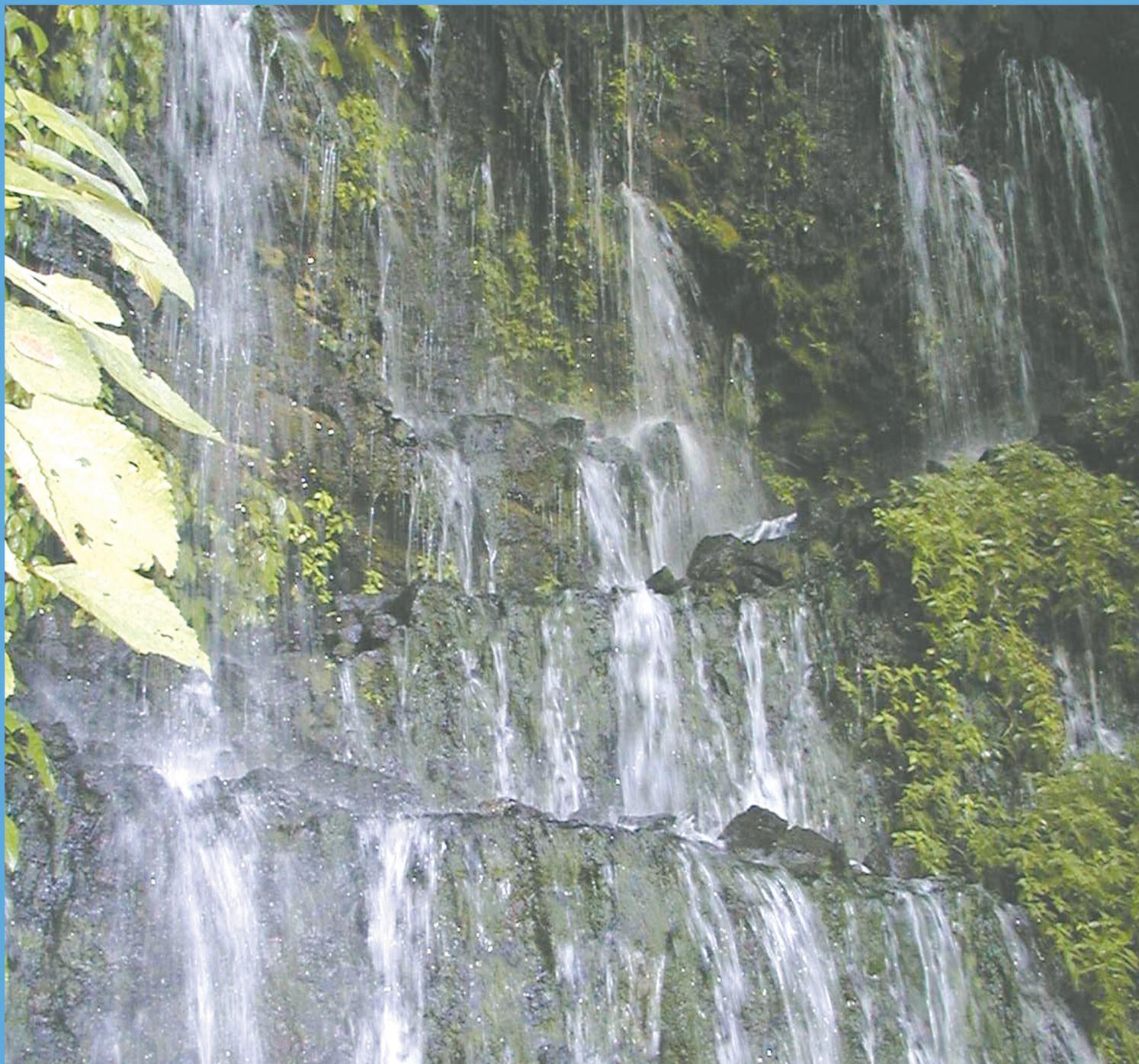


REVISTA

Vol.2 N° 2 / 2004

EVOLUCIÓN

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados





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



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

Yo, Annette Henchoz Castro

N° Cédula: 1-0725-0409

Dependencia: Gerencia General

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

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

E-mail: centrodoc@aya.go.cr **N° Teléfono:** 2242-5487

Annette
Henchoz Castro

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

Firma: _____



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS



CONSEJO EDITORIAL

consejo.editorial@aya.go.cr
 Carmen Valiente A. (Directora)
 Darner Mora A.
 Elvira Guevara R.
 James Phillips A.
 Sonia Guevara R.
 Yolanda Salas H.
 Lorelly Marín M.

**ESTE CONSEJO EDITORIAL
 ESTA ADSCRITO A LA
 Comisión de Investigación
 y Desarrollo de AyA (CID)**

CONTENIDO DE LA REVISTA

Editorial
 Secciones: Agua Potable
 Aguas Residuales
 Ambiente
 Jurídica
 Gestión Administrativa
 Salud Ocupacional
 Ventana Informativa
 Ventana Externa

ISSN 1409-4207
DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN
Campo Directo S.A.



IMPRESIÓN LITOGRÁFICA

Publicaciones de AyA

FILÓLOGO

Crístan Hernández

FOTOGRAFÍA DE PORTADA

Gruta Los Manantiales de Pizote (La Unión de Tres Ríos) Isidro Solís Blanco

FOTOGRAFÍAS

Marco Villalta
 Maikel Méndez
 Isidro Solís
 Jorge Soto

COLABORADORES

- M.B.A. Heibel Rodríguez Araya, Gerente General AyA
- Comunicación Institucional
- Publicaciones de AyA
- Dirección de Suministros

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).

INDICE

EDITORIAL	4
AGUA POTABLE	
Aplicación y Uso del Carbón Activado en polvo o granular para el tratamiento de aguas superficiales afectadas por contaminación antropogenia. José Miguel Ramírez y Dora Acuña	10
Acueducto Isla de Chira Hector Feoli y Ricardo Peralta	18
AMBIENTE	
Macroinvertebrados bénticos y la Calidad del agua en Ríos de Costa Rica. Mariano Peinador Brolatto	34
Desarrollo y Conservación de los Recursos Naturales. Franklin Flores Guillent	56
GESTIÓN ADMINISTRATIVA	
Análisis de la situación actual del Departamento de Distribución de Recibos y su incidencia en la generación de solicitud de duplicados. Una aplicación práctica de las herramientas de control de calidad. Eduardo Solano Campos	72
SALUD OCUPACIONAL	
Estrés en el trabajo. Yolanda Salas	88

EDITORIAL

ÉTICA DEL SERVIDOR PÚBLICO



Lic. Sonia Guevara Rodríguez¹

“Ética es la disciplina que se ocupa de los actos humanos para determinar su rectitud moral”. De la anterior definición se desprende que ética y moral no son lo mismo, aunque se relacionan. La moral es el objeto de estudio de la ética. La moral se refiere al conjunto de principios o valores de conducta que hemos aprendido de nuestro entorno, por ejemplo de las costumbres de nuestro ambiente social (iglesia, escuela, vecindario, club social, grupo de amigos, etc.), familiar y laboral, etc. La ética por el contrario, supone el sometimiento de aquellos valores aprendidos a una reflexión racional con una finalidad: determinar su rectitud.

Así por ejemplo, la “Ética del funcionario público” supone al menos los siguientes pasos: 1) un estudio y reconocimiento de los valores morales que imperan en las prácticas laborales en la Administración Pública en general o de una Institución pública dada, como el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. 2) Someter a reflexión crítica esas normas y valores existentes a la luz de ciertos principios y valores definidos y razonados. De esta reflexión surgen una serie de valores que se traducen en normas éticas de conducta. 3) La última fase es una vuelta al punto de partida, a aquellos valores y normas de conducta que sirvieron de base para la reflexión moral, pero ahora, con un conjunto de deberes, principios o normas éticas, es decir, con códigos deontológicos concretos, que se traducen en la mayoría de los casos en normas jurídicas de aplicación y observancia imperativa y coactiva.

Ejemplos de normas que rigen la actuación de los funcionarios públicos y que recogen valores éticos y morales con el fin de exigir jurídicamente el apego del funcionario a esos valores, son todas las normas jurídicas que tipifican los delitos con los deberes de la función pública, como el abuso de autoridad (Art. 331 CP), nombramientos ilegales (Art. 337 CP); cohecho propio e impropio (Art. 341 y 340 CP), corrupción agravada (Art. 342 CP), aceptación de dádivas por un acto cumplido (Art. 343 CP), enriquecimiento ilícito (Art. 346 CP); negociaciones incompatibles (Art. 347 CP), el delito de concusión (Art. 348 CP), exacción ilegal (Art. 349 CP), peculado (Art. 354 CP, reformado por la Ley 8422, Ley contra la corrupción y el enriquecimiento ilícito en la función pública), malversación (Art. 356 CP, reformado por Ley 8422); etc. La violación de estas y otras normas recogidas en leyes especiales, comprometen la responsabilidad penal del funcionario público. Son también normas que recogen valores e imponen un cierto comportamiento ético a los funcionarios públicos, todas aquellas disposiciones de orden legal o reglamentario que regulan las infracciones administrativas en las que puede incurrir un funcionario público y que comprometen su responsabilidad disciplinaria; por ejemplo, prestar sus servicios en forma personal, regular y continua, obedecer órdenes, instrucciones o circulares de sus superiores, respeto a superiores y compañeros de trabajo, proteger al ciudadano del exceso de requisitos y trámites administrativos (Ley 8220), deber de colaboración, deber de auxilio (Art. 41 del Reglamento Autónomo de Trabajo

¹Doctorando en Derecho Público, Dirección Jurídica.

²MALAVASSI Guillermo. Por el camino de la ética. San José. Universidad Autónoma de Centroamérica, 1993, p. 7.

del A y A); prohibición de desatender labores o abandonar el lugar de trabajo sin justa causa, prohibición de uso de implementos de trabajo para asuntos personales (Art. 42 RAT del Ay A), entre otras. Forman parte del ordenamiento jurídico que establece directamente una ética en la función pública, el régimen de prohibiciones e incompatibilidades para el ejercicio de ciertas funciones, competencias o cargos públicos. Son ejemplo de éstas últimas la prohibición para ejercer profesiones liberales contenida en el art. 14 Ley 8422 (Ley contra la corrupción y el enriquecimiento ilícito en la función pública); el desempeño simultáneo de cargos públicos (Art. 17 Ley 8422, con las salvedades que se le introducirán); de participar como oferentes en concursos públicos (Art. 22 LCA), intervenir directa o indirectamente a favor de terceros en los procedimientos de contratación administrativa (Art. 24 LCA), entre otras. Estas son sólo algunos ejemplos, de un vasto conjunto de normas que conforman el régimen jurídico del funcionario público y que tienden en general a proteger y exigir el apego de los funcionarios públicos a ciertos principios éticos y morales, que se consideran idóneos y necesarios para la satisfacción y respeto del interés público en una sociedad democrática.

La ética tiene como objetivo resolver conflictos entre necesidades e intereses intrasubjetivos (a lo interno de un mismo sujeto) e intersubjetivos (conflictos entre sujetos). Se trata de intereses en conflicto que demandan una solución racional. Entre más intensos son los conflictos más importante se torna la ley moral. Sin embargo, como muchos individuos no tienen interés en una especial reflexión moral o teniéndola no se adhieren a tales normas y principios, sino que escogen satisfacer sus intereses y seguir valores que ponen en peligro la convivencia, tales valores suelen tener protección jurídica, a fin de establecer una serie de premios o castigos que sirven de estímulo o desestímulo de tales conductas.

De las normas citadas anteriormente y del ordenamiento jurídico administrativo que regula la materia se extrae entre otros (los que se analizan son sólo a modo de ejemplo), los

siguientes valores, deberes y principios éticos del funcionario público.

1) Deber de imparcialidad e igual trato. El deber de imparcialidad se refiere a la neutralidad política del funcionario en su actuar administrativo (no en sus preferencias personales). En virtud de este deber no se pueden usar las potestades públicas para influir en proceso electorales. Tampoco se puede favorecer contra legem a persona alguna, en el ejercicio de sus competencias o tareas administrativas. El objetivo es asegurar y garantizar los derechos a todas las personas, sin ningún género de discriminación. Significa no hacer acepción de personas. Se encuentra contenido en el principio de igualdad y no discriminación (Art. 33 CP).

Este deber y principio informa el régimen de incompatibilidades y prohibiciones. La incompatibilidad es un situación jurídica de un sujeto en virtud de la cual el ordenamiento jurídico, para proteger ciertos valores indispensables para el correcto desempeño de su cargo lo excluye de la posibilidad de ocupar esa o bien, otras situaciones jurídicas. La prohibiciones, por el contrario, se refiere a una restricción en el ejercicio de una función. No una exclusión de esa u otras. Es una restricción o límite para el establecimiento de ciertas relaciones jurídicas en virtud de la situación jurídica del sujeto. Aquí el viciado es el acto no el nombramiento, art. 23 Ley Contratación Administrativa, Art. 46 de la Ley de Zona Marítimo Terrestre (concesión a favor de regidor). En la legislación penal, algunos tipos que protegen este deber son el cohecho (Art. 338 y 339 CPE), tráfico de influencias (Art. 24 LCA), negociaciones prohibidas, etc.

2) Principio de sujeción al Derecho: Deber de objetividad, legalidad y obediencia. La objetividad consiste en el apego del funcionario público en el ejercicio de sus funciones a los hechos y al Derecho. Este principio se encuentra contenido en el principio de legalidad. El deber de obediencia al Derecho se encuentra incluido o contenido en el deber de objetividad. En realidad se trata del deber de obediencia a la legalidad y constitucionalidad de los actos administrativos.



Desde una perspectiva formal se expresa en el deber de obediencia jerárquica, es decir, en el deber de dar cumplimiento a las órdenes que le imparta el superior jerárquico competente en la medida que tal orden reúna las formalidades del caso y tengan por objeto la realización de actos de servicio que se vinculan con sus funciones, salvo los supuestos de arbitrariedad o ilegalidad manifiestas; de conformidad con lo dispuesto por el Art. 107 y 108 de la Ley General de la Administración Pública se infiere que el primer deber es a la ley y al Derecho y dentro de ésta al superior.

Son vicios comunes de este principio la desviación de poder (ejercicio de potestades administrativas para fines distintos (privados) de los fijados por la ley Art. 1.3 LRJCA, o para la persecución de fines públicos pero distinto y en detrimento del principal, Art. 131.3 LGAP), el exceso de poder (desproporción entre motivo y contenido del acto) y la arbitrariedad (la ausencia de motivación del acto, el apoyar el acto en la pura voluntad de su autor; apartarse del fin, procedimiento, motivo, competencia, etc. Delitos como abuso de autoridad (Art. 329 CPE), nombramientos ilegales (Art. 335 CP), protegen este deber y principio.

3) Deber de transparencia. La regla es la transparencia en el desempeño de la función pública, especialmente en todas aquellas relaciones con los administrados de conformidad con la ley. Ejemplos de transparencia en el procesos de contratación administrativa, concesiones, permisos, autorizaciones y aplicación del Derecho Administrativo Sancionador. Este deber es un corolario del derecho de los administrados a la información y control sobre la actividad administrativa. Entre otras normas constitucionales y legales, el artículo 7 de la reciente Ley 8422, Ley contra la corrupción, garantiza el libre acceso de los administrados a la información pública.

Deber que entra en colisión con el deber de confidencialidad de la información privada o íntima de los administrados. Aquí el límite lo pone el principio de autoinformación, es decir, la

información transparente es aquella producida por las oficinas públicas (salvo secreto de Estado) o reserva administrativo (información privilegiada que daría ventajas indebidas a quién la tuviere). La información que custodian las oficinas públicas que pertenece a los administrados sólo puede darse a conocer al público si una ley lo autoriza y siempre tal ley se ajuste a la Constitución. En virtud de este principio los funcionarios y empleados públicos están obligados a actuar con *veracidad* en sus relaciones jurídico funcionariales, con los administrados y con sus superiores o subordinados.

4) Principio de la primacía del interés público. El fin de la función pública es el bien común, el interés público. El funcionario tiene el deber primario de lealtad con los administrados en un sistema democrático, con prioridad sobre sus intereses personales, su vinculación con otras personas, con partidos políticos o instituciones de cualquier naturaleza; sin perjuicio de los derechos laborales que pueda tener o a los que pueda aspirar dentro de la legalidad.

De conformidad con lo dispuesto por el artículo 11 Constitución Política y 113 de la Ley General de la Administración Pública, el servidor público debe actuar con objetividad los intereses generales. Es un simple depositario de la autoridad. Su razón de ser se encuentra en la existencia y realización del interés público. Sus intereses personales quedan subordinados al interés general, salvo, como ya se dijo, en materia laboral y de intimidad.

Figuras relacionadas: el enriquecimiento ilícito (Ley 8422); el peculado (Art. 352 CPE), negociaciones indebidas (Art. 345 CPE); facilitación culposa de sustracciones (Art. 353 CPE); malversación (Art. 354 CPE); exacción ilegal (Art. 347 CPER), concusión (Art. 346 CPE).

5) Deber de responsabilidad. Implica asumir con diligencia y buena fe el cumplimiento de la función o funciones encomendadas y el de asumir la responsabilidad por los daños

y perjuicios que con su actuar le cauce a los demás o a la propia Administración. La responsabilidad exige un esfuerzo honesto para cumplir con sus deberes. Cuanto más elevado sea el cargo que ocupa, mayor su responsabilidad para el cumplimiento de este principio. El artículo 199 y siguientes de la Ley General de la Administración Pública, regulan la responsabilidad subjetiva patrimonial del servidor público.

6) Deber de diligencia y eficiencia. El deber de diligencia implica cumplir con las funciones pero no un simple cumplimiento formal (de horario por ejemplo), sino el mejor cumplimiento de las funciones encomendadas. Este deber es antiformalista. La diligencia busca servidores idóneos que realizan su trabajo de la manera más eficiente y eficaz.

