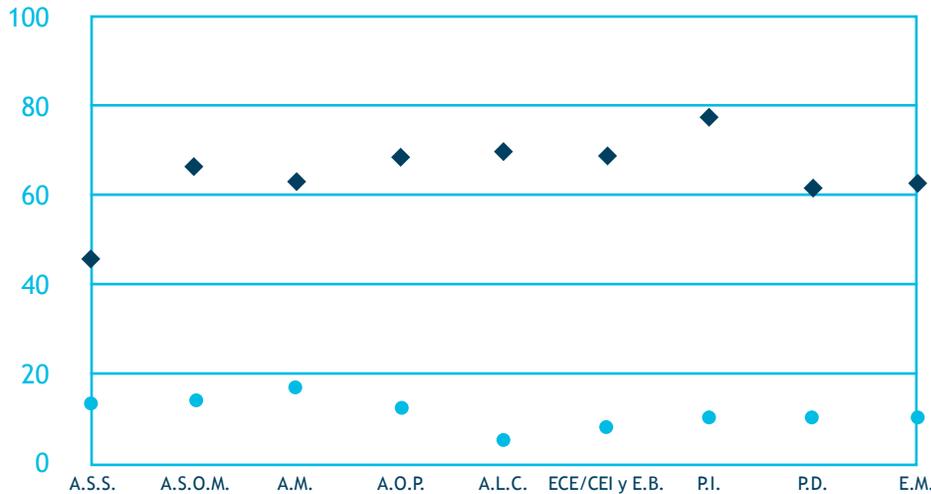
Período 2002



A.S.S. Africa del Sur del Sahara
 A.S.O.M. Africa Septentrional y Oriente Medio
 A.M. Asia Meridional
 A.O.P. Asia Oriental y Pacífico
 A.L.C. América Latina y El Caribe
 ECE/CEI y E.B. ECE/CEI y Estados Bálticos
 P.I. Países Industrializados
 P.D. Países en Desarrollo
 E.M. El Mundo
 ● G.D.
 ◆ TM I

Gráfico # 3

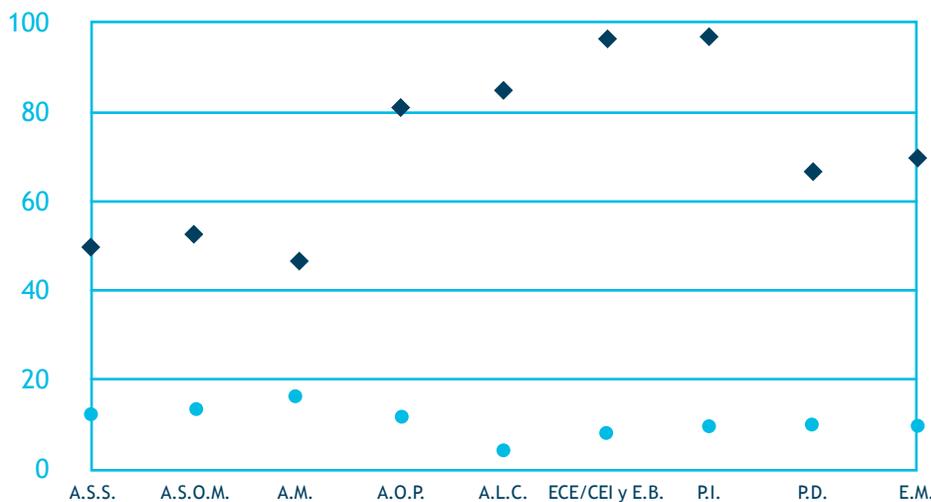
GASTO PORCENTUAL EN DEFENSA POR REGIÓN VERSUS ESPERANZA DE VIDA AL NACER
 Período 2002



A.S.S. África del Sur del Sahara
 A.S.O.M. África Septentrional y Oriente Medio
 A.M. Asia Meridional
 A.O.P. Asia Oriental y Pacífico
 A.L.C. América Latina y El Caribe
 ECE/CEI y E.B. ECE/CEI y Estados Bálticos
 P.I. Países Industrializados
 P.D. Países en Desarrollo
 E.M. El Mundo
 ● G.D.
 ◆ EVN

Gráfico # 4

GASTO PORCENTUAL EN DEFENSA POR REGIÓN VERSUS ALFABETIZACIÓN
 Período 2002



A.S.S. África del Sur del Sahara
 A.S.O.M. África Septentrional y Oriente Medio
 A.M. Asia Meridional
 A.O.P. Asia Oriental y Pacífico
 A.L.C. América Latina y El Caribe
 ECE/CEI y E.B. ECE/CEI y Estados Bálticos
 P.I. Países Industrializados
 P.D. Países en Desarrollo
 E.M. El Mundo
 ● G.D.
 ◆ ALF

Gastos en salud e indicadores

En los gráficos 5, 6, 7 y 8 se presentan los GGSAL por regiones, los indicadores básicos de salud, y la ALF. Se observa que la región de África al Sur del Sahara presenta un GGSAL semejante al de otras regiones; sin embargo, su alto gasto en defensa y su escasa inversión en educación provocan un mayor TMI/1000 y TM<5 años/1000, además de la menor EVN/x años (46 años), ALF (50%), ACH (57%) y DAE (53%). En el caso de América Latina y El Caribe, el GGDEF es del 5% y los gastos en salud y educación son más equilibrados (ver gráficos 9, 10, 11 y 12), por lo que presentan tasas de mortalidad menores a las de otras regiones como África al Sur del Sahara, África Septentrional, Oriente Medio y Asia Meridional. En el caso de los países industrializados, el GGDEF es alto pero es compensado con el GGEDU y el GGSAL, lo cual se evidencia en los indicadores de salud. Gráficos elaborados por los autores.