En este sentido, se ha introducido una reforma constitucional, al artículo 11, que en un futuro cercano, creemos traerá consecuencias sobre el régimen de empleo público, dado que se trata de avanzar en la rendición de cuentas, las transparencia administrativa, la responsabilidad social y no sólo administrativa del funcionario público, especialmente, porque introduce una evaluación por resultados de la gestión administrativa. En efecto, el párrafo segundo del artículo constitucional establece: *“La Administración Pública en sentido amplio, estará sometida a un procedimiento de evaluación de resultados y rendición de cuentas, con la consecuente responsabilidad personal para los funcionarios en el cumplimiento de sus deberes. La Ley señalará los medios para que este control de resultados y rendición de cuentas opere como un sistema que cubra todas las instituciones públicas.”*

7) Deber de probidad (honestidad). El servidor público debe actuar con rectitud y honradez, procurando satisfacer el interés general y desechando todo provecho y ventaja personal, obtenido por sí o por interpósita persona. Este principio es el cimiento de la nueva Ley contra la corrupción pública y el enriquecimiento ilícito, Ley 8422,

cuando en el artículo 1 establece que *“los fines de la presente Ley serán prevenir, detectar y sancionar la corrupción en el ejercicio de la función pública”*. Y en el numeral 4 de la Ley, establece el deber de probidad de la siguiente manera: *“El funcionario público estará obligado a orientar su gestión a la satisfacción del interés público. Este deber se manifestará, fundamentalmente, al identificar y atender las necesidades colectivas prioritarias, de manera planificada, regular, eficiente, continua y en condiciones de igualdad para los habitantes de la República; asimismo, al demostrar rectitud y buena fe en el ejercicio de las potestades que confiere la ley; asegurarse de que las decisiones que adopte en cumplimiento de sus atribuciones se ajustan a la imparcialidad y a los objetivos propios de la institución en la que se desempeña y, finalmente, al administrar los recursos públicos con apego a los principios de legalidad, eficacia, economía y eficiencia, rindiendo cuentas satisfactoriamente.”*

Como se observa, de conformidad con la Ley 8422, probidad es sinónimo no sólo de honestidad, sino también de apego a la legalidad. El funcionario público no puede querer otros fines, valores, intereses que los que el Derecho quiere que quiera, somos meros depositarios de la ley y la Constitución.

El deber de probidad implica no recibir ningún beneficio personal indebido vinculado a la realización, retardo u omisión de un acto inherente a sus funciones, ni imponer condiciones especiales que deriven en ello. También abstenerse de utilizar información privilegiada para realizar actividades para el enriquecimiento propio o ajeno. Supone también abstenerse de usar las instalaciones y los servicios públicos que brinda la Institución Pública para la que trabaja para beneficio personal, familiar o de allegados. Abstenerse de participar en asuntos donde existe alguna incompatibilidad o prohibición legal. Este deber involucra el ejercicio adecuado del cargo sin utilizarlo para beneficio personal e impidiendo que otros lo hagan y sin utilizarlo para perjuicio de otros (coacción, represalias, etc.). El deber de uso adecuado de los bienes públicos puestos a su disposición, utilizándolos

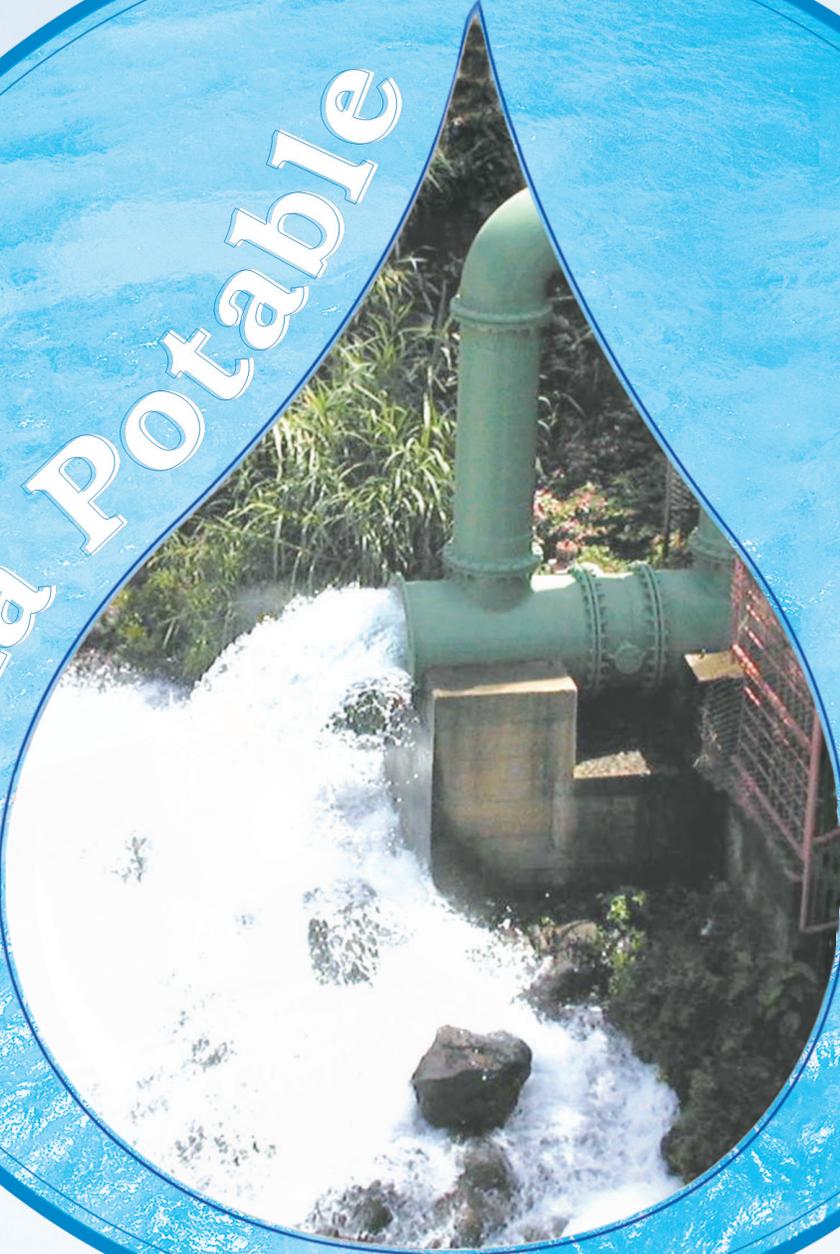
para el desempeño de sus funciones de manera racional, evitando el abuso, el derroche o el desaprovechamiento. También debe evitar que otros lo hagan. Implica el deber de usar el tiempo de trabajo de manera adecuada. Debe hacer un esfuerzo responsable por cumplir con sus quehaceres y debe evitar que sus subordinados dediquen el tiempo de trabajo a sus actividades privadas.

8) Deber de prudencia y templanza (equilibrio). El servidor público debe desempeñar sus funciones con prudencia y templanza, esto es con sobriedad y racionalidad, buscando el equilibrio de intereses que el ordenamiento jurídico administrativo (Art. 6 y 7 LGAP) impone y regula, tratando de seguir la justicia y la equidad en sus acciones y procurando que el ejercicio de la función pública inspire confianza en la comunidad. Debe evitar acciones que pongan en peligro el patrimonio del Estado o de la institución (A y A) para la que trabaja, su imagen pública o sus fines.

9) Deber de colaboración. El servidor público tiene el deber de colaboración durante situaciones extraordinarias, aunque no sea en las funciones estrictamente de su cargo, siempre que tales tareas resulten necesarias para mitigar, neutralizar o superar dificultades que se enfrenten y satisfagan el interés público.

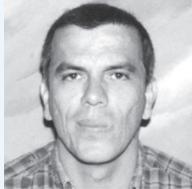
Estos son solo algunos ejemplos de los deberes, valores y principios ético jurídicos que informan el régimen jurídico de los funcionarios públicos. La conciencia pública acerca de la necesidad de profundizar en los temas éticos y en general en las garantías a los derechos de los administrados y usuarios, ha tenido como resultado, entre otros, la reforma constitucional al artículo 11, agregándole un párrafo segundo, para darle fundamento constitucional a la rendición de cuentas, la gestión pública por resultados y a la transparencia administrativa; se han aprobado leyes como la relativa al control interno (Ley No.); la protección del ciudadano del exceso de trámites administrativos (Ley 8220), la Ley contra la corrupción y el enriquecimiento ilícito en la función pública (Ley 8422); y se han reformado muchas otras (Ley de la Contraloría General de la República, Contratación Administrativa, Ley de Administración Financiera y Presupuestos Públicos, etc.), todas tendientes a fortalecer las garantías y tutelar los bienes, competencias, fines e intereses públicos, el Estado de Derecho y el sistema democrático. Los hechos recientes que han conmovido al país ponen de manifiesto que el esfuerzo realizado es importante, pero también que falta mucho por hacer. Por ejemplo, falta el desarrollo legislativo de los principios contenidos en el párrafo segundo del artículo 11 constitucional.

Agua Potable





APLICACIÓN Y USO DEL CARBÓN ACTIVADO EN POLVO O GRANULAR PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES AFECTADAS POR CONTAMINACIÓN ANTROPOGÉNICA.



José Miguel Ramírez Corrales¹

Dora Acuña²

RESUMEN

El AyA tradicionalmente ha utilizado los sistemas convencionales de potabilización, los cuales no son eficientes para eliminar la contaminación por aguas servidas y jabonosas, derrames de hidrocarburos y otros contaminantes, precisamente porque han sido diseñados para aguas provenientes de zonas protegidas, donde no se generan este tipo de desechos. Es por ello que se hace necesario la incorporación de operaciones y procesos unitarios adicionales que contribuyan a paliar y minimizar los efectos adversos de este tipo de contaminación, en los sitios de planta para poder garantizarle al usuario la excelencia en el servicio de suministro de agua potable en cantidad, calidad y continuidad, principal razón de ser del instituto. Para las plantas de tratamiento de agua para consumo administradas por el AyA en zonas donde el área de influencia a los puntos de captación están muy intervenidas y ofrecen riesgos de contaminación de las aguas, se propone la aplicación del carbón activado. El punto de dosificación es antes del salto hidráulico, en el canal Parshall, asegurando una mezcla rápida que promueva la mayor difusión de los adsorbatos hacia la superficie adsorbente.

Palabras clave: tratamiento de agua, carbón activado, contaminación de aguas, Plantas de mas tratamiento-agua potable.

1. Justificación

El área de drenaje y zonas de recarga de la cuenca alta y media del Río Virilla, consideradas prioritarias para el abastecimiento de diversos centros urbanos del Área Metropolitana de San José, están sometidas a un alto riesgo de contaminación y vulnerabilidad debido a los usos del suelo,

pérdida de cobertura del bosque, falta de protección y vigilancia, entre otros, en las áreas de influencia hasta los puntos de captación, las cuales han llegado a los linderos mismos de las captaciones de agua.

La contaminación en términos de DBO, DQO, COT, SAAM, fosfatos, nitratos, microorganismos coliformes fecales, materiales

¹Químico analítico, industrial y ambiental, Laboratorio Nacional de Aguas, jmramirez@aya.go.cr

²Ingeniera civil, Región Metropolitana, dacuna@aya.go.cr

derivados del petróleo como combustibles y aceites lubricantes exhaustos, sabores y olores indeseables, materiales flotantes insalubres son cada vez más frecuentes en el agua cruda (sin tratamiento) que llega a los sistemas de depuración.

Lo anterior no significa dedicar los mayores esfuerzos en ocuparse en el tratamiento de aguas fuertemente contaminadas, sino que siempre deberán aunarse los mayores cuidados en preservar la mejor calidad en las áreas de donde proviene el agua, es decir de la cuenca hidrográfica.

Uno de los procesos unitarios que se pretende introducir en aquellas plantas potabilizadoras con aguas insalubres tales como la de Guadalupe, Los Cuadros, San Juan de Dios de Desamparados y Los Sitios es la aplicación de carbón activado en polvo, en el agua influente.

2. Obtención del carbón activado

El carbón activado debe su nombre a la forma como se produce industrialmente. El carbón activado se hace por carbonización adecuada de madera, turba, lignitos y otros productos naturales. En primer término se forma haciendo carbón de leña o carbón vegetal y luego se lleva al rojo vivo, alrededor de los 1200°C, en un horno especial ó retorta para expulsar los hidrocarburos presentes en los vegetales utilizados. Este proceso térmico se hace con déficit de aire, en hornos fuera del contacto del aire, para impedir la combustión. Las partículas de polvo de carbón se activan

luego por exposición a un gas oxidante a elevada temperatura. El gas desarrolla una estructura porosa en el carbón y crea así una gran superficie interna que puede alcanzar hasta los 300 metros cuadrados de superficie por cada gramo de carbón activado en polvo.

El carbón de madera que se utiliza como materia prima para obtener carbón activado posee una composición química de 80 – 88 % de carbono, 6 – 12 % de oxígeno, 2 – 4 % de hidrógeno, nitrógeno en pequeñas cantidades y 2 - 3 % de cenizas. En razón de su origen el carbón activado sigue teniendo propiedades combustibles por lo que se aconseja su almacenamiento fuera de fuentes de ignición. Fuera de esto es una materia natural tratada térmicamente que solo ventajas trae en el tratamiento de aguas, siendo su principal desventaja los costos de su adquisición que pueden superar los 1045 dólares por tonelada, valor actualizado al día 24 de agosto 2004, según costos de la Planta Potabilizadora de Guadalupe.

Las formas útiles en tratamiento de aguas para el carbón activado es la granular y en polvo. El diámetro del carbón en polvo es generalmente inferior que la malla 200, y para el granular su diámetro de partícula supera 0,1 milímetros.

3. Aplicación y mecanismo del carbón activo

La adsorción puede describirse como el proceso en el que las moléculas del adsorbato (materiales indeseables o contaminantes)

abandonan la disolución y quedan retenidas en la superficie sólida del adsorbente (carbón activado poroso) mediante enlaces físicos y químicos. La adsorción, quimisorción ó químio – adsorción es un proceso irreversible y ocurre si los enlaces formados entre el adsorbato y el adsorbente son muy fuertes. Si por el contrario los enlaces de unión son débiles predominan las fuerzas de atracción de Van der Waals y el mecanismo que ha tenido lugar es una adsorción física y el proceso puede ser reversible.

El carbón activado tiene un gran poder de adsorción debido a su enorme superficie de exposición y el principal mecanismo incluye la formación de enlaces entre el adsorbato y el carbón poroso, que dependerá de la concentración del adsorbato, tamaño de las moléculas que se adsorben, las afinidades adsorbtivas. La velocidad de adsorción depende de la velocidad con que se desplazan o se difundan las moléculas de adsorbato desde la disolución hacia la superficie disponible de carbón poroso.

El carbón activado es actualmente el material más prometedor para la eliminación de contaminantes orgánicos causantes de sabores y olores en abastecimientos de agua potable, y contribuye también a la eliminación de hidrocarburos derivados del petróleo o petroquímicos y compuestos fenólicos que provocan sabor y olor al agua, amplia variedad de elementos y compuestos de traza entre los que se encuentran los metales pesados, pesticidas, agentes tensoactivos como los jabones y detergentes, DBO, DQO y COT.

En el marco de este proyecto, aplicando carbón activado en polvo en el sistema que abastece el mayor número de habitantes en el país, el Acueducto Orosí, tanto en la planta potabilizadora de Cartago como en la Alta de Tres Ríos, se han encontrado ventajas sustantivas, en el control de la contaminación. Es importante señalar que estas aguas son de difícil tratamiento debido a que poseen alto contenidos de color y bajas turbiedades. Además se caracterizan por poseer reducidas temperaturas y elevado nivel de saturación de oxígeno disuelto, superior al 120%. La aplicación de este producto ayuda eficientemente en la adsorción de las sustancias húmicas y fúlvicas causantes del color natural de esta agua, también provee de partículas discretas al agua influente a la planta depuradora favoreciendo la formación de flóculos más pesados en las etapas de coagulación – floculación – sedimentación, permitiendo una mejor clarificación y por ende un mejor producto terminado. Se ha podido determinar en estas aguas excesivamente aireadas y presurizadas como, al ingresar a la planta y darse el proceso de desgasificación del oxígeno disuelto, el carbón sufre un proceso de flotación arrastrando hacia la superficie colores, sabores y olores indeseables.

Durante los eventos de contaminación por líquidos combustibles derramados en el embalse Orosí, a finales de agosto del 2004, se procedió a aplicar dosis de emergencia en el orden de 5 miligramos por litro, en las cámaras de ingreso antes de los saltos hidráulicos en la Planta Alta de Tres Ríos y la de Cartago, en forma manual, cada 10 minutos

y por un lapso de 1 semana favoreciéndose los mecanismos de desodorización por el carbón activado en polvo desde el inicio de la emergencia hasta los últimos resagos de presencia de estos contaminantes malolientes.

Normalmente se ha considerado al carbón activado como un proceso unitario de acabado final, en el tratamiento de aguas residuales por métodos biológicos normales, para la eliminación de olores y materia orgánica residual disuelta, pero sus aplicaciones y avances lo proponen hasta como sustituto del tratamiento biológico de las aguas residuales municipales.

Dentro de los procesos avanzados de tratamiento de agua la adsorción con carbón activado sea granular o en polvo posee una enorme difusión para la eliminación de la materia orgánica soluble. Las refinerías de petróleo utilizan este proceso para eliminar las concentraciones bajas de fenoles y de moléculas orgánicas petroquímicas trazas de sus efluentes, que contaminarían los cuerpos de agua receptores.

El carbón activado en polvo no tendrá oportunidad de recuperarse al ser aplicado en el tratamiento de potabilización, no se puede volver a activarlo térmicamente, se perderá y por lo tanto se incurrirá en un nuevo insumo de gasto sobre el tratamiento aplicado. Las moléculas formadas entre adsorbatos y carbón podrán sedimentar y de llegar alguna partícula de carbón a los filtros rápidos estos las eliminan completa y eficientemente.

Como un caso real de aplicación desde el año 2003 se efectuaron obras para la aplicación de carbón en la planta de Guadalupe hasta la fecha. Se instaló un reactor o módulo de aplicación, cuyo costo, dosis aplicadas y cálculos hidráulicos y de balance químico se detallan a continuación.

4. Materiales, dosificaciones y cálculos para el caso de la Planta de Guadalupe

4.1 Materiales adquiridos por técnicos de la planta y disponibles actualmente:

- Disponibilidad de tanque reactor plástico de 2100 litros de capacidad.
- Construcción de plataforma en hierro para colocar reactor.
- Compra de bomba eléctrica de dosificación de amplio espectro dosificador.
- Instalación de paneles y líneas eléctricas para bomba, agitador e iluminación.
- Instalación de línea de alimentación por gravedad en caso de falla eléctrica.
- Instalación de línea de agua para llenado del tanque reactor.
- Disponibilidad de aproximadamente 800 kilos de carbón activado en polvo.
- Disponibilidad de bodega de almacenamiento para carbón activado.
- Reparación y arreglo de agitador de hélice para reactor.
- Disponibilidad de recurso humano para la aplicación en planta.

4.2 Dosificaciones recomendadas

- Dosis mínima normal de aplicación durante las 24 horas del día y los días

correspondientes del año en estación lluviosa, alrededor de 6 – 7 meses: 0,50 miligramos por litro de carbón activado en polvo.

- Dosis mínima normal de aplicación durante las 24 horas del día y los días correspondientes del año en estación de estiaje o seca, alrededor de 6 – 5 meses: 1,00 miligramos por litro de carbón activado en polvo.
- Dosis máximas de aplicación en casos de emergencias durante las 24 horas del día del evento y los días subsiguientes del estado de emergencia según criterio técnico: desde 2,00 hasta 5,00 miligramos por litro de carbón activado en polvo.
- Concentración de la suspensión de carbón activado en polvo y agua a ser mantenida en el reactor dosificador: 2 % peso/volumen equivalente a 20.000 miligramos por litro de carbón activado en polvo.

4.3 Cálculos hidráulicos y químicos útiles

- Caudal a ser dosificado en la planta: $Q = 300 \text{ L/s} = 18.000 \text{ L / minuto}$.
- Concentración de carbón activado en reactor: $C = 20.000 \text{ mg/L}$.
- Volumen disponible del reactor: $V = 2.100 \text{ L}$.
- Dosis de invierno a ser aplicada: $c = 0,50 \text{ mg/L}$.
- Caudal de suspensión de carbón activo a ser aplicado: q
 $q = (Q * c) / C = (18.000 \text{ L/min} * 0,50 \text{ mg/L}) / 20.000 \text{ mg/L} = 0.450 \text{ L/minuto}$
- Gasto en litros de suspensión de carbón activado diaria = gasto

$Gasto = 0.450 \text{ L/min} * 60 \text{ min/hr} * 24 \text{ hrs/día} = 648 \text{ litros/día}$.

- Duración de la mezcla de carbón activado y agua en el reactor dosificador = t
 $t = V / gasto = 2.100 \text{ L} / 648 \text{ L/día} = 3.24 \text{ días}$.
- Consumo anual de carbón activado con dosis de 2.00 mg/L = consumo
 $Consumo = 300 \text{ L/s} * 2.00 \text{ mg/L} = 600 \text{ mg/s} = 52 \text{ kilos / día} = 19 \text{ toneladas / año}$.

Obviamente es oportuno señalar que si la dosis se duplica el consumo también, dado que el consumo es directamente proporcional a la dosis.

- Costo aproximado asumiendo alrededor de 1045 dólares por tonelada
 $Costo = \$ 1045 * 19 \text{ toneladas / año} = \$ 19855 / \text{año}$
- Preparación del tanque reactor al 2 % peso/volumen en carbón activado:

2 % p/v significa mezclar 2 gramos de carbón por cada 100 mL de suspensión carbón – agua; esto a su vez significa 20 gramos en 1 litro de suspensión. Por lo tanto el operador deberá colocar 40 kilos (2 sacos de 20 kilos cada uno) en 2000 litros de agua (2 metros cúbicos de agua) y mezclarlos hasta su completa homogeneización para su dosificación.

5. Recomendación

Sentar las bases del conocimiento, eficiencia, la factibilidad técnica y económica de la aplicación de este proceso químico para su extrapolación a otras plantas con similar problemática de contaminación en sus aguas de abastecimiento.

Este proceso unitario, se deberá mantener hasta que no se invierta en la eliminación de las fuentes de contaminación dentro de las áreas de influencia, a los puntos de captación para esta planta de tratamiento y se implemente su protección y vigilancia.

6. Experiencia en la Región Metropolitana

Desde el 20 de mayo del año 2003, se dejó debidamente implementado el sistema de carbón activado en la Planta Potabilizadora de Guadalupe y a la fecha las bondades y eficiencia del mismo están siendo evaluadas mediante un Proyecto Final de Graduación por parte de una estudiante de la Escuela de Ingeniería Civil de la UCR, donde se han tomado diferentes aspectos hidráulicos, datos de calidad de agua cruda, en el proceso y tratada, así como la utilización de un reactor a escala para simulación.

Como el proyecto de evaluación está todavía en ejecución, en posterior artículo se darán a conocer los resultados del mismo.

En las Figura 1 se esquematiza el sistema implementado y las Figuras 2 y 3 muestran fotografías del mismo y del reactor utilizado como parte de la evaluación.

De igual manera en la Planta Potabilizadora de Cartago, está en proceso de implementación un sistema de similares características a las del de Guadalupe, principalmente para la

remoción de color. Tal como fue anotado anteriormente a raíz de la contaminación suscitada en agosto pasado en el Embalse El Llano, se aplicó el insumo como medida emergente tanto en Cartago como Tres Ríos principalmente con el objetivo de desodorizar.

En su forma granular como material de empaque, en la batería de filtros, se está estudiando la posibilidad de su implementación en la Planta Potabilizadora de Tres Ríos, con el objeto de aumentar la eficiencia en la remoción de color. Su aplicación en forma de suspensión se ha descartado para este sistema por su gran tamaño, debemos recordar que la Planta de Tres Ríos es el más grande sistema de producción del país.

7. Especificaciones técnicas del carbón activado en polvo actualmente utilizado en la Región Metropolitana

Debe provenir de madera procedente de reforestaciones con fines industriales. El proceso de activación deberá ser físico, de forma tal de garantizar un producto final libre de impurezas.

Cumplirá con el estándar AWWA-B-600-90 y tendrá las siguientes propiedades:

- Número de Yodo, mg I₂/gCA: Mayor a 500.
- Densidad aparente, g/ml: Entre 0.20 y 0.75.
- Humedad, %: menor a 8.0.



GRANULOMETRÍA	U.S. STANDARD
Malla N°	% QUE PASA
100	99.00
200	95.00
325	90.00

El material debe venir empacado en sacos de 20 kg c/u, con triple capa de papel kraft y bolsa interior de polietileno, el cual debe ser altamente resistente, de tal manera que se eviten contaminaciones y derramamientos durante su transporte y almacenamiento.

PUNTO DE ALICACIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<i>Toma de Agua</i>	<i>Tiempo de contacto prolongado y muy buena mezcla.</i>	<i>Algunas de las sustancias adsorbidas pueden ser removidas por coagulación / floculación/ sedimentación y filtración. Esto implica consumo un mayor de CAP.</i>
<i>Llegada del agua cruda a la planta.</i>	<i>Un mejor control de dosificación que en anterior.</i>	<i>Las mismas desventajas que el anterior. En algunos casos se requiere de un pre - sedimentador.</i>
<i>Unidad de mezcla rápida.</i>	<i>Mezcla eficiente y un tiempo de contacto razonable. El carbón puede servir como semilla del floc.</i>	<i>Posible reducción en la tasas de adsorción por la interferencia de coagulantes; el de contacto es tiempo insuficiente para retener ciertas sustancias. Algunas que serían coaguladas pueden ser adsorbidas. Puede existir encapsulamiento de la partícula dentro del floc.</i>
<i>Entrada de los filtros.</i>	<i>Uso eficiente del carbón como adsorbente únicamente.</i>	<i>Poco tiempo de contacto, baja intensidad de mezcla y posible colmatación del medio filtrante por acción del carbón.</i>

FIGURA 1

SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO – PLANTA DE GUADALUPE

Este sistema está diseñado para aplicar carbón activado con una bomba dosificadora de diafragma de presión negativa, y también previsto con un sistema de gravedad por si falla la corriente eléctrica o la bomba sufre algún daño. Tiene un motor eléctrico que agita las 24 horas para garantizar la solubilidad permanente.

Debe hacerse del conocimiento que la bomba dosificadora debe estar a nivel superior de la solución de carbón activado, ya que si se instala la tubería en la parte inferior del tanque esta se obstruirá debido a la baja solubilidad del carbón activado.

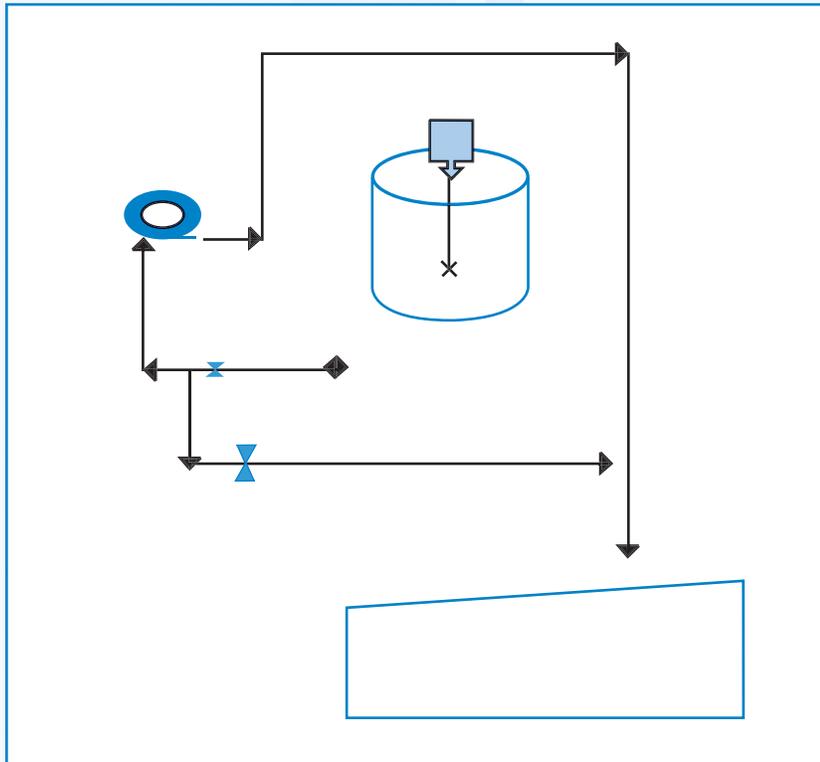


FIGURA 1



FIGURA 2 Sistema de carbón activado debidamente implementado



FIGURA 3 Reactor utilizado en la evaluación sistema de carbón activado



PROYECTO DE ACUEDUCTO PARA LA ISLA DE CHIRA: TRAMO SUBMARINO



Héctor L. Feoli Boraschi¹



José R. Peralta Ballester²

RESUMEN

El tema de este artículo es el proyecto de Acueducto para la Isla de Chira, que ejecutó la Dirección de Obras Rurales (DOR) del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) entre los años 2000 y 2002, bajo la modalidad de Ayuda Comunal, poniendo especial interés en la forma en que se ejecutó el diseño y construcción del tramo submarino que este proyecto contempla.

Se detalla la forma en que se desarrollaron los estudios básicos y el diseño del tramo submarino y de los accesorios que lo conforman, desde la escogencia de la ruta hasta el diseño de los anclajes y la descripción del hundimiento.

Palabras clave: Acueducto-Isla Chira, agua potable, Emisario submarino, abastecimiento de agua potable, acueducto rural.

Antecedentes

La Isla de Chira, se localiza en el Golfo de Nicoya, y desde hacía muchos años el abastecimiento de agua potable era una necesidad sentida por sus pobladores. Dadas las condiciones hidrogeológicas de la isla, no es posible abastecer a su población a partir de fuentes locales y los pobladores se tenían que abastecer desde algunos mini acueductos cuya fuente de abastecimiento son pozos cavados de baja producción y, en

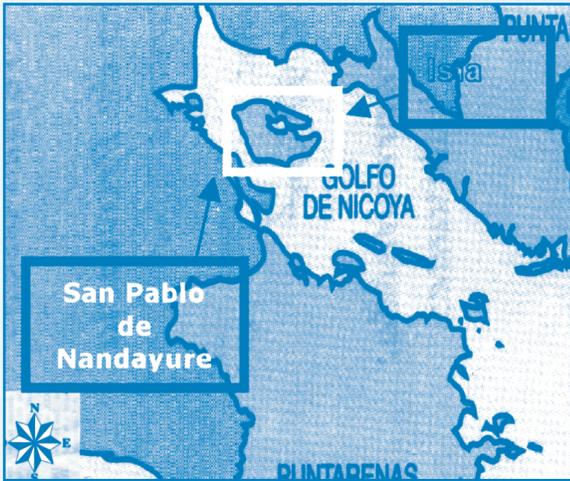
algunos casos, en la época seca se salaban o secaban.

Por esa razón se consideró que para resolver el problema de abastecimiento de la Isla Chira, era indispensable buscar otras fuentes de abastecimiento fuera de ésta, en tierra firme. A partir de estudios hidrogeológicos realizados en la zona se determinó que el lugar más cercano en el cual se disponía de las fuentes apropiadas para ese propósito era San Pablo de Nandayure. Fue necesario

¹Ingeniero Civil, Laboratorio Nacional de Aguas, hfeoli@aya.go.cr

²Ingeniero Civil, Dirección de Estudios y Proyectos, rperalta@aya.go.cr

UBICACIÓN DE LA ISLA



construir dos pozos para obtener el caudal requerido por las condiciones de diseño.

I El Proyecto

El proyecto de acueducto para la Isla de Chira, pretende abastecer a toda la población, compuesta por alrededor de 350 casas y compone de las siguientes actividades y obras: construcción y equipamiento de dos pozos profundos con una bomba de 20 hp en cada uno, construcción de un tanque regulador de 50 m³ en la zona de San Pablo, instalación de 3.675 metros de tubería de PVC de línea de impulsión entre los pozos y el tanque regulador, instalación de 1.733 metros de línea de conducción en tubería de PVC, instalación de 4.730 metros de tubería de polietileno de alta densidad para la conducción en la zona inundable en marea alta, instalación de 1.270 metros de tubería en polietileno de alta densidad en el tramo submarino, construcción de un tanque de almacenamiento de 400 m³ en la Isla, instalación de 34.000 metros de tubería como red de distribución en toda la Isla, abasteciendo a las poblaciones de:

Bocana, Jícaro, Pochote, Pandura, Bocana 2, Mauricio, Lagartero, Palito, San Antonio y Playa el Muerto, colocación de 350 previstas domiciliarias con su hidrómetro e instalación del sistema para la desinfección del agua.

**CUADRO 1
LISTA DE ACTIVIDADES DEL
PROYECTO**

ACTIVIDAD	CANTIDAD
Actividades preliminares	1
Tubería de Conducción de Polietileno	4.730
Tubería de Polietileno paso Submarino	1.270
Tubería de conducción	5.409
Tubería de distribución	34.000
Tanque de Alm. 400m ³	1
Tanque de Alm 50m ³	1
Caseta de bombeo y cloración	1
Instalación equipo de bombeo	2
Instalación equipo de cloración	1
Emprevistado	360
Caja y colocación de Hidrómetros	360
Caja de válvulas y colocación	32
Monumento	1
Prueba del sistema	1

El diseño de la obra estuvo a cargo del Departamento de Desarrollo de Proyectos de la Dirección de Obras Rurales³, para lo cual se contó con el apoyo del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), con la contratación de una consultoría para la realización de una serie de estudios, y la construcción fue ejecutada bajo la dirección del Ing. Leonel Morales Oviedo, del Departamento de Ejecución de DOR.

El proyecto se diseñó para un caudal que pudiera abastecer al doble de la población

³Actualmente se denomina Dirección de Sistemas Comunes.

actual, con una dotación de 180 litros por habitante por día; y una vez concluido, el sistema sería administrado, operado, mantenido y desarrollado por una Asociación Administradora del Acueducto y Alcantarillado Comunal (ASADA), creada para el efecto, lo que representa la base fundamental de la filosofía de Ayuda Comunal con la que fue construido este acueducto.

Para la ejecución de Proyecto participaron las siguientes instituciones: Dirección del Fondo de Desarrollo Social y Asignaciones Familiares, Instituto Mixto de Ayuda Social, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico, Instituto Costarricense de Pesca, Ministerio de Trabajo, Municipalidad de Puntarenas y el Club Rotario de Puntarenas.

El costo del proyecto se estima en 921.000 dólares americanos.

II Elementos de diseño del tramo submarino.

En este capítulo se describen detalladamente los elementos que se consideraron para el diseño del tramo submarino, ilustrando cada tema con diagramas o fotografías.

Estudios básicos:

Reconocimiento de la Zona

Una vez definido que el agua sería extraída de sector de San Pablo de Nandayure, fue necesario realizar una valoración de las condiciones del terreno aledaño, para

encontrar la mejor ruta para llevar el agua hasta la Isla Chira.

En el sector de tierra firme el gran inconveniente que se presenta, es que existen una gran cantidad de esteros que deben cruzarse para salir a la costa, manglares de gran altura que se inundan con los movimientos de la marea y un sector de playa que aparece y desaparece con los cambios de marea. Una vez en la playa, se debe cruzar el mar, para finalmente llegar hasta la Isla, en este tramo la tubería estará totalmente sumergida hasta llegar a la Isla, para pasar luego un sector de playa (o playón como se le conoce en Chira) en la isla propiamente dicha.

Con el propósito de establecer la ruta de paso de la tubería por los sitios mencionados, se efectuaron múltiples visitas a la zona, tanto en el tramo de tierra firme, como entre los manglares, utilizando botes⁴ de la zona. También se utilizaron las fotografías aéreas disponibles.