76

Gráfico # 5

GASTO PORCENTUAL EN SALUD POR REGIÓN VERSUS TASA DE MORTALIDAD INFANTIL <5 AÑOS
 Período 2002

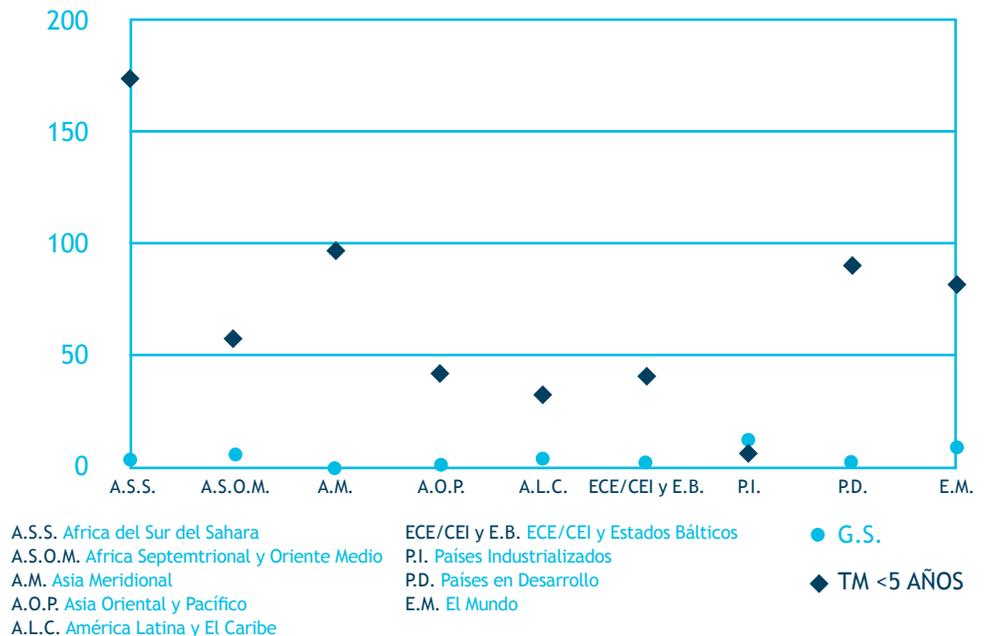


Gráfico # 6

GASTO PORCENTUAL EN SALUD POR REGIÓN VERSUS TASA DE MORTALIDAD INFANTIL
 Período 2002

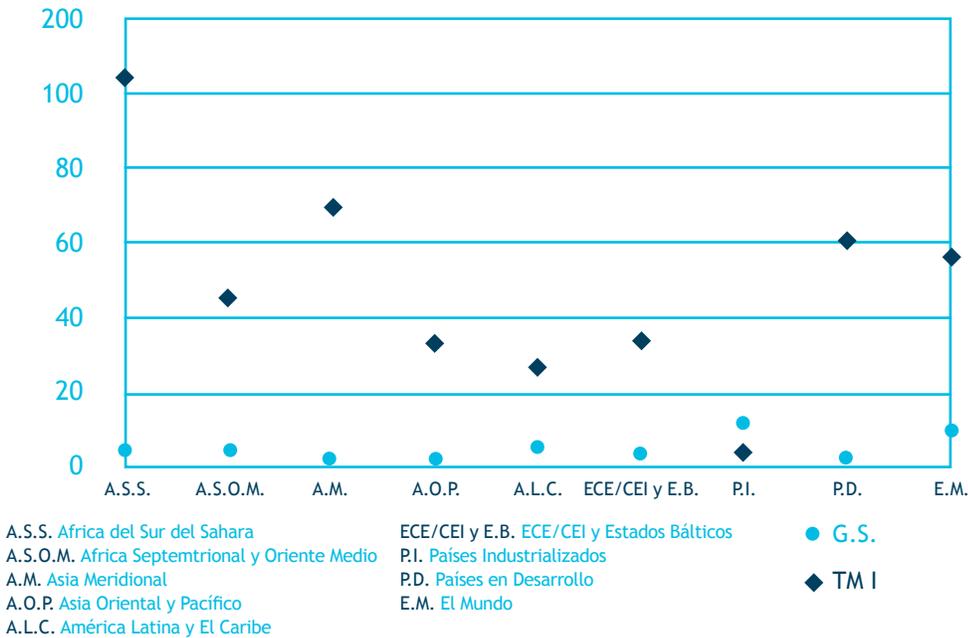


Gráfico # 7

GASTO PORCENTUAL EN SALUD POR REGIÓN VERSUS ESPERANZA DE VIDA AL NACER
 Período 2002

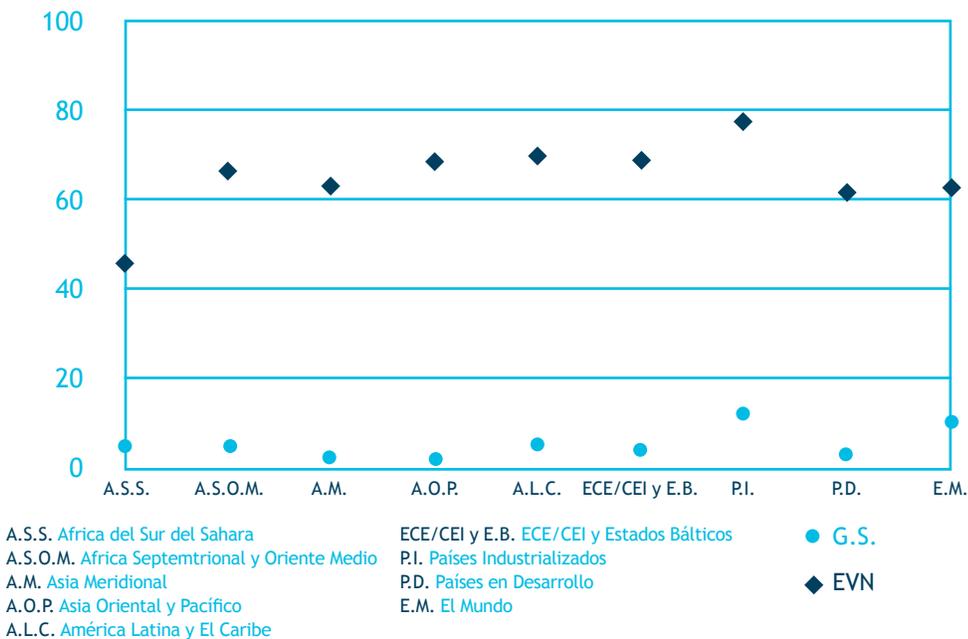