A partir de lo anterior y relacionando la información recolectada, se estableció que la mejor ruta por seguir era aquella que evitaba lo más posible los esteros y mangares de la zona, por la dificultad de instalar tubería en el sitio, máxime que en esta área hay una gran cantidad de lagartos.

A pesar de lo anterior, no fue posible evitar totalmente el manglar, por lo que la ruta finalmente escogida debía atravesar aproximadamente 1 kilómetro de manglar y un sector que estaría sujeto a la inundación

⁴Los isleños le dicen pangas a sus botes, que en general están provistos de motores fuera de borda.

(el cual había sido zona de manglar, posteriormente transformado en salinas), para llegar posteriormente al sector de playa y finalmente al mar.

Definida la ruta, se procedió a realizar los estudios para establecer claramente las condiciones a las cuales estaría sometida la tubería que debía instalarse en cada tramo, tanto por las condiciones del terreno, como por el cambio de las mareas.

Definición de Tramos

Con la ruta definida y con la valoración de las condiciones del terreno, se definieron claramente tres tramos en los cuales la tubería se comportaría de forma diferente y por ende, las condiciones de instalación, de anclaje y en general del trabajo, también serían diferentes entre si.

Estos sectores son:

- sector del manglar
- sector de playa
- sector marino.

En el sector de manglar se definió que la tubería podría enterrarse, la misma estaría sujeta a la fuerza de flotación, por cuanto en marea alta la zona queda completamente inundada y finalmente, no estaría sometida a los efectos de las corrientes marinas.

En el sector de la playa se presentaban condiciones similares a las del manglar, pero debía valorarse si, producto de las corrientes marinas, se presentaba el fenómeno de agradación o degradación en la playa. En

caso de darse degradación debían tomarse las medidas correctivas para que la tubería no quedara descubierta.

En el sector marino la tubería no podía enterrarse y estaría sujeta a las condiciones de las corrientes marinas.

Topografía del posible sitio de entrada y salida de la tubería

Con la definición de la ruta y el reconocimiento de la zona, se procedió a realizar la topografía de toda la línea, en los tres tramos, identificando cada sector en el levantamiento.

Batimetría (ecosonda y GPS)

Con el propósito de establecer el perfil en el sitio donde se asentaría la tubería del sector marino una vez sumergida, se procedió a realizar el estudio de batimetría de la zona propuesta para cruzar el mar, entre la tierra firme y la playa. Este trabajo fue realizado por personal de Estudios Básicos del ICE, utilizando un equipo de ecosonda, con el cual se medía la profundidad del fondo marino de forma continua siguiendo una ruta y la ruta era referenciada simultáneamente con un GPS⁵. El procedimiento anterior se realizó varias veces sobre el área establecida, de tal forma que se definieron curvas de nivel en toda la zona.

A partir del mencionado estudio, se determinó que en la zona propuesta para cruzar el mar, hay un canal bien definido, prácticamente simétrico, presentándose la profundidad mayor, de 15 metros, en el centro del tramo, entre la tierra firme y la isla.

⁵Sistema de Posicionamiento Global



Evaluación de corrientes (velocidades)

Con el propósito de conocer las características de las fuerzas a las que podría estar sometida la tubería, se realizaron mediciones de la velocidad de las corrientes marinas en varios puntos de la misma zona en la que se realizó la batimetría, tanto en la superficie, como en profundidades intermedias y en el fondo.

Con base en las mediciones anteriores y considerando el efecto de la marea y de una avenida simultánea de agua de los Ríos Tempisque y Bebedero sobre el golfo, la cual se distribuiría entre los canales que están a ambos lados de la isla, se determinó que la velocidad media máxima a esperar en el canal por el cual se colocaría la tubería, es de 0.94 m/seg⁶.

Densidad del agua de mar

Se consideró la densidad del agua de mar con el propósito de conocer las condiciones de flotación que experimentarían los componentes del tramo submarino.

La densidad máxima medida en el sector es de 1.080 gr/ml.

Tipificación del Fondo Marino

Se tomaron muestras del fondo marino para valorar el tipo de suelo y la capacidad erosiva del mismo. Con base en los análisis granulométricos y el estudio de velocidades, se determinó que, tanto en el canal como en la playa, se presentaría el arrastre de sedimento, formando dunas que en la playa variarían en el orden de 35 cm.

Agresividad de los lodos del manglar

Con base en la valoración del pH del suelo, contenido de sales solubles, humedad y presencia de bacterias sulforreductoras, se determinó que en la zona del manglar hay condiciones de alta agresividad por corrosión.

Diseño

Construcción con participación de la comunidad

El proyecto sería construido bajo la modalidad de Administración por Ayuda Comunal. La modalidad está definida como una forma de participación conjunta entre la comunidad y las instituciones que financian las obras, en la cual AyA aporta los estudios básicos (topografía, censos, aforos y otros estudios), los diseños (cálculo hidráulico, presupuestos, memorias, planos, cronogramas), la dirección técnica de la construcción de la obra (mediante la participación de ingenieros, inspectores y maestros de obra), la promoción, capacitación y organización de la comunidad, tanto para las labores de construcción, como para la administración, operación, mantenimiento y desarrollo del sistema. Con los recursos de las instituciones financiadoras y del AyA, se compraron todos los materiales que se utilizaron en el proyecto.

Por su parte, la comunidad organizada, que es la que se beneficia con el acueducto, aporta toda la mano de obra (especializada y no especializada) y algunos de los materiales para las obras civiles.

⁶Estudio hidráulico del paso submarino del Acueducto de la Isla Chira, Vargas, Omar. Enero 2001



Miembros de la comunidad en pleno trabajo

Una vez concluido el proyecto, la comunidad asume la operación, mantenimiento, administración y desarrollo del sistema, mediante la conformación de un ente operador, tomando como base la capacitación recibida durante el proceso de construcción, sin que AyA perciba beneficios económicos de las tarifas cobradas. Para ese efecto, se crea una Asociación Administradora del Acueducto Comunal, con personería jurídica propia, supeditada a lo que estipula el Reglamento para las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Comunales, que AyA confeccionó, al amparo a la Ley de Creación de Asociaciones Específicas.

La modalidad de construcción, en este caso, es una gran limitante que se debe considerar a la hora de diseñar el acueducto, por cuanto debe tomarse en cuenta una serie de restricciones tecnológicas que se tendrán en el momento de construir el sistema.

Selección de tubería

Dadas las condiciones tan particulares que

se presentan en todo el trayecto entre los pozos y la Isla Chira, la tubería a utilizar debía cumplir varios requisitos, a saber:

- alta flexibilidad para las maniobras de instalación y hundimiento,
- adecuada resistencia a la corrosión,
- un sistema de unión que reduzca la presencia de fugas,
- resistencia de la tubería y de las uniones a fuerzas transversales y longitudinales,
- la tubería debe flotar al estar vacía,
- las paredes de la tubería deben soportar que se le coloquen bloques de anclaje.

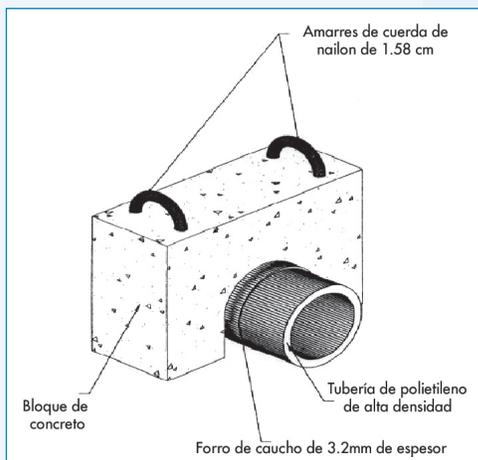
Considerando las variables mencionadas, se escogió la tubería fabricada en polietileno de alta densidad, la cual cumple con todas las condiciones solicitadas, anteriormente descritas.

Diseño de los bloques de anclaje

El diseño de los bloques de anclaje consideró: el tramo en el cual se instalarían los mismos, el transporte, su peso y manipulación, el ambiente salino a que estarían sometidos en forma permanente, el ambiente corrosivo del manglar, la condición de quedar expuestos o no y el proceso constructivo.

Con base en lo señalado en la norma ACI 318-95, se definió la utilización de un concreto con una resistencia de 350 Kg/cm² para la elaboración de los bloques de anclaje y la adición de aditivos que aumentarían la resistencia química del concreto al agua de

mar, reducción de la relación agua-cemento y permeabilidad.



Bloque Tipo U Sector manglar y playa

Bloque tipo U

Con base en las variables señaladas anteriormente, se definió el diseño de dos tipos distintos de bloques. El primer grupo de bloques tiene una forma **tipo U**, que tiene la ventaja de que se puede instalar sobre el tubo de forma directa. Este tipo de bloques se utilizó en aquellos tramos en los cuales la



Lámina de hierro en el bloque

tubería quedaría totalmente enterrada y los bloques no estuviesen sometidos a ningún tipo de fuerza que los pudiera volcar. Específicamente, este tipo de bloque de anclaje se instaló en el sector de manglar y de playa.

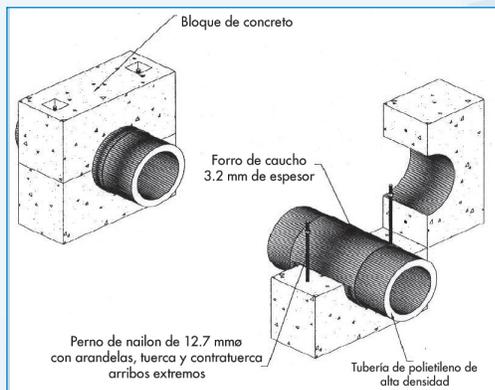
Al calcular el peso de los bloques de anclaje, se determinó que el bloque tipo U debía tener un peso de 151.18 Kg. y debían instalarse sobre el tubo a cada 1.5 metros. Dadas las condiciones para la instalación de los bloques, la dificultad de transporte y la imposibilidad de utilizar vehículos para su traslado, se consideró que el manejar bloques tan pesados, haría el proceso constructivo muy difícil y complejo.

Al analizar la problemática se decidió el colocar dentro de los bloques de anclaje, láminas de hierro que tienen un peso unitario de 7.738 kg/cm² versus el concreto con un peso unitario de 2.400 kg/cm². Al usar el hierro como parte del volumen del bloque, se tiene una mayor eficiencia del peso al estar sumergido, por cuanto la fuerza de flotación depende exclusivamente del volumen desplazado. Con esta modificación se logró bajar el peso de los bloques de anclaje a 101.72 Kg., peso que es fácilmente manejable por 2 personas.

Bloque tipo Cuadrado

El segundo grupo de bloques se denominó "**tipo cuadrado**", los cuales se componen de dos bloques similares a los tipo U unidos entre

si, uno a cada lado del tubo, de tal forma que los bloques sujetan directamente el tubo de polietileno. Esta forma del bloque de anclaje permite mantenerlos en posición aun cuando estén sometidos a la fuerza de las corrientes marinas o durante el proceso de instalación. Este tipo de bloque se instaló en el sector que va en el fondo marino y no puede enterrarse.



Bloque sector marino

El bloque, al estar compuesto por dos mitades, no presenta el problema de ser muy pesado como los bloques tipo U, pues cada mitad pesaba aproximadamente 70 Kg.

Para la unión de las dos mitades se analizaron varias opciones, tales como cinchas de acero y pernos. Se optó por el uso de pernos de nylon por su facilidad de instalación, que permiten el armar y desarmar los bloques, son resistentes a la corrosión tienen las propiedades mecánicas apropiadas para resistir las cargas a las que estarían sometidos.

Para garantizar la calidad del concreto y las dimensiones de los bloques, los mismos se contrataron para ser fabricados en una planta que tuviera las condiciones de control de calidad apropiadas, tanto en la fabricación del molde, como en la fabricación del concreto y su curado.



Pernos



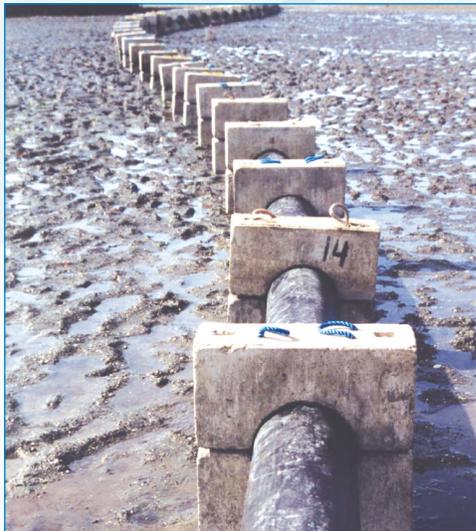
Armadura de los anclajes



Molde de los anclajes en la planta



Entre el bloque de anclaje y el tubo de polietileno se colocó una tira de neopreno, para no maltratar el tubo al sujetar el bloque y para permitir un mejor apriete entre las dos mitades.



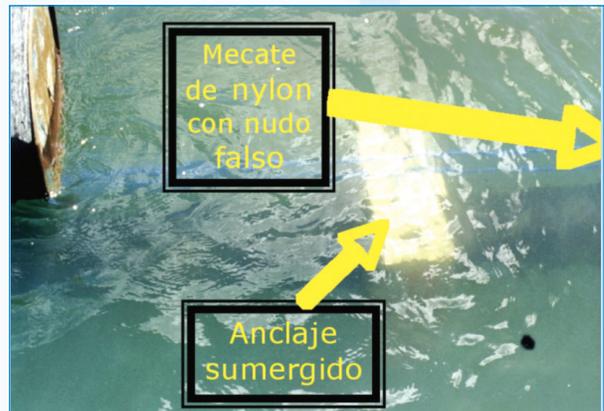
Vista de tubería armada y con anclajes en la plata de la Isla

Sistema de flotación

Se requería un sistema de flotación que pudiera soportar la tubería con los bloques durante el traslado, desde el punto de armado

hasta el punto en el que sería hundida. El sistema debería ser barato, y sobre todo fácil de quitar en el momento en que la tubería estuviera en el punto de preciso, para permitir el hundimiento de la tubería en el sitio adecuado.

Se escogió como sistema de flotación el uso de estañones metálicos de 55 galones, amarrados a la tubería con mecate de nylon, mediante un nudo falso, en grupos de 25 estañones. El nudo falso permitiría que el amarre se deshiciera fácilmente, para soltar los estañones en tramos de 25 y que la tubería se hundiera suavemente en el momento que ésta se llevara al sitio establecido. Se utilizaron



Vista de flotadores operando

para ese efecto, alrededor de 350 de estos estañones.

III Proceso de colocación del tramo submarino en su sitio final

Consideraciones

A) Método Constructivo:

Para el armado de la tubería se deberían considerar algunos aspectos, tales como:

- Instalación con participación comunal, pues este aspecto limita los recursos con los que se contarían, tanto en el momento de la construcción, como en el momento del hundimiento. Éste aspecto especialmente en lo que corresponde al método de remolque del tubo en el mar para su hundimiento, pues se contaba solamente con las pangas de los isleños y el ofrecimiento de uno o dos remolcadores del puerto de Caldera.
- ¿Dónde y cómo armar la tubería para su colocación final? Se debería definir si la tubería se hundiría como un proceso continuo, conforme se armaba o si sería armada toda y posteriormente hundirla toda de una sola vez. Así mismo, se debía definir cómo y dónde se pegaría la tubería y se colocarían los anclajes para su colocación final en el fondo marino.
- Sistema de flotación y amarre de los flotadores: como se indicó, es vital para la maniobra de hundimiento que el método de flotación escogido fuera fácil de eliminar y permitiera la posibilidad de un adecuado y preciso hundimiento.

- Estimación de fuerza de remolque y mecanismos para halar el tramo: se debería considerar la fuerza de remolque, de tal suerte que no excediera la tensión máxima en el tubo, definiendo el tipo de mecanismo para halar, que se utilizaría para que el tubo no sufriera ningún daño.
- Uso de pibote, para asegurar la tubería: se tenía que contar con un mecanismo de seguridad que permitiera asegurar el no perder la tubería si algo no salía como se tenía previsto. Por esta razón se decidió anclar la tubería a la isla antes de iniciar la maniobra de hundimiento, de tal suerte que solo se remolcara uno de los extremos de la tubería.

B) Consideraciones de marea

Una de las consideraciones principales sería la de la marea y su dirección en el canal. Se escogería la marea de menos variación entre la marea alta y la marea baja, situación que se conoce como “marea redonda”, pues es en la que se presenta la menor velocidad en la corriente del canal. De esta forma el tubo se remolcaría contra la marea, pues se consideró que es más favorable la maniobra de halar el tubo, por estar el tubo sometido a tensión.

La maniobra de hundimiento debería iniciar a la mitad del tiempo entre la marea baja y la marea alta y culminar en el momento en que la marea cambiara de baja a alta, situación que se conoce como “marea cero”. En este momento el mar no se mueve por influencia

de la marea y sería el momento adecuado de soltar los flotadores para que la tubería se hunda; pues no habría fuerza que desviara la tubería en su recorrido hacia el fondo marino.

Para ilustrar lo que hemos descrito, se presenta una gráfica con la tabla de mareas en la que se ilustra una “marea redonda” y el momento de inicio y fin de la maniobra.

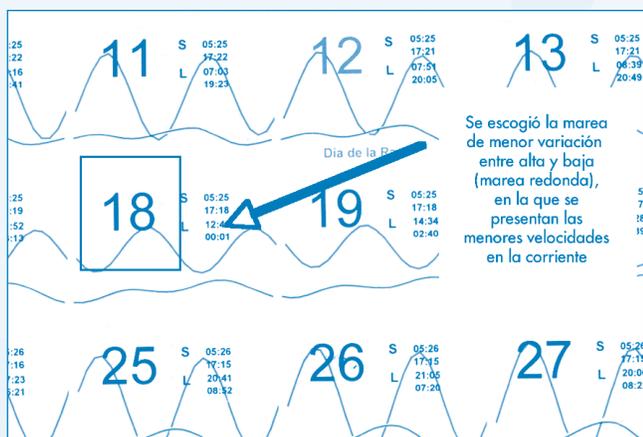


TABLA DE MAREAS

IV Hundimiento:
Secuencia teórica

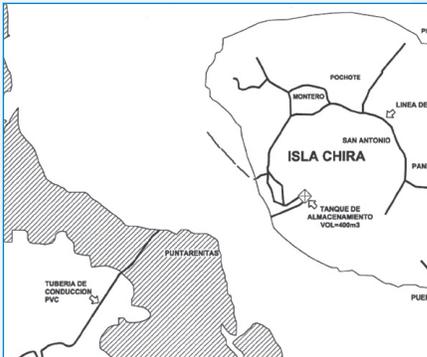
- Después de estudiar varias alternativas, se decidió que la tubería del tramo marino sería

armada en la costa de la isla, esto es: la tubería, que se compró en tramos de 12 metros, sería unida por termofusión y los anclajes colocados a la distancia apropiada según el diseño. Para que la tubería no se moviera en la costa, se amarraría a anclas en la superficie de la isla y se marcaría su ubicación para no causar problemas a los pescadores de la Isla. (Ver gráfica Secuencia 1).

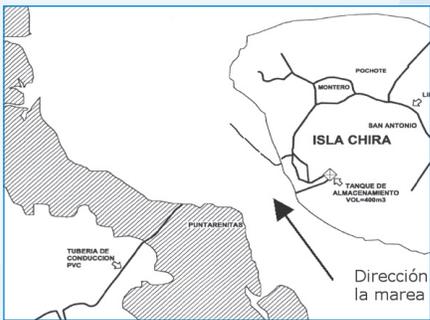
Uno de los extremos del tubo, ya armado, se ancló a la isla (Ver gráfica secuencia 2). La razón de fijarla a un punto en la isla, como se indicó, es como medida de precaución: en caso de que se presentara algún problema al remolcarla en el mar o se perdiera en control de la tubería y que fuera arrastrada mar adentro; el que estuviese anclada a la isla evitaría que, se perdiera en su totalidad.

Una vez armados los 1.200 metros, aproximadamente, de tubería con los bloques de anclaje, se procedió a instalar el sistema de flotación, que permitiría que la tubería flotara mientras se trasladaba al sitio de su instalación final.

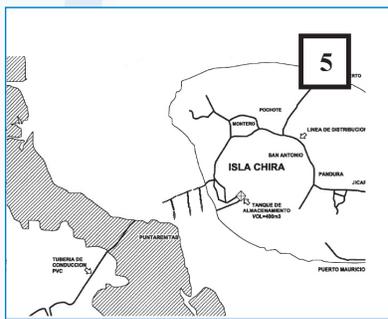
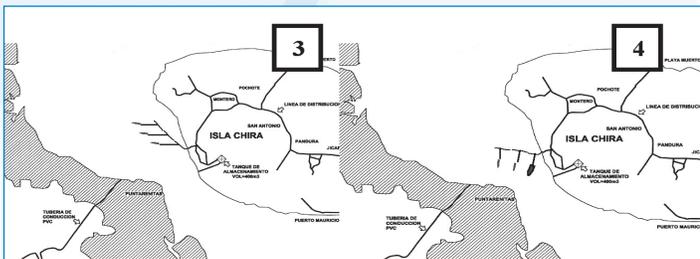
El sistema de flotación, como se indicó, consistió en amarrar estañones de 55 galones, cada dos anclajes, con un nudo falso y en grupos de 25 estañones. A efecto de contar con un factor de seguridad al momento de colocar la tubería y considerando los problemas que se pudieran presentar una vez instalada, la tubería se armó en un tramo mayor al requerido.



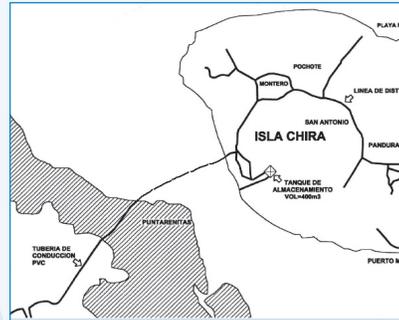
Secuencia 1



Secuencia 2



Secuencias 3, 4 y 5



Secuencia 6

- Una vez colocados todos los estañones a lo largo del tubo y contando con una marea adecuada, éste sería remolcado con los bloques y los estañones, flotando hasta la sección definida de previo, llevando el extremo hasta un sitio definido en el playón de tierra firme (Ver secuencias 3, 4 y 5).
- Una vez que la tubería y los anclajes se colocaran en la posición requerida, el sistema de flotación se eliminaría, deshaciendo el nudo falso y la tubería caería a reposar en el fondo marino (Ver secuencia 6).

Secuencia Real

La maniobra de hundimiento del tramo submarino se realizó el 14 de septiembre del 2001, fecha en que se presentó una marea con muy poca variación entre la marea alta y la baja (marea redonda), lo que implica que las corrientes que se presentan son de baja velocidad.

Además, se escogió para iniciar el traslado el momento en que se presenta la mitad de la marea alta, de tal forma que cuando la tubería

estuvo en su sitio de instalación, la marea estuviera en alta y se diera el punto de inflexión de mareas, en el cual las corrientes cambian, pasando por un momento de corriente cero.

El momento de corriente cero, sería justo cuando se procedería al desprendimiento de los flotadores y al hundimiento de la tubería. El movimiento de la tubería se realizó contra corriente para garantizar que toda la tubería estuviera a tensión y así poder contralor su movimiento.

Se había coordinado para que 60 lanchas, con motores entre 50 y 100 hp, nos acompañaran para colaborar en la maniobra. Sin embargo, a la hora del inició solo teníamos alrededor de 25 pangas y dos remolcadores. Con las lanchas disponibles se procedió al traslado de la tubería, principalmente con el

arrastre de los remolcadores hasta llegar a sitio de su instalación.

En la siguiente secuencia fotográfica se muestra la maniobra, que al final se ejecutó en el margen esperado, dejando el extremo libre sobre la playa de San Pablo, que quedaba descubierta al estar en marea baja.



Colocando el sistema para halar la tubería



Tapón y sistema de agarre en el extremo



Esperando la marea adecuada



Los preparativos en la Isla



Momento en el que se amarraba el tubo al remolque, justo antes de que se tuviera la marea deseada



Iniciaba el remolque de la tubería, con los remolcadores y las pangas de los isleños



Se tenía la tubería muy cerca del sitio de hundimiento



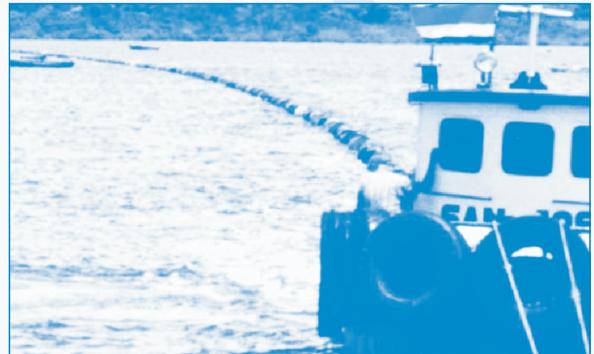
En este momento ya se había despegado la tubería de la playa y se lleva hasta el sitio el hundimiento



En este punto se había alcanzado la posición deseada. Nótese que la tubería estaba recta y el mar estaba calmo, pues se estaba muy cerca de la marea cero



Se muestra muy avanzado el proceso de remolque, llegando casi a la posición deseada



Inicio del hundimiento, En el extremo ya se notan los estaciones sueltas. EL proceso se demoró, pues uno de los nudos falsos se atoró



Como se puede apreciar en la foto, el proceso tardó más de lo planeado y la marea arrastró un poco la tubería.



Esta foto muestra el momento en que se desprendía uno de los tramos de flotadores.



En este momento ya se había hundido todo el tramo de tubería.

Aun con los problemas con el número de botes para remolcar, la tubería se llevó al punto definido en el momento de la marea cero. Sin embargo, se presentaron algunos problemas para soltar el primer y último tramo de estañones, por lo que el tiempo estimado para soltarlos todos se prolongó más de lo esperado.

A pesar de los problemas mencionados, el extremo libre de la tubería quedó en un punto del playón en el lado de San Pablo de Nandayure, que quedaba accesible en la marea baja. Se requirió colocar un tramo de aproximadamente 15 tubos para llegar a acoplar la tubería del tramo submarino con la tubería que se había instalado en la playa.

El agua llegó a la Isla en diciembre del 2001.

Referencias Bibliográficas

- Valverde Mora, Marco; Avilés Madrigal Eduardo. Informe geotécnico línea Isla de Chira. San José, Costa Rica: Instituto Costarricense de Electricidad, 1999.
- Benavides Cantillo, Luis; Vargas, Omar. Informe de diseño: Sistema de anclaje para el acueducto submarino de la Isla de Chira. San José, Costa Rica: Instituto Costarricense de Electricidad, 2001.
- Vega León, Mario. Informe de agresividad en los manglares. San José, Costa Rica: Instituto Costarricense de Electricidad, 2000.
- Rodríguez Madrigal, Rody. Informe de trabajos realizados en ruta de paso de tubería en agua potable para la Isla de Chira. San José, Costa Rica: Instituto Costarricense de Electricidad, 2000.
- American Concrete Institute. Building code requirements for structural concrete: ACI 318-95. [s.l.:s.n.], 1995.
- Peralta Ballester, José Ricardo; Espinoza Carvajal, Rolando. Informe de diseño de los bloques de anclaje para la tubería submarina de la Isla de Venado. San José, Costa Rica: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 1996.

Ambiente





RELACIÓN ENTRE LOS MACROINVERTEBRADOS BÉNTICOS Y LA CALIDAD DEL AGUA EN RÍOS DE COSTA RICA



Mariano Peinador Brolatto¹

RESUMEN

Los promedios del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, la demanda bioquímica de oxígeno, la concentración de nitratos, fósforo, turbiedad y la densidad de coliformes termotolerantes, provenientes de 46 puntos de muestreo, localizados en 33 ríos de Costa Rica se clasificaron en seis categorías de calidad del agua, utilizando el índice de la Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos (WQINSF). En esos mismos puntos de muestreo se realizaron 192 recolectas de organismos bénticos y se relacionaron, mediante pruebas estadísticas, con las seis categorías de calidad del agua.

Palabras clave: Índices biológicos, limnología, ríos de Costa Rica, índices de calidad del agua, macroinvertebrados bénticos.

Introducción

La interacción de sustancias, el número creciente de tóxicos en el agua y la presencia de compuestos en concentraciones por debajo de los umbrales de detección de los análisis químicos, es la razón por la cual hoy en día es inevitable acoplar los datos físicos y químicos con las informaciones biológicas (Morgan *et al.* 1981, Chapman 1992, Resh *et al.* 1996).

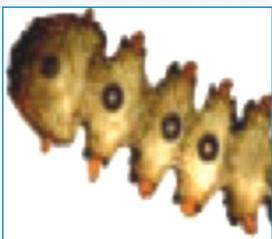
Desde finales del Siglo XIX se conoce que existe una relación muy estrecha entre los organismos acuáticos y su medio ambiente (Kolenati 1848, Cohn 1853, Patrick 1949,

Tabash 1989, Metcalfe 1989, Resh *et al.* 1996). Por este tipo de relación muchos organismos pueden ser utilizados como bioindicadores de la calidad del agua (Fjerdinostad 1964, Van Dam 1974, Streble y Krauter 1987, Metcalfe 1989, Brandimarte y Shimizu 1990, Mitchell y Stapp 1990, Roldán 1992, Resh *et al.* 1996, Roldán 2003).

Dentro de este grupo de organismos los más indicados son los macroinvertebrados bénticos (principalmente larvas de insectos) por su abundancia en casi todo tipo de hábitat acuáticos, su poca movilidad, fácil captura, fácil manipulación, tamaño relativamente

¹Licenciado en Biología con énfasis en Interpretación y Educación Ambiental. Unidad Ambiental SETENA, mpeinador@aya.go.cr

grande y especificidad de muchos de ellos con su medio ambiente (Chapman 1992) y ya desde 1952 (Gaufin y Tarzwell) se proponen a estos organismos como bioindicadores de contaminación del agua de corrientes continentales.



Actualmente existen más de 50 índices (Metcalf 1989, Roldán 1992, Resh *et al.* 1996) que utilizan organismos

bénticos como indicadores para determinar la calidad del agua de los ríos. Los más utilizados son: índice saprobio, índice biótico belga, índice de muestreo biológico (BMWP), índice biótico Trent, índice Chandler, índice biológico de la calidad global e índice biótico (Tabash 1988, Metcalfe 1989, Merritt y Cummins 1996, Roldán 2003).

Todos estos índices fueron desarrollados en Europa o Estados Unidos, utilizando no solo a los organismos indicadores que están presentes en los ríos de esas regiones, sino también las características de la estructura de sus comunidades. La distribución geográfica de muchas especies indicadoras de la zona templada no llega hasta Costa Rica y la estructura general de las comunidades de organismos dulceacuícolas no necesariamente es igual al encontrado en esas latitudes (Metcalf 1989, Chapman 1992, Roldán 1992).

El índice "Biological Monitoring Working Party" (BMWP) fue creado en Inglaterra en 1970, posteriormente en 1996 Zamora-Muñoz

y Alba-Tercedor lo adaptaron para España y Roldán (2003) lo adapta a Colombia. Actualmente se está trabajando en una nueva modificación al índice BMWP para utilizarlo como un índice biológico que determine rápidamente las condiciones de la calidad del agua en los ríos de Costa Rica. Esta modificación, a nivel general, funciona correctamente y puede ser correlacionada con el grado de contaminación orgánica existente en un curso de agua superficial. Sin embargo, la tarea no ha terminado ya que la modificación propuesta posee algunas omisiones de organismos y el nivel de identificación de los organismos es por familia, esto podría ocasionar algunos errores pues es conocido que existen organismos dentro de una misma familia e incluso género, que poseen diferente valor saprobio.



Pocos trabajos se han realizado para correlacionar los índices bióticos y las variables químicas, típicamente medidas, para determinar la contaminación de un curso de agua y aún persisten dudas al respecto. Woodwiss (1964) encontró una alta correlación entre los macroinvertebrados bénticos y varios



parámetros químicos de la contaminación en aguas de ríos, sin embargo Prat, y otros encontraron una baja correlación entre índices que utilizan variables químicas e índices que utilizan variables biológicas en un trabajo realizado en España.

El objetivo de este trabajo es correlacionar a los macroinvertebrados bénticos existentes en algunos ríos de Costa Rica, con algunas variables químicas que sean indicadoras de una determinada calidad del agua.

Material y métodos

Area de estudio: entre 1993 y 1997 se realizaron un total de 192 muestreos de organismos bénticos en 46 sitios de 33 ríos de Costa Rica.

Primeramente se seleccionaron los ríos a muestrear de manera que estos se ubicaran en

las diferentes zonas geográficas del país (Holdridge 1979), en ambas vertientes, con altitudes entre el nivel del mar y los 2400 msnm. Posteriormente se ubicaron en cada río uno o más sitios de muestreo que representaran diferentes grados de contaminación, desde puntos de muestreo situados en bosques naturales hasta puntos de muestreo situados en áreas urbanas (cuadro 1). Cada sitio de muestreo debía cumplir con los siguientes requisitos: al menos el 20% del ancho del río (sin importar su medida) debe tener una profundidad inferior a 1.5 m y debe haber al menos un área, claramente diferenciada, que tenga un tipo de sustrato diferente a lodo, sedimento, arena o vegetación periférica. De estos puntos de muestreo 16 se localizaron en ríos que abastecen Plantas de Tratamiento de Aguas para Consumo que son administradas por el A y A y 10 pertenecen a ríos que son utilizados como desfogue de Lagunas de Estabilización operadas por A y A.

CUADRO 1
NUMERO DE PUNTOS DE MUESTREO, SEGÚN LA ALTITUD,
PRECIPITACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL AREA DE UBICACION

Area	Urbana	Suburbana	Bosque	Precipitación	Altitud
Lluviosa Baja	2	2	5	> 2 000 mm	< 500 msnm
Lluviosa Media	4	5	2	> 2 000 mm	Entre 500 y 1 500 msnm
Lluviosa Alta	2	6	4	> 2 000 mm	> 1 500 msnm
Seca Baja	3	2	1	< 2 000 mm	< 500 msnm
Seca Media	2	5	1	< 2 000 mm	Entre 500 y 1 500 msnm

Recolección de datos: de los 46 sitios de muestreo, 35 tienen un historial de datos físicos, químicos y microbiológicos de cinco años y 11 sitios de un año. Todos estos datos fueron recolectados y analizados según la metodología descrita en el Standard Methods (APHA *et al.* 1992).

Para la recolección de los organismos acuáticos se utilizó: una red Surber, una red en forma rectangular de 40cm X 28cm y otra en forma triangular de 26cm X 22cm X 22cm (ambas con malla de 500 μ m), una red de captura de 15cm x 12cm (con malla de 350 μ m) y una draga tipo Ekman.

Para unificar la metodología a seguir en cada sitio de muestreo, se seleccionaron previamente los tipos de sustrato sobre los que se iba a muestrear: lodo, sedimento o arena, piedras menores a 5cm aproximadamente y arena, piedras de 5cm a 20 cm aproximadamente, piedras mayores a 20cm, hojarasca, sustratos de origen vegetal (vivo o muerto) sumergido o semi sumergido, bordes verticales de rocas de 1m o más, piedras salpicadas por el agua y cuevas o formaciones similares. Además de la variable "sustrato" se tomó en cuenta la velocidad de la corriente (menor a 15cm/s o mayor o igual que esta). Para cada combinación de las dos variables mencionadas se recolectó una muestra. Según las características del lugar de muestreo, se utilizaron varios de los instrumentos citados, siguiendo la metodología general sobre la utilización de

equipos, descrita por Roldán 1988, Chapman 1992, Roldán 1992.

Para realizar el muestreo se asignó a cada microhabitat encontrado un valor porcentual de acuerdo al área cubierta que ocupaba.