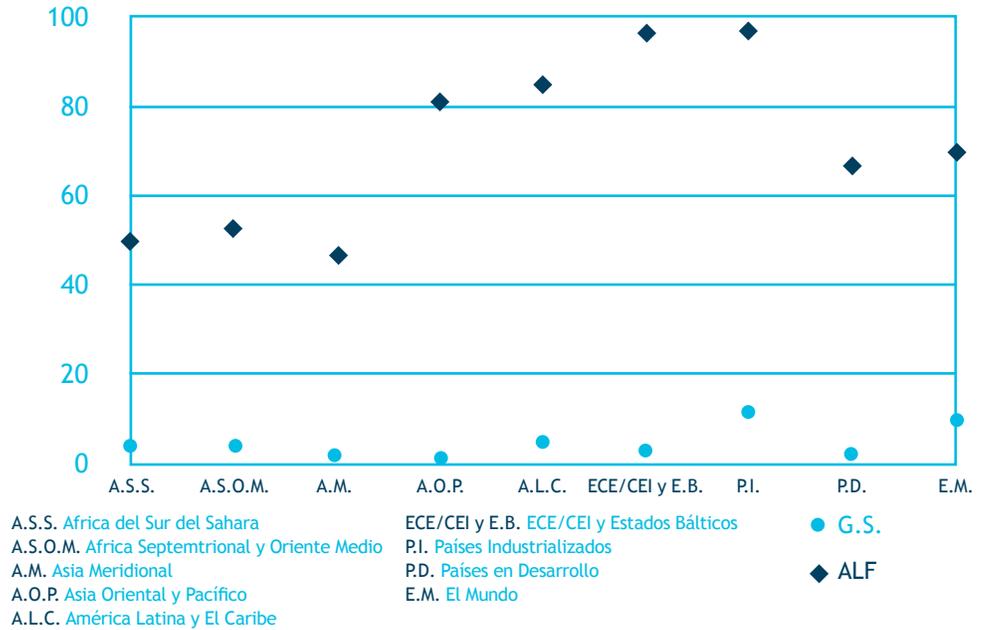


Gráfico # 8

GASTO PORCENTUAL EN SALUD POR REGIÓN VERSUS ALFABETIZACIÓN
 Período 2002



Gastos en educación e indicadores

En los gráficos 9, 10, 11 y 12 se muestran los porcentajes de GGEDU por regiones y los indicadores básicos de salud. Los resultados evidencian que cuanto mayor es el gasto en educación, mayor es la ALF y la EVN/x años, y menores las TMI/1000 y TM<5 años/1000.