Posteriormente se tomó como promedio media hora como el tiempo total de muestreo. Para la asignación de este tiempo de muestreo se valoró lo que recolecté en cinco sitios diferentes (con un historial previo de recolectas) en diferentes tiempos y se tomó como base el tiempo a partir del cual todo lo que se recolectaba era repetitivo. En 21 muestreos posteriores a este ensayo se siguió valorando el tiempo hasta definir que media hora era suficiente. Posteriormente se dividió ese tiempo entre los diferentes microhabitats. De esta manera, a cada uno le correspondió un tiempo de muestreo proporcional al valor porcentual que se le asignó a cada microhabitat, de acuerdo con el área de cobertura que poseía. Por lo tanto el número total de muestras que se recolectó y el tiempo empleado para muestrear los diferentes lugares varió dependiendo del número de microhabitats que existían en cada lugar. Tanto el número total de muestras como el tiempo de muestreo no variaron en los diferentes muestreos realizados para un mismo sitio de muestreo.

Los diferentes microhabitats se muestrean sin ningún orden en especial, lo único que se debe tomar en cuenta es no causar ninguna alteración de un microhabitat al estar muestreando otro.

Proceso de las muestras: Las muestras recolectadas se procesaron en el campo independientemente una de otra, para poder distinguir a los organismos según fuera el tipo de sustrato y la velocidad de la corriente (medida con un molinete electrónico modelo 2031H de General Oceanics Inc. con propela para alta o baja velocidad). La muestra de bentos se colocó en una bandeja de fondo blanco con un poco de agua y luego se recolectaron los macroinvertebrados a simple vista; posteriormente se realizó una segunda recolección utilizando una lupa manual de 6X de aumento. Las muestras que tenían mucho sedimento fino se lavaron en un pascón de 500 μm previamente a la separación de los organismos. Los organismos fueron preservados en etanol de 70°.

En los casos en que por diversos motivos no se pudo realizar la separación de los organismos en el campo, se transportó la muestra al laboratorio en alcohol de 90o y se separaron los organismos preservados con ayuda de un estereoscopio.

La identificación taxonómica se realizó utilizando las siguientes claves: Merritt y Cummins 1990, Roldán 1988, Domínguez *et al.* 1992, Rojas *et al.* 1993, Flowers en prep., Ospina en prep., Springer y Hanson en prep.).

Categorización de la Calidad del Agua: Para realizar la valoración de los ríos se utilizó, para cada sitio de muestreo, los datos físicos, químicos y de coliformes termotolerantes

tomados durante los años comprendidos en este trabajo. Teniendo un período de tiempo prudencial y varias muestras para cada punto se pudieron utilizar los promedios para cada variable y disminuir de esta manera la puntualidad en el tiempo de la metodología. Después de obtenidos estos promedios se utilizó el índice de calidad del agua National Foundation Water Quality Index (WQI), de Mitchell y Stapp (1990), el cual, mediante las curvas de influencia que poseen los coliformes termotolerantes, la demanda bioquímica de oxígeno, el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, los nitratos, el fósforo total y la turbiedad sobre la calidad del agua, da un valor asociado con el grado de contaminación existente (Mitchell y Stapp 1990, Wargasasmitta 1990). De acuerdo con los valores del WQI que se obtuvo para cada sitio, se agruparon los sitios de muestreo en seis categorías de contaminación, correspondiendo la primera a los más contaminados y la última a los de aguas más limpias. En estas seis categorías quedan excluidas las aguas con altísima contaminación, definidas como polisaprobias (Streble y Krauter 1987) ya que, además de microorganismos, únicamente se podría encontrar en algunos casos Tubifex y las aguas muy limpias, como las aguas en nacientes o manantiales, por su relativamente escasa macrofauna. Por último se asociaron a los organismos recolectados en los muestreos con esas categorías de calidad del agua para lo cual se utilizó la prueba de Kolmogorov – Smirnov, así, se determinó si existía diferencia entre la distribución acumulada observada y

la distribución acumulada esperada, suponiendo para este fin que la distribución esperada fuera uniforme en las calidades de agua contempladas, de manera que pudiera determinarse algún tipo de preferencia o relación entre la presencia de cada taxón y su abundancia relativa con alguno de los dos grupos de calidad del agua.

Las muestras representativas de los organismos recolectados se encuentran en el Museo de Zoología, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.

Resultados

Categorías de calidad del agua: Las categorías de calidad del agua resultantes del análisis de los datos son:

Categoría #1: Aguas muy contaminadas con predominancia de procesos anaerobios (procesos reductores), porcentaje de saturación de oxígeno disuelto menores o cercanas al 30%, DBO mayor de 100mg/l, nitratos en concentraciones muy altas (puede variar dependiendo del tipo de contaminación), fósforo total con concentraciones mayores o cercanas a 1.5mg/l, aguas muy turbias (mayor de 250 NTU) y coliformes termotolerantes en densidades del orden de 10^6 (pueden variar mucho si la contaminación es debida a mieles de café o similares). Pertenecen a este tipo de aguas los puntos de los ríos que reciben descargas considerables de aguas residuales de origen doméstico o agroindustriales, no tratadas o en etapas tempranas de estabilización.

Categoría #2: Aguas con mucha contaminación pero con períodos cortos de anaerobiosis (generalmente durante horas de la noche), porcentajes de saturación de oxígeno disuelto cercanos al 40%, DBO mayor de 20mg/l, nitratos (varía según tipo de contaminación) y fósforo total (alrededor de 1mg/l) aún en concentraciones altas, aguas muy turbias (mayor a 100 NTU), coliformes termotolerantes por lo general en densidades de 10^5 o más (dependiendo del tipo de contaminación). Este tipo de aguas se separa de la categoría anterior básicamente por la dominancia de procesos de oxidación disminución de la DBO y aumento en la concentración de oxígeno disuelto. Son aguas de este tipo la de los ríos que transportan gran cantidad de aguas residuales, de origen doméstico o agroindustrial, en etapas intermedias de estabilización.

Categoría #3: Aguas que aunque están aún muy contaminadas no presentan períodos de anaerobiosis (salvo en pocas ocasiones durante la noche), el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto se encuentra entre 50% y 60%, DBO en alta concentración pero menor a 20mg/l, alta concentración de nitratos, fósforo total varía, aguas aún turbias y alta densidad de coliformes termotolerantes en caso de contaminación con materia fecal. En esta categoría se encuentran las aguas de los ríos que transportan aguas residuales de origen doméstico o agroindustrial en etapas avanzadas de estabilización, por lo cual predominan los nitratos en relación con otras formas de nitrógeno.

Categoría #4: Aguas con contaminación de moderada a un poco alta; porcentaje de saturación de oxígeno disuelto alrededor del 70%, DBO entre 2mg/l y 3mg/l, aguas aún turbias pero pueden haber períodos de tiempo en que la turbiedad baja dando la apariencia de aguas limpias. Otras variables con valores intermedios. Aguas típicas de ríos que pasan por zonas suburbanas.

Categoría #5: Aguas con leve contaminación; con valores de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto altos (mayores a 70%), DBO entre 1mg/l y 2mg/l, fósforo total y nitratos en concentraciones de intermedias a bajas, por lo general poco turbias, coliformes

termotolerantes en densidades alrededor de 100 UFC/100ml. (en caso de contaminación con materia fecal).

Categoría #6: Aguas limpias; generalmente sobresaturadas de oxígeno disuelto o cercanas a este punto, DBO menor a 1mg/l, nitratos y fósforo total en concentraciones bajas, aguas siempre claras, coliformes termotolerantes en densidades bajas o ausentes.

Los ámbitos del índice de calidad del agua (WQINF) para cada categoría de calidad del agua (cuadros 2 y 3) son: de 1.24 a 15, de 15.1 a 25, de 25.1 a 35, de 35.1 a 45, de 45.1 a 59 y de 59 a 70.9 (categorías del 1 al 6 respectivamente).

CUADRO 2
PROMEDIO DE LA CONCENTRACION DE LAS VARIABLES DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO

PUNTO DE MUESTREO *	DBO mg/l	PORCENTAJE DE SATURACION OD **	NITRATOS mg/l	FOSFORO TOTAL mg/l	TURBIEDAD NTU	UFC/100ml ***
LIBERIA (DE)	154.0	3.0	9.40	1.45	> 100	15 X 10 ⁶
TARCOLES (A)	127.0	31.0	10.70	1.93	> 100	15X10 ⁵
TARCOLES (B)	111.0	27.0	11.00	1.87	> 100	15 X 10 ⁵
VIRILLA	31.9	48.0	6.40	0.62	> 100	110 000
TIRIBI (SUC)	27.1	54.0	6.80	0.48	> 100	90 000
LIBERIA (AB)	25.1	34.5	7.94	1.03	> 100	130 000
GRANDE (AB)	27.7	50.0	2.70	0.88	> 100	90 000
DIRIA (AB)	21.7	55.0	8.90	0.40	> 100	90 000
PALMA (AB)	18.0	59.0	4.50	0.45	> 100	24 000
LIBERIA (AR)	11.3	53.0	0.27	0.27	68	10 000
PALMA (AR)	7.8	60.0	4.30	0.40	49	4 300
CAÑAS (AB)	8.2	52.0	0.94	0.61	> 100	10 000
PURRAL	7.9	52.5	6.70	0.35	> 100	93 000

viene de la página 40

PUNTO DE MUESTREO *	DBO mg/l	PORCENTAJE DE SATURACION OD **	NITRATOS mg/l	FOSFORO TOTAL mg/l	TURBIEDAD NTU	UFC/100ml ***
GRANDE (AR)	6.4	60.0	0.90	3.80	> 100	9 300
MACHO	6.9	61.0	6.75	0.35	> 100	9 300
CAÑAS (AR)	2.2	70.0	0.33	0.24	> 100	1 000
DIRIA (AR)	2.7	69.0	0.90	0.50	88	430
JABONCILLAL	2.0	66.0	1.30	0.47	93	430
POAS	2.2	69.0	1.70	0.31	82	4 300
TIRIBI (LIM)	2.0	73.0	3.30	0.04	51	30 000
TIRIBI (TOM)	2.0	73.0	3.70	0.06	> 100	990
TIRIBI (ICE)	2.7	65.0	2.40	0.07	85	4 300
LIMON (PUE)	1.7	70.0	4.60	0.15	96	4 300
LIMON (PRO)	2.9	70.0	6.00	0.11	> 100	430
LIMON (TOM)	1.8	81.5	12.00	0.11	> 100	430
TIRIBI (PUE)	2.0	67.5	6.00	0.83	68	93
SARDINAL	1.2	79.0	0.23	0.00	25	930
AGUA CALIENTE 1	1.1	> 100	2.70	0.23	36	930
CUARTO	1.4	> 100	0.05	0.01	38	11 000
SAN CARLOS	1.9	> 100	6.30	0.51	11	430
URUCA	1.8	70.0	0.07	0.30	23	230
Mª AGUILAR	1.3	80.0	3.90	0.11	28	930
CAÑO GRANDE	1.9	71.5	0.21	0.06	17	930
SAN RAFAEL	2.1	75.6	2.60	0.30	25	230
CAÑO NEGRO	1.3	85.0	0.07	0.21	8	93
SARAY	1.1	89.0	0.01	0.01	13	9 300
AGUA CALIENTE 2	1.2	91.0	0.01	0.00	6	230
BALZAR	1.2	> 100	0.06	0.11	17	150
VARA BLANCA	< 1	> 100	0.83	0.01	3	93
AGUAS GATAS	< 1	96.0	0.03	0.17	5	240
PIEDRA NEGRA	< 1	96.0	0.02	0.07	3	230
QUEBRADA	< 1	96.0	0.01	0.11	11	93
TAPANTI	< 1	98.0	0.01	0.00	2	91
GUAYABO	< 1	96.0	0.00	0.00	3	93
HULE	< 1	> 100	0.01	0.01	3	NEGATIVO
CEIBA	< 1	> 100	0.03	0.00	2	NEGATIVO

* Los puntos de muestreo que pertenecen a un mismo río los indico entre paréntesis mediante letras

** Oxígeno disuelto

*** Coliformes termotolerantes unidades formadoras de colonias

CUADRO 3
VALOR DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (WQINF) Y CATEGORIA DE CALIDAD DEL AGUA ASIGNADA A CADA PUNTO DE MUESTREO**

RIO PUNTO DE MUESTREO*	WQINF**	CATEGORIA DE CALIDAD DEL AGUA
LIBERIA (DE)	13	1
TARCOLES (A)	12	1
TARCOLES (B)	12	1
VIRILLA	19	2
TIRIBI (SUC)	21	2
LIBERIA (AB)	15	2
GRANDE (AB)	22	2
DIRIA (AB)	22	2
PALMA (AB)	26	3
LIBERIA (AR)	33	3
PALMA (AR)	33	3
CAÑAS (AB)	28	3
PURRAL	26	3
GRANDE (AR)	27	3
MACHO	30	3
CAÑAS (AR)	43	4
DIRIA (AR)	42	4
JABONCILLAL	42	4
POAS	42	4
TIRIBI (LIM)	44	4
TIRIBI (TOM)	44	4
TIRIBI (ICE)	42	4
LIMON (PUE)	43	4
LIMON (PRO)	42	4
LIMON (TOM)	44	4
TIRIBI (PUE)	42	4
SARDINAL	52	5
AGUA CALIENTE 1	51	5
CUARTO	52	5
SAN CARLOS	49	5

viene de la página 42

RIO PUNTO DE MUESTREO*	WQINF**	CATEGORIA DE CALIDAD DEL AGUA
URUCA	50	5
Mª AGUILAR	50	5
CAÑO GRANDE	51	5
SAN RAFAEL	50	5
CAÑO NEGRO	58	5
SARAY	53	5
AGUA CALIENTE 2	58	5
BALZAR	59	5
VARA BLANCA	61	6
AGUAS GATAS	60	6
PIEDRA NEGRA	60	6
QUEBRADA	61	6
TAPANTI	62	6
GUAYABO	62	6
HULE	71	6
CEIBA	71	6

*Los puntos de muestreo que pertenecen a un mismo río los indico entre paréntesis mediante letras

** Water Quality Index National Fundation

Especificidad de los macroinvertebrados con el medio: Se encontró relación (Kolmogorov – Smirnov) entre un organismo y alguna de las categorías de calidad del agua para 47 géneros, dos subfamilias y 9 familias (cuadro 4).

CUADRO 4
RELACION ENCONTRADA ENTRE CADA TAXON Y LAS
CATEGORIAS DE CALIDAD DEL AGUA

EPHEMEROPTERA	
Baetidae: <i>cf. Baetis</i>	4 ocasionalmente encontrados en 3, pueden estar en 5 pero no en densidades mayores a 30
Baetidae: <i>Baetodes</i>	5
Baetidae: <i>Camelobaetidius</i>	5
Baetidae: <i>Moribaetis</i>	5
Caenidae: <i>Caenis</i>	4
Leptohyphidae: <i>Leptohyphes</i>	4
Leptohyphidae: <i>Tricorythodes</i>	4
Leptophlebiidae: <i>Farrodes</i>	6

viene de la página 43

EPHEMEROPTERA	
Leptophlebiidae: <i>Thraulodes</i>	5
PLECOPTERA	
Perlidae: <i>Anacroneuria</i>	6
HEMIPTERA	
Naucoridae: <i>Limnocoris</i>	5
Nepidae: <i>Ranatra</i>	4
Pleidae: <i>Paraplea</i>	6
MEGALOPTERA	
Corydalidae: <i>Corydalis</i>	5
COLEOPTERA	
Hydrophilidae	2
Psephenidae	5
Ptilodactylidae: <i>Anchytarsus</i>	5 cuando se encuentra en densidades mayores a 5
TRICHOPTERA	
Calamoceratidae: <i>Phylloicus</i>	6
Glossosomatidae: <i>Culoptila</i>	5
Glossosomatidae: <i>Protoptila</i>	5
Helicopsychidae: <i>Helicopsyche</i>	5
Hydrobiosidae: <i>Atopsyche</i>	5
Hydropsychidae: <i>Leptonema</i>	4 cuando se encuentra en densidades mayores a 20, en densidades menores puede ser 5
Hydropsychidae: <i>Smicridea</i>	5
Hydroptilidae: <i>Hydroptila</i>	5
Hydroptilidae: <i>Ochrotrichia</i>	5
Hydroptilidae: <i>Rhyacopsyche</i>	6
Hydroptilidae: <i>Oxyethira</i>	5
Lepidostomatidae: <i>Lepidostoma</i>	4 ó 5
Leptoceridae: <i>Nectopsyche</i>	5 en densidades menores a 3 puede ser 4
Leptoceridae: <i>Oecetis</i>	5
Philopotamidae: <i>Chiamarra</i>	5 en densidades menores a 3 puede ser 4
Polycentropodidae: <i>Polycentropus</i>	4 ó 5
Xiphocentronidae: <i>Xiphocentron</i>	5
DIPTERA	
Blephariceridae	5 ó 6
Ceratopogonidae: <i>Atrichopogon</i>	4
Ceratopogonidae: <i>Probezzia</i>	4
Chironomidae: <i>Chironomini</i>	2 si está con densidades mayores a 30

viene de la página 44

EPHEMEROPTERA	
Chironomidae: <i>Orthocladiinae</i>	4 si está con densidades mayores a 30
Dixidae: <i>Dixella</i>	4
Empididae: <i>Chelifera</i>	4
Empididae: <i>Hemerodromia</i>	4
Ephydriidae	4
Muscidae	3
Psychodidae: <i>Clognia</i>	4
Psychodidae: <i>Maruina</i>	4
Psychodidae: <i>Pericoma</i>	3
Psychodidae: cf. <i>Psychoda</i>	4
Simuliidae	4 cuando está en densidades mayores a 30
Tipulidae: <i>Hexatoma</i>	4
Tipulidae: <i>Molophilus</i>	4
Tipulidae: <i>Tipula</i>	4
Stratiomyidae	4
Syrphidae	1 ó 2
OLIGOCHAETA	
Tubificidae: <i>Tubifex</i>	1 ó 2 cuando está en densidades mayores a 30
HIRUDINEA	
	3

No todos los organismos que se recolectaron durante los muestreos se pudieron correlacionar con alguna de las seis categorías de calidad del agua, esto ocurrió en el caso de 29 géneros y 13 familias (cuadro 5).

CUADRO 5
ORGANISMOS RECOLECTADOS PARA LOS CUALES NO SE ENCONTRO
RELACION CON ALGUN TIPO ESPECIFICO DE CALIDAD DEL AGUA

FAMILIA	GENERO
BIVALVIA	
Sphaeriidae	-
COLEOPTERA	
Chrysomelidae	-
Dytiscidae	-
Elmidae	-
Gyrinidae	-
Lampyridae	-
Staphylinidae	-

viene de la página 45

FAMILIA	GENERO
BIVALVIA	
Sphaeriidae	-
COLEOPTERA	
Chrysomelidae	-
Dytiscidae	-
Elmidae	-
Gyrinidae	-
Lampyridae	-
Staphylinidae	-
DIPTERA	
Culicidae	<i>Culex</i>
Tabanidae	-
HEMIPTERA	
Belastomatidae	<i>Belastoma</i>
Corixidae	-
Gerridae	-
Gelastocoridae	<i>Gelastocoris</i>
Hydrometridae	-
Mesovelliidae	<i>Mesovelgia</i>
Naucoridae	<i>Chryphocricos</i>
Naucoridae	<i>Heliocoris</i>
Notonectidae	<i>Buenoa</i>
Notonectidae	<i>Notonecta</i>
Velliidae	<i>Rhagovelgia</i>
LEPIDOPTERA	
Pyralidae	-
ODONATA	
Aeshnidae	<i>Aeshna</i>
Aeshnidae	<i>Anax</i>
Gomphidae	<i>Progomphus</i>
Gomphidae	<i>Phyllogomphoides</i>
Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>
Coenagrionidae	<i>Acanthagrion</i>
Coenagrionidae	<i>Argia</i>
Lestidae	<i>Lestes</i>
Libellulidae	<i>Dythemis</i>
Libellulidae	<i>Erithemis</i>
Libellulidae	<i>Macrothemis</i>

viene de la página 46

FAMILIA	GENERO
Libellulidae	<i>Orthemis</i>
Libellulidae	<i>Pantala</i>
Libellulidae	<i>Sympetrum</i>
Polythoridae	-
PLATELMINTES	
Planariidae	<i>Dugesia</i>
TRICHOPTERA	
Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>
Hydroptilidae	<i>Alisotrichia</i>
Hydroptilidae	<i>Leucotrichia</i>
Hydroptilidae	<i>Zumatrichia</i>
Philopotamidae	<i>Wormalia</i>

Discusión

Las características para cada categoría son solamente las que se midieron sin embargo, es posible que muchas otras estén influyendo en la relación encontrada entre un taxón y una categoría específica de calidad del agua.

Existen excepciones para clasificar algunos ríos utilizando las características dadas para cada categoría, por ejemplo algunas quebradas tienen naturalmente alto contenido de fósforo y baja concentración de oxígeno disuelto y no están contaminadas (A. Ramírez com. Per.). En estos casos la relación que se obtenga entre los organismos y una determinada calidad del agua podría variar.

La calidad del agua, según la metodología seguida para obtener el WQI (Mitchell y Stapp 1990), teóricamente podría tomar cualquier valor entre 1.24 y 70.9. En la práctica esto no se cumple y más bien se comporta de manera

asimétrica. Esto se debe principalmente a las siguientes dos razones: la sensibilidad de los métodos utilizados para medir las variables (la DBO, la temperatura y el oxígeno disuelto se miden únicamente con un decimal y los coliformes termotolerantes en números aproximados, número más probable y en ocasiones muy repetitivos y la interdependencia que existe entre las variables utilizadas. Así cabría esperar que si una o dos variables suben o bajan su concentración, las demás lo hagan también en la misma dirección. Esta asimetría permite distinguir más claramente entre las seis categorías de calidad del agua y establecer los ámbitos de cada una de ellas.

Cabría pensar, según los datos que se presentan en los cuadros 2 y 3, que es posible hacer un número mayor de categorías de calidad del agua o una curva continua. La razón por la cual esto no fue posible se debe a que para correlacionar a los organismos con alguna de las categorías de calidad del

agua, el nivel taxonómico que se utilizó en este trabajo no permite encontrar un mayor grado de especificidad entre los macroinvertebrados y las características del medio. Además debía existir un impacto real sobre los organismos que diferenciara claramente las seis categorías, estas son: la categoría uno se diferencia por la predominancia de procesos anaeróbicos y la constante turbiedad del agua, la categoría dos se diferencia de la anterior en que predominan los procesos aeróbicos y la anaerobiosis se da por períodos cortos de tiempo (generalmente durante algunas horas de la noche y principalmente durante la época seca), cabe destacar que esos procesos de anaerobiosis no necesariamente ocurren en todo el lecho del río, pues dependen en mucho de la profundidad del agua en un determinado punto. La categoría tres solo presenta periodos de anaerobiosis muy esporádicamente y por períodos muy cortos, la categoría cuatro nunca presenta períodos de anaerobiosis pero el oxígeno disuelto se encuentra en bajas concentraciones por lo que los organismos deben poseer adaptaciones estructurales o de comportamiento que les permitan vivir en ese medio. La categoría cinco posee altas concentraciones de oxígeno disuelto y son aguas generalmente claras y finalmente, la categoría seis presenta aguas siempre claras y sobresaturadas de oxígeno disuelto.

La anterior descripción de los factores impactantes en un medio para las seis categorías se refieren básicamente al oxígeno disuelto presente sin embargo, existen otras características que condicionan la vida en

determinados cuerpos de agua y estas se refieren al tipo de alimentación que posean los organismos y a su estrategia reproductiva, por ejemplo, un organismo filtrador no puede vivir en un medio con mucha materia orgánica particulada en el agua, pues sus estructuras filtradoras se obstruirían y no lo podrían hacer en aguas con muy poca materia orgánica particulada pues no podrían sobrevivir ante la escasez de alimento, así mismo, si un organismo se reproduce depositando sus huevos en el fondo de un río no podría tener éxito en lugares deposicionales ya que los sedimentos enterrarían los huevos y estos morirían.

Muchos organismos no mostraron correlación significativa con alguna de las categorías de calidad del agua utilizadas, esto puede deberse a que los organismos recolectados de un género en particular fueron muy pocos, porque son organismos generalistas o porque para un mismo género hay varias especies con diferentes preferencias de calidad del agua y el nivel taxonómico utilizado no me permitió detectar estas diferencias.

Un género puede contener especies adaptadas a vivir solamente en aguas muy limpias, otras adaptadas a tolerar aguas muy contaminadas y especies generalistas que viven en casi todo tipo de aguas (Resh y Unzicker 1975, Metcalfe 1989, Alvarez y Springer 1996, Resh *et al.* 1996).

Uno de los grandes problemas que pueden interferir con el resultado de este trabajo es el muestreo de los organismos. Los muestreos

cuantitativos son muy lentos y tediosos; además, requieren de un personal más capacitado, lo que sería una desventaja ya que limitan su utilización y son más susceptibles a los errores por orientarse a conocer un número de organismos por área (Elliott 1983, Palmer y Strayer 1996). Por estas razones se seleccionó un muestreo semicuantitativo. Este tipo de muestreo permite conocer si en un lugar dado, un taxón determinado está representado por muy pocos individuos, pocos, muchos o muchísimos sin pretender conocer el número exacto por área. Estos conceptos son relativos por lo que fue necesario realizar una división de clases de abundancia con valores numéricos específicos, pero con un ámbito lo suficientemente grande para evitar cometer errores por la inexactitud de los muestreos semicuantitativos.

Para determinar el número de clases de abundancia y el valor numérico de cada ámbito se tomaron en cuenta principalmente dos factores. El primer factor es, que en Costa Rica no es raro encontrar, durante un muestreo, un género con solo un representante y este representante puede ser significativo y asociado con alguna de las categorías de calidad del agua. El segundo factor es, que los conceptos relativos de abundancia, que se mencionan arriba, varían de un organismo a otro, ya que, para un organismo o grupo de organismos, como muchos quironómidos o efemerópteros, la presencia de 20 individuos representa al concepto pocos y para otros grupos como muchos tricópteros, este mismo número de individuos, representa al concepto muchísimos.

Para contemplar a todos los taxa, para los cuales se encontró una relación significativa con algún tipo de calidad del agua, se incluyeron las clases de abundancia <3 , de 4 a 5 y de 6 a 10 para los poco abundantes y 11 a 30, 31 a 100 Y más de 100 para los abundantes. La división de las clases de abundancia inferiores a 10 organismos pareciera muy subjetiva, ya que su ámbito es muy estrecho, sin embargo existen varios casos que justifican la necesidad de incluirlas. El primero de ellos se refiere al hecho de que varios taxa son poco abundantes y frecuentemente se encuentra uno o dos individuos durante un muestreo, los cuales, son significativamente relacionados con una calidad de agua específica. Para este tipo de taxa encontrar cuatro o cinco organismos es poco usual y encontrar más de cinco o seis es raro. Un ejemplo de este tipo de taxa (según los datos obtenidos) es *Rhyacopsyche* (Hydroptilidae: *trichoptera*).

Otro caso es que para algunos taxa medianamente abundantes (con base en los resultados obtenidos), como *Caenis* (Caenidae: *ephemeroptera*), la presencia de uno o dos organismos puede considerarse accidental o no relacionada con alguna calidad de agua específica pero la presencia de cuatro o cinco organismos sí puede ser significativa. El tercer caso se refiere a taxa que son muy abundantes en ciertas calidades de agua, para estos taxones como los quironómidos, encontrar diez organismos no es significativo. El último caso se refiere a los taxa, como *Thraulodes* (Leptophlebiidae: *ephemeroptera*), para los cuales existe diferencia entre encontrar

menos de tres organismos en áreas de corriente o la misma cantidad de organismos en áreas sin corriente (según los resultados obtenidos).

Para poder correlacionar a los organismos con una calidad de agua determinada lo importante del muestreo es efectuarlo minuciosamente de manera que los macroinvertebrados recolectados sean representativos del lugar (incluyendo a los taxa menos abundantes). Por lo tanto, el tiempo de muestreo dependerá en última instancia de la experiencia de la persona o personas que lo realicen. Si el tiempo empleado en muestrear los diferentes sustratos o microhábitats se realiza proporcionalmente a su área de cobertura, no se alterará el resultado final del trabajo pues, cada organismo posee un valor independientemente del que posee otro organismo. En algunos ríos muy uniformes se encuentran únicamente tres o cuatro tipos de sustrato diferentes por lo cual, el tiempo de muestreo que se dedica a un tipo de sustrato, es mayor que el que se emplearía, para el mismo sustrato, si existiese un número mayor. Este hecho no afecta el resultado de un trabajo ya que, a partir de cierta cantidad de organismos recolectados de un mismo taxón, el valor numérico asignado a él no cambia. Teóricamente el hecho de muestrear un tipo de sustrato durante mucho tiempo, aumentaría la probabilidad de encontrar organismos poco abundantes, aunque esto es cierto, se consideró (por medio de los ensayos descritos anteriormente) que el tiempo de muestreo de media hora era

suficiente para recolectar aún a los taxa poco abundantes. Por otro lado, al muestrear los diferentes hábitats durante un tiempo proporcional a su cobertura, se estaría incurriendo en un error ya que, los hábitats más abundantes se muestrean por un tiempo mayor y estos no necesariamente son los más importantes para los macroinvertebrados, sin embargo, el hecho de muestrear un sitio por espacio de media hora elimina ese error. El hecho de asignar un tiempo a cada hábitat es proporcional a su número, por lo tanto, en sitios donde existen muchos hábitats el tiempo asignado a los sustratos más abundantes es menor, que en aquellos en que existan pocos hábitats, sin embargo, el tiempo asignado a los sustratos poco abundantes siempre fue suficiente para recolectar a los macroinvertebrados asociados a ellos, para comprobar lo anterior, con respecto a los resultados que se obtienen del muestreo, se realizaron recolectas de cuatro horas de duración en siete de los sitios de muestreo (ubicados en cinco ríos) y aunque el número de individuos de la mayoría de los taxa recolectados aumentó, en todos los casos el resultado fue proporcionalmente el mismo que el que se obtuvo con muestreos de media hora.

Si dos o más personas realizan un muestreo, el tiempo total empleado en el muestreo disminuye ya que la suma de los tiempos empleados por cada persona debe ser el mismo que el que emplearía una sola persona. Cabe recordar que para poder comparar sitios diferentes o muestreos en un mismo sitio, la metodología por emplear debe ser siempre la misma.

Siempre que sea posible, es recomendable realizar la separación de los macroinvertebrados vivos en el campo ya que, el tiempo empleado es menor que si se realiza la separación en el laboratorio con los organismos preservados. Existen varias formas de realizar la separación de los macroinvertebrados vivos y dependerá de las preferencias y habilidades personales de cada quien. En este caso se utilizó una lupa manual de 6X de aumento pero esto depende de la visión que tenga la persona. Si la separación se realiza en el laboratorio con la muestra preservada es necesario utilizar un estereoscopio ya que muchos invertebrados pierden el color y es difícil distinguirlos. Este tipo de metodología podría conducir a recolectar de la muestra un mayor número de individuos de menor tamaño e incluso podrían recolectarse un número mayor de taxa que si se realiza la separación en el campo. Esto no afecta el resultado ya que la mayoría de los macroinvertebrados utilizados en este trabajo, son fáciles de separar a simple vista cuando están vivos y por lo tanto no hay diferencia, o esta es mínima, como para afectar los resultados obtenidos entre las dos metodologías. Muchos de los taxa más pequeños no son incluidos en este trabajo y la amplitud de el ámbito de las clases de abundancia, de los pocos incluidos, hacen que la probabilidad de error sea muy baja si se utiliza una u otra metodología. No importa la forma que se utilice sino más bien, el hecho de realizar en forma eficiente la recolección de los macroinvertebrados de la muestra.

La utilización de los diferentes equipos de muestreo ya mencionados o el uso de mallas

de poro más fino o más grueso al descrito si podría afectar el resultado, ya que cada equipo tiene su eficiencia de recolecta sobre los diferentes grupos de macroinvertebrados y según sea el tipo de sustrato, la profundidad y la velocidad de la corriente. No se realizó ningún ensayo que pueda aseverar o rechazar esta influencia.

Los problemas de un mal muestreo se reflejan típicamente en la diferenciación de las categorías tres y cuatro. Esto ocurre porque en los lugares con contaminación de moderada a alta, pero que no presentan períodos de anaerobiósisis, como las categorías tres y cuatro, hay muchos géneros principalmente de dípteros que están presentes en gran número. Esto puede influir, sobre todo en personas con poca experiencia, para que los géneros con un menor número de individuos no sean recolectados o estén mal representados en la muestra. Existe el inconveniente de que los macroinvertebrados poco abundantes son precisamente los que marcan la diferencia entre las categorías 3 y 4 ya que los más abundantes están presentes en ambas categorías.

Igualmente que para la diferenciación de las categorías 3 y 4 puede ocurrir que, por un mal muestreo, se presenten problemas en la diferenciación de las categorías cinco y seis ya que varios de los géneros que diferencian estas dos categorías están presentes en números muy reducidos y pueden no ser recolectados si el muestreo no se realiza minuciosamente.

Aunque los macroinvertebrados bénticos no son utilizados específicamente para medir

la contaminación de tipo químico como insecticidas, herbicidas, desechos de procesos industriales etc., sino más bien la contaminación orgánica, es muy posible que, si existe algún tipo de contaminación química, se refleje en el muestreo tendiendo a bajar la diversidad de organismos recolectados ya que, existen indicios de que en lugares donde existe este tipo de contaminación los tricópteros y los efemerópteros tienden a estar ausentes y muchos dípteros tienden a dominar (Pontarch y Cairns 1991). Si observamos la relación existente entre una determinada calidad del agua y los organismos presentes, muchos tricópteros y efemerópteros son precisamente los organismos que tienden a estar mejor representados en aguas limpias mientras que muchos dípteros lo están en aguas contaminadas. Sin embargo para valorar este tipo de contaminación las pruebas toxicológicas son las más indicadas.

Las comunidades de organismos acuáticos pueden ser afectadas por variaciones que se producen en los ríos por causas naturales, como las estaciones climatológicas (Metcalf 1989, Mitchell y Stapp 1990, Chapman 1992, Resh *et al.* 1996). En ocasiones este tipo de

variaciones pueden incidir en el resultado que se obtenga de un muestreo determinado, por lo que se debe tener en cuenta, durante el periodo de recolectas para realizar este trabajo ocurrieron, en el cambio de la época seca a la lluviosa en 1998 (junio, julio, agosto), fuertes lluvias que provocaron un aumento inusual en el caudal de muchos ríos, llegando incluso a producir inundaciones de considerable magnitud. Este cambio brusco en el caudal afectó las poblaciones de insectos acuáticos a tal punto que prácticamente desaparecieron casi todos. Un cambio de esta naturaleza en que no solo se afecta la abundancia de organismos sino también la diversidad, puede conducir a interpretar erróneamente un muestreo ya que entre los organismos más afectados estaban los tricópteros, efemerópteros y plecópteros.

Al comparar los resultados obtenidos en este trabajo con los obtenidos en los trabajos de Roldán (2003) en el BMWP para Colombia y con los propuestos para el BMWP para Costa Rica (Springer y Astorga en prep.) encontramos muchas similitudes en la valoración de los taxones (cuadro 6).