Gráfico # 9

GASTO PORCENTUAL EN EDUCACIÓN POR REGIÓN VERSUS TASA DE MORTALIDAD INFANTIL <5 AÑOS
 Período 2002

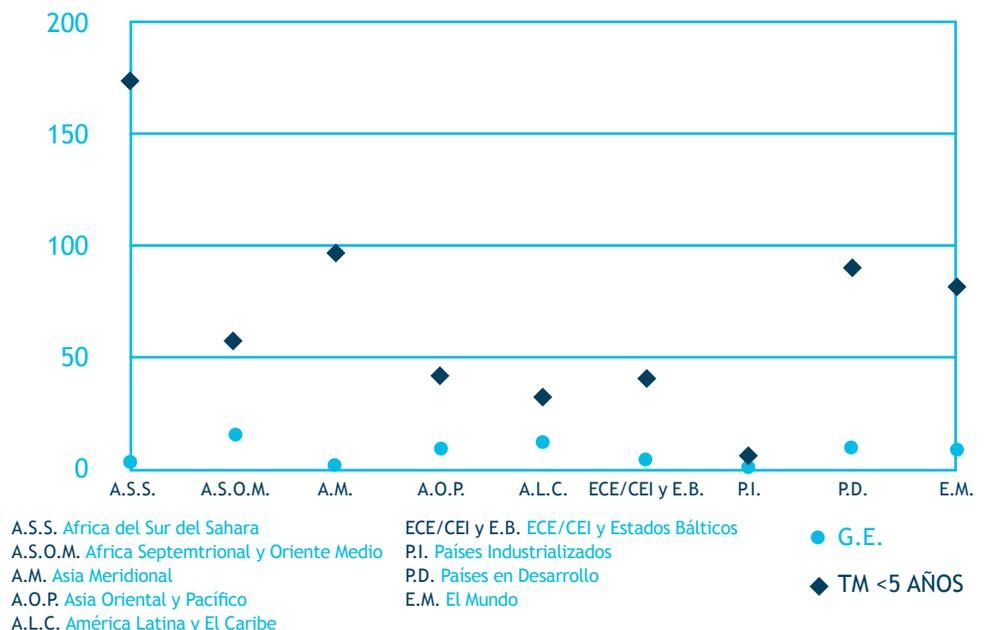


Gráfico # 10

GASTO PORCENTUAL EN EDUCACIÓN POR REGIÓN VERSUS TASA DE MORTALIDAD INFANTIL
 Período 2002

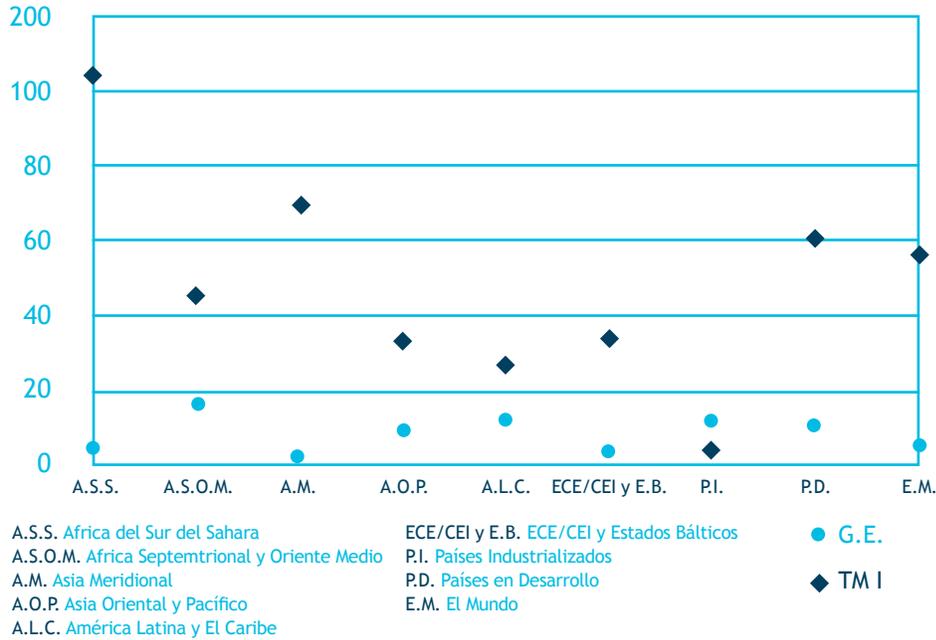


Gráfico # 11

GASTO PORCENTUAL EN EDUCACIÓN POR REGIÓN VERSUS ESPERANZA DE VIDA AL NACER
 Período 2002

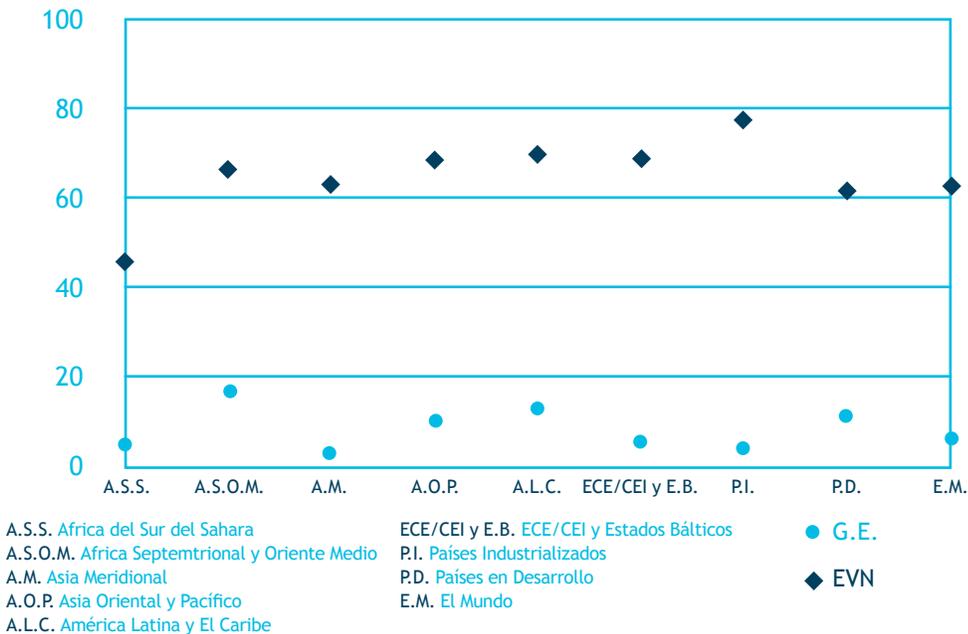
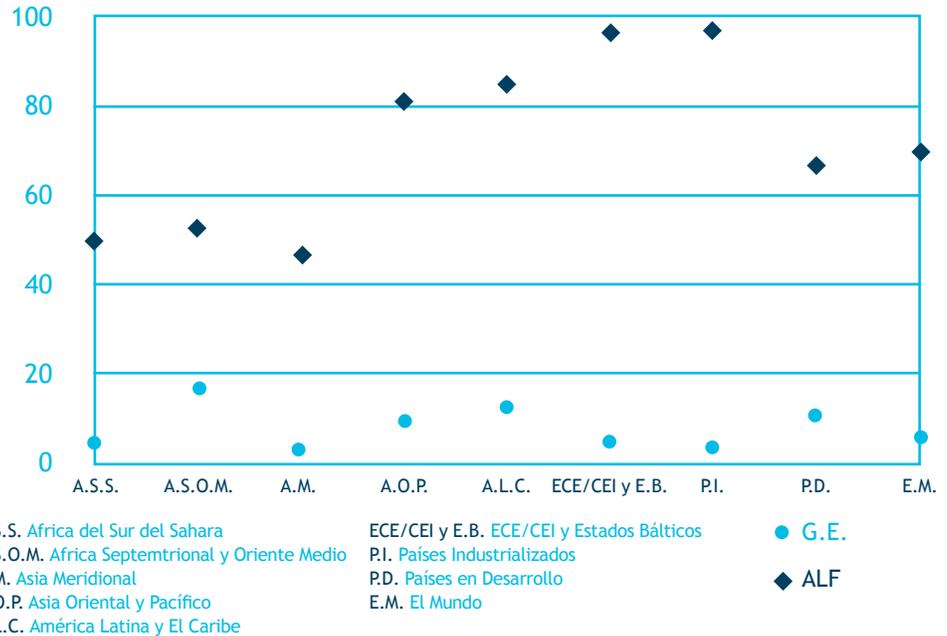


Gráfico # 12

GASTO PORCENTUAL EN EDUCACIÓN POR REGIÓN VERSUS ALFABETIZACIÓN
 Período 2002

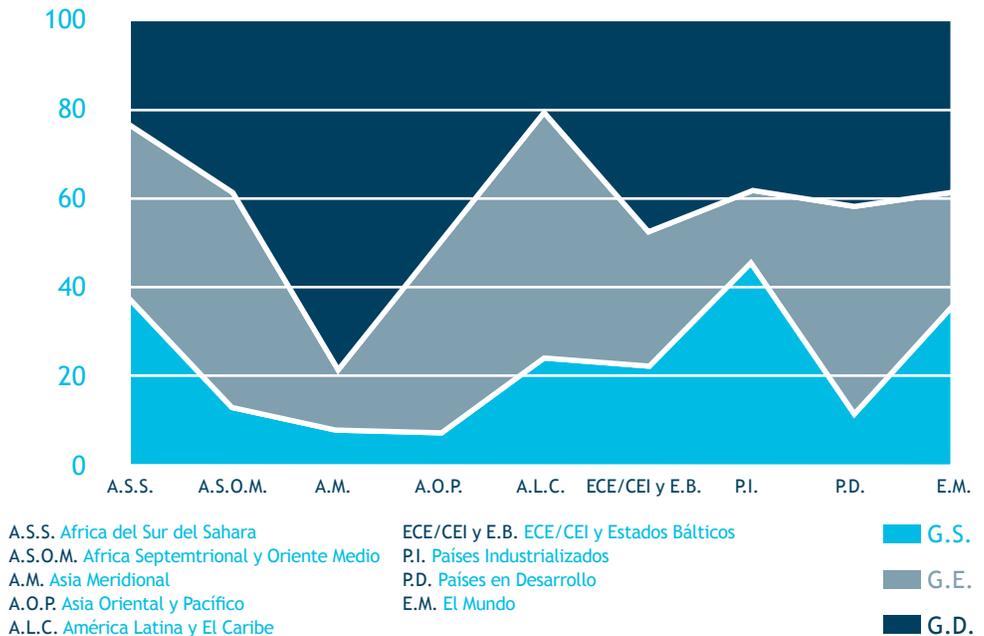


80

El gráfico 13 presenta el gasto porcentual en salud, educación y defensa, tanto en las diferentes regiones como en todo el mundo. Los resultados muestran que un gasto mayor en defensa genera un gasto menor en salud y educación, lo cual es más evidente en el Asia Meridional.

Gráfico # 13

GASTO PORCENTUAL POR REGIONES Y EL MUNDO EN SALUD, EDUCACIÓN Y DEFENSA
 Período 2002

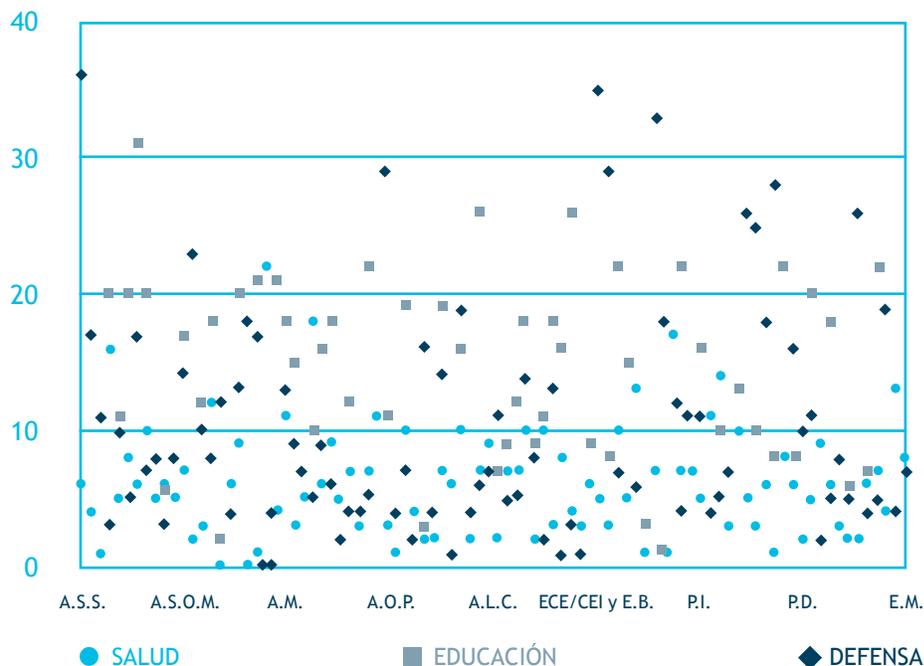


• **Países con mayor gasto en defensa e indicadores de salud en el mundo**

El gráfico 14 presenta los 90 países del mundo que presentaron todos los indicadores completos, de acuerdo a su GGSAL, GGEDU y GGDEF.

Gráfico # 14

COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES DE SALUD, EDUCACIÓN Y DEFENSA EN 90 PAÍSES DEL MUNDO
 Período 2003



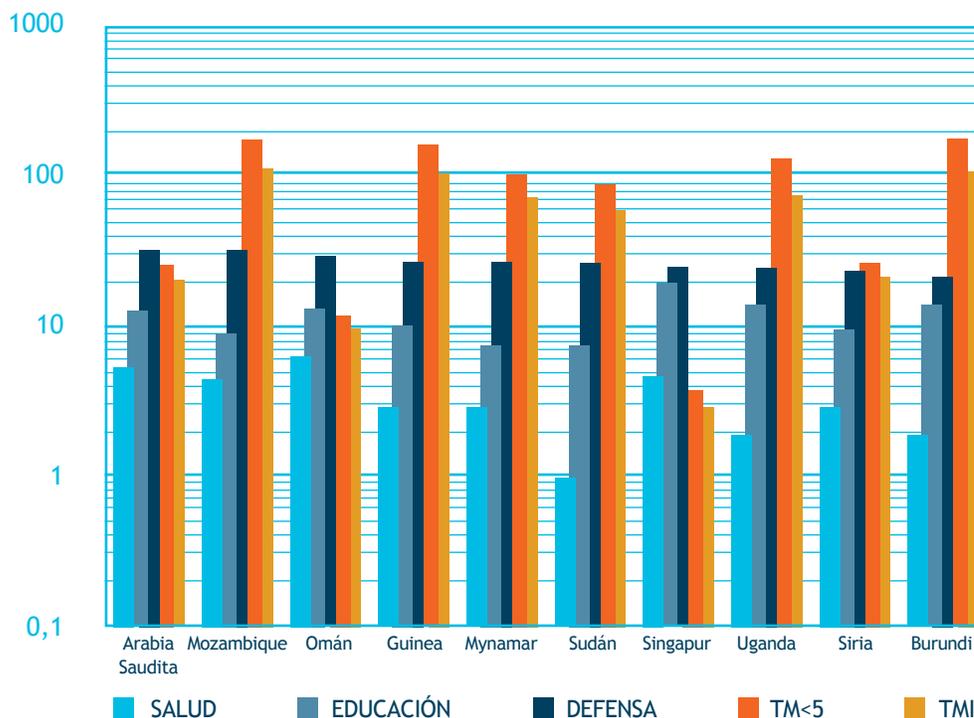
FUENTE:
 OMS/UNICEF

Como puede apreciarse, la mayor cantidad de países (89 en total) presentan datos de GGSAL por debajo del 20%, la mayoría se encuentran por debajo del 10%, mientras que solamente un valor supera ese porcentaje; De esto se extrae que en la mayoría de los países el GGSAL es bajo. En el caso del GGEDU, 71 países se ubican por debajo del 20%, y presentan una situación similar a la anterior. Con respecto al GGDEF, a pesar de que la situación no varía 10 países superan el 20%. Esta situación de estos países se presenta a continuación.

En el gráfico 15 se exponen los datos de los 10 países con mayor gasto general porcentual en ejércitos y su relación con los GGEDU, GGSAL y las TMI/1000 y la TM<5 años/1000, debido a que se disminuyen los GGSAL y GGEDU. Se puede apreciar que cuando los gastos son mayores en defensa, menores son los gastos en salud y educación. Por otra parte, a mayor GGDEF mayores las TM<5 años y la TMI/1000, excepto en Arabia Saudita, Omán y Singapur.

Gráfico # 15

PAÍSES CON MAYOR GASTO PORCENTUAL DEL INGRESO NACIONAL BRUTO UTILIZADO EN DEFENSA Y SU COMPARACIÓN CON INDICADORES DE SALUD, EDUCACIÓN, TASA DE MORTALIDAD EN MENORES DE 5 AÑOS Y TAZA DE MORTALIDAD INFANTIL
 Período 2002



FUENTE:
 UNICEF

• **Gasto en salud, educación, defensa e indicadores básicos en salud en América Latina**

El cuadro 4 expone los gastos porcentuales en salud, educación y defensa y su relación con los indicadores de saneamiento y salud en América Latina. Los países con menos INB per-cápita en \$USA (Bolivia \$900, Nicaragua \$370 y Honduras \$920) muestran una TM<5 años/1000 y una TMI/1000 superiores a 40 y 30 muertes, respectivamente.

En los casos de Guatemala, El Salvador, Colombia, Ecuador, Paraguay y Perú, manejan INB per-cápita que oscila en \$1170 (Paraguay) y \$2050 (Perú), pero los GGDEF son altos, lo cual se refleja en TM<5 años/1000 superiores a 20 y TMI/1000 superiores a 19.

Los países con INB per-cápita superiores a \$4000 presentan los indicadores de salud menores de 20 de TM<5 años y 19 TMI/1000, excepto México. Mención aparte merece Costa Rica, la cual tiene la menor TMI/1000 (9) y una TM<5 años/1000 de 11, debido a su excelente sistema de salud, al nivel de educación y al no invertir en ejército (eliminado el 1° de diciembre de 1948).

Cuadro # 4

AMERICA LATINA:

Gastos en salud, educación y defensa versus los indicadores básicos de salud 2002

País	% Gasto de gobierno asignado			Tasas de mortalidad /1000		EVN (años)	% cobertura ACH	% cobertura con DE	I N B per cápita \$USA
	Salud	Educ.	Def.	TM>5	TMI				
México	4	20	3	29	24	76	88	74	5.910
Guatemala	11	17	11	46	36	66	92	81	1.750
Honduras	10	19	7	42	32	69	88	75	920
El Salvador	5	24	7	39	33	71	77	82	2.080
Nicaragua	13	15	6	41	32	69	77	85	370
Costa Rica *	22	21	0	11	9	78	95	93	4.100
Panamá	17	4	12	25	19	72	90	92	4.020
Colombia	9	20	13	23	19	72	91	86	1.860
Ecuador	11	18	13	29	25	71	85	86	1.450
Paraguay	7	22	11	30	26	71	78	94	1.170
Perú	5	16	11	39	30	70	80	71	2.050
Bolivia	10	20	7	71	56	64	83	70	900
Brasil	6	6	3	36	30	68	87	76	2.860
Uruguay	6	7	4	12	10	75	98	94	4.350
Argentina	2	6	4	19	16	74	--	--	4.060
Chile	12	18	8	12	10	76	93	96	4.260
Belice	8	20	5	40	34	72	92	50	2.960

*Costa Rica eliminó el ejército desde 1948

Conclusiones y recomendaciones

El análisis de los resultados nos permite hacer las siguientes conclusiones y recomendaciones

• **Conclusiones**

- Los análisis estadísticos de correlación parcial, al 95% de confianza, demuestran el aporte del saneamiento básico (% ACH y % DAE) y la ALF sobre los indicadores de salud (TM< 5años/1000 y TMI/1000, en el contexto mundial).
- 2. En los GGDEF se observa una leve correlación parcial, estadísticamente significativa con la ALF; es decir, cuanto menor es GGDEF, mejor es la ALF en los países. Ahora bien, entre los GGDEF y la EVN, ACH y DAE, si bien no existe correlación significativa los signos (-) indican que cuanto menor es el GGDEF, mayor es el gasto en los servicios de ACH, DAE y, el aumento en la EVN.
- 3. El análisis descriptivo de las 9 regiones del mundo (UNICEF) ratifican lo indicado en el análisis estadístico; es decir, las regiones con mayor GGDEF aportan menos recursos económicos a la salud y a la educación. Lo anterior se refleja en las altas TM<5 años/1000 y la TMI/1000, y en

el porcentaje menor de la EVN, la ALF y los servicios de ACH y DAE, en regiones son como África al Sur del Sahara, África Septentrional y Oriente Medio, Asia Meridional y países en desarrollo.

- 4. Paradójicamente, el gráfico 15 presenta los 10 países con mayor GGDEF, los cuales a su vez muestran cifras menores de GGSAL y de GGEDU, lo cual evidencia también en altos índices de mortalidad en los niños menores de 5 años, incluida la TMI/1000.
- 5. En el caso de los países latinoamericanos GGDEF es menor que en otras regiones del mundo. Sin embargo, los países con menor INB per-cápita y GGDEF medianamente altos, poseen indicadores de saneamiento, ALF e indicadores básicos de salud deficientes.
- 6. Costa Rica, Uruguay y Chile son los países con mejores indicadores de saneamiento y salud en Latinoamérica,. Ello se debe a los sistemas de salud y las altas coberturas en ALF de sus respectivas poblaciones.

- **Recomendaciones**

Sin caer en ideas estériles, como recomendar la eliminación de los ejércitos, que sería lo ideal, consideramos necesario:

- Disminuir los gastos en ejércitos y destinar esos recursos económicos al mejoramiento de la educación y la salud pública en todos los países del mundo.
- Destinar mayores recursos humanos y económicos para atender daños antropogénicos (causadas por el hombre) y naturales (huracanes, terremotos, tsunamis, etc).
- Transformar los objetivos de los ejércitos, con el propósito de prepararlos para salvar vidas y no para matar o asesinar seres humanos.
- Si los países subdesarrollados desean cumplir con los objetivos de desarrollo del milenio, deberán trasladar fondos o presupuestos del gasto de los ejércitos a mejorar los servicios de ACH, DAE y ALF (9).
- El comercio de armas de los países desarrollados (Israel, Estados Unidos de América y otros), deben ser sustituido por alimentos y medicinas para mejorar la salud de los países en desarrollo.

Referencias bibliográficas

1. Behm, H. **Determinantes socioeconómicos de la mortalidad en América Latina.** En: Boletín de Población de las Naciones Unidas. New Cork, 1980, 13 : pp. 1-16.
2. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. **Estado mundial de la infancia 2004.** Ginebra, Suiza : UNICEF, 2004.
3. Héller, Leo. **Saneamiento y salud.** Brasilia : CEPIS-OPS/OMS, 1997.
4. Mc Junkin, Eugene. **Agua y salud humana.** México D.F. : Editorial LIMUSA S.A., 1986.
5. Mora, Darner; Sáenz, Ignacio; Portugués, Felipe. **Importancia de las coberturas con agua para consumo humano, disposición de excretas y alfabetización sobre los indicadores básicos de salud en América Latina y El Caribe.** En: Revista Costarricense de Salud Pública, 2002, año 11, N° 21 : pp. 25-31.
7. Mora, Darner; Portugués, Felipe. **Propuesta de un índice sanitario educacional para pronosticar los indicadores básicos de salud en las Américas con respecto a las Metas del Milenio.** En: Revista Costarricense de Salud Pública 2005, año 14, N° 28.
6. Mora, Darner; Portugués, Felipe; Sáenz, Ignacio. **Saneamiento, educación y su relación con los indicadores básicos de salud en el contexto mundial, 2002.** Cartago, C.R. : AyA, 2004.
8. Organización Mundial de la Salud. **Informe sobre la salud en el mundo 2003 : forjamos el futuro.** Ginebra, Suiza: OMS, 2004.
9. Rosero, Luis. **Determinantes del descenso de la mortalidad infantil en Costa Rica.** En: Bol. OFIC. Sanit. Panamer. 1985, 99 (5) : pp. 510-525.



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

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Dirección: Calle principal, Pavas.
Tel: (506) 242-5000 • 242-5001 • Fax: (506) 242-5082
Apartado Postal 1097-1200 Pavas, Costa Rica
www.aya.go.cr