CUADRO 6
VALOR DE LOS ORGANISMOS EN DIFERENTES INDICES

ORGANISMOS	Este Trabajo Valores de 1 a 6	BMWP para Colombia Valores de 1 a 10	BMWP propuesta Costa Rica Valores de 1 a 10
EPHEMEROPTERA			
Baetidae: cf. <i>Baetis</i>	4	7	5
Baetidae: <i>Baetodes</i>	5	7	5
Baetidae: <i>Camelobaetidius</i>	5	7	5
Baetidae: <i>Moribaetis</i>	5	7	5

viene de la página 52

CUADRO 6
VALOR DE LOS ORGANISMOS EN DIFERENTES INDICES

ORGANISMOS	Este Trabajo Valores de 1 a 6	BMWP para Colombia Valores de 1 a 10	BMWP propuesta Costa Rica Valores de 1 a 10
EPHEMEROPTERA			
Baetidae: cf. <i>Baetis</i>	4	7	5
Baetidae: <i>Baetodes</i>	5	7	5
Baetidae: <i>Camelobaetidius</i>	5	7	5
Baetidae: <i>Moribaetis</i>	5	7	5
Caenidae: <i>Caenis</i>	4	7	6
Leptohyphidae: <i>Leptohyphes</i>	4	7	5
Leptohyphidae: <i>Tricorythodes</i>	4	7	5
Leptophlebiidae: <i>Farroses</i>	6	9	8
Leptophlebiidae: <i>Thraulodes</i>	5	9	8
PLECOPTERA			
Perlidae: <i>Anacroneuria</i>	6	10	10
HEMIPTERA			
Naucoridae: <i>Limnocoris</i>	5	7	4
Nepidae: <i>Ranatra</i>	4	5	4
Pleidae: <i>Paraplea</i>	6	-	4
MEGALOPTERA			
Corydalidae: <i>Corydalus</i>	5	6	6
COLEOPTERA			
Hydrophilidae	2	3	3
Psephenidae	5	10	4
Ptilodactylidae: <i>Anchytarsus</i>	5	10	7
TRICHOPTERA			
Calamoceratidae: <i>Phylloicus</i>	6	8	8
Glossosomatidae: <i>Culoptila</i>	5	7	8
Glossosomatidae: <i>Protoptila</i>	5	7	8
Helicopsychidae: <i>Helicopsyche</i>	5	8	-
Hydrobiosidae: <i>Atopsyche</i>	5	9	10
Hydropsychidae: <i>Leptonema</i>	4	7	5
Hydropsychidae: <i>Smicridea</i>	5	7	5
Hydroptilidae: <i>Hydroptila</i>	5	8	6
Hydroptilidae: <i>Ochrotrichia</i>	5	8	6
Hydroptilidae: <i>Rhyacopsyche</i>	6	8	6
Hydroptilidae: <i>Oxyethira</i>	5	8	6

viene de la página 53

ORGANISMOS	Este Trabajo	BMWP para Colombia	BMWP propuesta Costa Rica
	Valores de 1 a 6	Valores de 1 a 10	Valores de 1 a 10
Lepidostomatidae: <i>Lepidostoma</i>	4 ó 5	-	10
Leptoceridae: <i>Nectopsyche</i>	5	8	8
Leptoceridae: <i>Oecetis</i>	5	8	8
Philopotamidae: <i>Chiamarra</i>	5	9	7
Polycentropodidae: <i>Polycentropus</i>	4 ó 5	9	6
Xiphocentronidae: <i>Xiphocentron</i>	5	9	-
DIPTERA			
Blephariceridae	5 ó 6	10	10
Ceratopogonidae: <i>Atrichopogon</i>	4	3	4
Ceratopogonidae: <i>Probezzia</i>	4	3	4
Chironomidae: <i>Chironomini</i>	2	2	2
Chironomidae: <i>Orthoclaadiinae</i>	4	-	2
Dixidae: <i>Dixella</i>	4	7	4
Empididae: <i>Chelifera</i>	4	4	4
Empididae: <i>Hemerodromia</i>	4	4	4
Ephydriidae	4	-	4
Muscidae	3	2	4
Psychodidae: <i>Clognia</i>	4	7	3
Psychodidae: <i>Maruina</i>	4	7	3
Psychodidae: <i>Pericoma</i>	3	7	3
Psychodidae: cf. <i>Psychoda</i>	4	7	3
Simuliidae	4	8	4
Tipulidae: <i>Hexatoma</i>	4	3	4
Tipulidae: <i>Molophilus</i>	4	3	4
Tipulidae: <i>Tipula</i>	4	3	4
Stratiomyidae	4	4	4
Syrphidae	1 ó 2	-	1
OLIGOCHAETA			
Tubificidae: <i>Tubifex</i>	1 ó 2	1	1
HIRUDINEA	3	-	-

La equivalencia de las valoraciones de los organismos entre el índice Belga con las de este trabajo pueden ser:

Este trabajo	BMWP
1	1
2	2
3	3

4
5
6

4 y 5
6, 7 y 8
9 y 10

Las diferencias encontradas en general no son muy marcadas y la diferencia puede estribar, con respecto al BMWP propuesto para

Costa Rica, en que este índice se propone a nivel de familia y en este trabajo la mayor parte es a nivel de género. Con respecto al de Colombia pueden existir diferencias a nivel de especies para el mismo género.

En realidad se encontraron diferencias en los siguientes casos: *Caenis*, *Farrodes*, *Paraplea*, *Hidrophilidae*, *Psephenidae*, *Phylloicus*, *Atopsyche*, *Rhyacopsyche*, *Lepidostoma*, *Orthocladinae*, *Clognia*, *Maruina* y *Psychoda* de estos casos se utilizó igual nivel de identificación únicamente para *Hidrophilidae* y *Psephenidae*.

La adecuada utilización de los organismos bénticos para valorar la calidad del agua de un río es una herramienta útil que permitirá hacer más sencilla y rápida la valoración de la calidad del agua de los ríos de Costa Rica. De tal forma ayudará a conocer el estado actual de los ríos y quebradas de Costa Rica y a establecer programas de vigilancia en nuestras cuencas hidrográficas.

Referencias Bibliográficas

- APHA, AWWA & WPCF. **Standart methods for examination of water and waste water**. American Public Health Association, Washington. 1992. 1012p.
- Brandimarte, A. L. & G. Y. Shimizu. "A macrofauna bentónica de um córrego puluído: amostragem com um novo tipo de substrato artificial". **DAE-SABESP**. (159:19-21). 1990.
- Chapman, D. **Water quality assessments**. Chapman & Hall Ltd, London. 1992. 313p.
- Cohn, F. "Über lebende organismen im Trinkwasser". **Z. klin. Med.** 4 (229-237). 1853.
- Dominguez, E., M. D. Hubbard & W. L. Peters. "Clave para las ninfas y adultos de las familias y géneros de Ephemeroptera (Insecta) Sudamericanos". **Biología Acuática** 16 (5-40). 1992.
- Elliott, J. M. **Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates**. Freshwater Biological Association, New York. 1983. 158p.
- Fjerdingstad, E. "Pollution of streams estimated by benthic phytomicroorganisms. I. A saprobic system based on communities of organisms and ecological factors". **Int. Revue ges. Hydrobiol.** 49:1 (63-131). 1964.
- Gaufin, A. R. y C. M. Tarzwell. "Aquatic invertebrates as indicators of stream pollution". **Amer. Publ. Health Rep.** 67 (1). 1952.
- Hauer, R. & V. Resh. "Benthic macroinvertebrates". In R. Hauer & G. Lamberti (ed.). **Methods in stream ecology**. Academic Press, San Diego. p. 339-370. 1996.
- Holdridge, L. R. **Ecología basada en zonas de vida**. IICA, Turrialba. 1979. 144p.
- Kolenati, F. A. "Über nutren und Schaden der Trichopteren. Stettiner" **Entomol. Ztg.** 9. 1848.
- Merritt, R. & K. Cummins. **An introduction to the aquatic insects of North America**. Kendall/Hunt, Iowa. 1996. 862p.
- Metcalfe, J. "Biological water quality assessment of running water based on macroinvertebrate Communities: History and present state in Europe". **Environ. Pollution** 60 (101-139). 1989.
- Mitchell, M. R. & W. B. Stapp. **Field manual for water quality monitoring**. Thomson-Shore, Inc, Michigan. 1990. 224p.
- Morgan, E. L., K. W. Eagleson, R. Hermann & N. D. McCollough. "New developments in automated biosensing from remote water quality station and satellite data retrieval for resources management". **J. Hydrol.** 51(339-345). 1981.
- Palmer, M. & D. Strayer. **Meiofauna, Methods in stream ecology**. In R. Hauer & G. Lamberti (ed.). Academic Press, San Diego. 1996. p. 315-338.
- Patrick R. "A proposed biological measure of stream conditions, based on survey at the Conestoga basin, Lancaster county", Pennsylvania. **Proc. Acad. Nat. Sci. Phila.** 101 (377-341). 1949.
- Pontarch, K. W. & J. Cairns. "Multispecies toxicity test using indigenous organisms: predicting the effects of complex effluents in streams". **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** 20 (103-112). 1991.
- Prat, N., I. Muñoz, G. González y X. Mollet. "Comparación crítica de dos índices de calidad del agua: ISQA y BIL". **Tecnología del Agua.** 31 (33-49). 1986.
- Resh, V. H. & J. D. Unzicker. "Water quality monitoring and aquatic organisms: the importance of species identification". **Jour. Water Pollution Control** 42 (9-19). 1975.
- Resh, V. J., M. Myers & M. J. Hannaford. "Macroinvertebrates as biotic indicators of environmental quality", In R. Hauer & G. Lamberti (ed.). **Methods in stream ecology**. Academic Press, San Diego. 1996. 647-667.
- Rojas, A. R., M. L. Baena, C. Serrato, G. Caicedo & M. Zuñiga. "Clave para las familias y géneros de ninfas de Ephemeroptera del Departamento del Valle del Cauca", Colombia. **Bol. Mus. Ent. Univ. Valle** 1:2 (33-46). 1993.
- Roldán, G. **Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía**. Universidad de Antioquía, Medellín. 1988. 217p.
- Roldán, G. **Fundamentos de limnología neotropical**. Universidad de Antioquía, Medellín. 1992. 529p.
- Roldán, G. **Bioindicación de la calidad del agua en Colombia, propuesta para el uso del método BMWP/Col**. Universidad de Antioquía, Medellín. 2003. 170 p.
- Streble, H. & D. Krauter. **Atlas de los microorganismos de agua dulce**. Ed. Omega, Barcelona. 1987. 382p.
- Tabash, F. "Utilización de indicadores biológicos para el diagnóstico del estado de contaminación de las aguas lóxicas". **Uniciencia** 5 (87-89). 1988.
- Van Dam, H. "The suitability of diatoms for biological water assessment". **Hydrobiol. Bull.** 3 (274-284). 1974.
- Wargasasmita, S. **The use of periphytic algae and water quality index in the assessment of water quality**. Seameo-Biotrop, Bogor, Indonesia. 1990. 8p.
- Woodwiss F. S. "The biological system of stream classification used by Trent River Borrad". **Chemistry and Industry**. Marzo: 443-447. 1964.
- Zamora-Muñoz, C. y J. Alba-Tercedor. "Bioassessment of organically polluted Spanish rivers, using a biotic index and multivariate methods". **Am. Benthol. Soc.** 15 :3 (332-352). 1996.



DESARROLLO Y CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES INTRODUCCIÓN



Franklin Flores G.¹

El propósito de este documento es coadyuvar en los esfuerzos nacionales, en el proceso de desconcentración y descentralización, con un mayor grado de participación comunitaria; condiciones que permitan reorientar la planificación del desarrollo, con un esfuerzo particularmente dirigido hacia las zonas de desarrollo rural. Incentivando el establecimiento de la capacidad de autogestión, con fundamento en la potencialidad y la capacidad del ecosistema. Mejorando de esta forma, la calidad y estilos de vida de sus integrantes, reduciendo sustancialmente el fenómeno de la migración hacia los centros poblados.

Entendemos que conservar y proteger el delicado balance del ecosistema y consecuentemente mejorar la calidad de vida, requiere de valores, economías y sociedades diferentes de las que prevalecen hoy en día.

Las políticas económicas del pasado y el aumento de la deuda externa, han demostrado la vulnerabilidad de nuestros modelos y estilos de desarrollo, debido a los factores externos. Las medidas de ajuste que ha tenido que tomar

nuestra economía, son parte del pago por estos errores del pasado. El impacto que esto ha tenido es enorme, por un lado la creciente presión sobre la base de los recursos naturales y nuestra capacidad para hacer frente a la pobreza, los problemas de salud, el deterioro del ambiente y los requerimientos necesarios para un desarrollo sostenible.



Desde el punto de vista ambiental, es evidente la creciente contribución de los recursos naturales al crecimiento económico. A pesar de que este crecimiento origina cada vez más un marcado deterioro de la base ecológica y de los sistemas de soporte vital, que incide de manera negativa, tanto en las opciones de desarrollo como en la calidad de vida.

¹Máster en áreas silvestres, gestión ambiental. fflores@aya.go.cr

Si bien es cierto, hemos recibido reconocimiento internacional por los avances en materia de conservación de nuestros espacios silvestres y su diversidad, también debemos de reconocer el deterioro que nuestro estilo de desarrollo ha causado en otras áreas; incluyendo las cuencas hidrográficas y las características fisiográficas imperantes en ellas, en especial los ecosistemas de alta fragilidad.

Dadas las características del crecimiento nacional y su extensión territorial, es el momento de aplicar una estrategia con visión de desarrollo integral con relación a la utilización de nuestro territorio, de acuerdo con su potencialidad y la capacidad de los elementos bióticos y abióticos interactuantes.

Es, por tanto, deseable, un desarrollo que mantenga la integridad ecológica y los sistemas de soporte vital, promoviendo la base material de satisfacción del bienestar social y que garantice la calidad de vida y los valores éticos y culturales. Un desarrollo que transforme los modos de producción y consumo, de acuerdo con principios éticos y equitativos. Que distribuya los beneficios del progreso económico, con pleno respeto de la integridad ecológica y cultural. Y que abra los espacios de la participación social, garantizando la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes, sin menoscabar las opciones de las generaciones futuras.

La búsqueda del desarrollo integral en equilibrio con la naturaleza, nos indica la necesidad de acompañar nuestras decisiones

sobre la base de un fuerte componente científico. Que garantice la viabilidad de nuestros esfuerzos y la sustentabilidad de los mismos y la adecuada transferencia y flujo de la información, a través de tecnologías apropiadas y disponibles a nuestro alcance.

El intensificar el conocimiento es esencial para el desarrollo y es la educación la llamada a garantizar este proceso. La capacidad para entender las vivencias culturales y su interacción entre las distintas formas vivientes, dependerá de niveles adecuados de educación.

El logro de una vida sostenible; a través del desarrollo integral, supone entender y aceptar las consecuencias de formar parte de la gran comunidad de seres vivos, así como adquirir una mayor conciencia de los efectos de nuestras decisiones.

El vivir sosteniblemente es un principio orientador de nuestras acciones. Sin embargo, no podrá llevarse a la práctica, mientras no se resuelvan los principios más elementales del desarrollo y satisfacción personales. El pensar en el bienestar de las futuras generaciones y de otras formas vivientes, supone concebir un tipo de estrategia que promueva el desarrollo integral productivo de los sectores más desposeídos de nuestra sociedad.

Antecedentes

Basado en el estilo de desarrollo nacional, la sociedad costarricense ha alcanzado grandes logros, en cuanto a su estabilidad



política y social. Sin embargo, ese mismo estilo de desarrollo ha ocasionado grandes problemas. No hemos podido disminuir la tendencia de las sociedades modernas, donde prevalece un uso insostenible de los recursos naturales, caracterizado por la obtención de los mayores beneficios económicos a corto plazo, sin prever las consecuencias a largo plazo. Por tanto nuestra forma de desarrollo está caracterizada por un fuerte impacto al ambiente y los recursos naturales, consecuentemente un insuficiente provecho económico y social.

Por décadas los sectores productivos han desconocido y omitido las consideraciones ambientales en los procesos y decisiones del desarrollo nacional, fundamentado en los patrones de producción y consumo de las sociedades industrializadas. Hoy sabemos que no sólo debemos de transformar nuestra economía para producir más y ser más competitivos en los mercados internacionales, sino que debemos de lograr esos objetivos fundamentados en una relación de armonía con el ambiente. Esto es necesario para asegurar la supervivencia de nuestra sociedad y obtener niveles crecientes y sostenidos de bienestar a largo plazo.

El resultado de nuestras acciones se refleja en un deterioro de la base de los recursos, que ha causado daños significativos en la calidad y estilos de vida. En la producción, hemos experimentado un decrecimiento de los recursos, mientras que la demanda sigue en aumento, un aumento en los costos de utilización productiva, y la reducción de las productividades. Sufrimos también de

enfermedades causadas por la contaminación de las aguas, daños a personas y sus bienes; causados por inundaciones y deslizamientos de tierra. En síntesis, podemos decir que nos encontramos dentro de un círculo de empobrecimiento y deterioro sistemático de nuestro ambiente natural.

Hoy sabemos los peligros que amenazan nuestro planeta, por un lado las presiones del desarrollo a cualquier costo y las provenientes de la vivencia y el crecimiento de las poblaciones y consecuentemente el aumento de la pobreza de una gran mayoría. Estos elementos de manera concertada amenazan permanentemente la fragilidad de los ecosistemas, sus recursos y nuestro propio desarrollo.

Resulta preocupante, si consideramos que nuestra población con más de tres millones de habitantes se elevará significativamente en los años venideros, lo que significaría más recursos para satisfacer la demanda creciente de bienes y servicios de la población; si consideramos los niveles actuales de consumo. De persistir nuestra actual forma de utilizar los ecosistemas y sus recursos, nuestra vida futura se nos muestra bastante comprometida.

Tenemos muy claro que debemos utilizar inteligentemente las oportunidades que nos ofrecen la naturaleza, para promover el desarrollo económico, social, intelectual y espiritual de las presentes y futuras generaciones que aspiramos a una mejor calidad de vida a través de un incremento significativo en la producción y la productividad del país dentro de un contexto integral.

Estos cambios son posibles debido a un notable segmento de recursos humanos muy calificados, así como una indiscutible capacidad científica y tecnológica. Es necesario afirmar que se posee la base humana, institucional, científica y valiosas experiencias acumuladas, para seguir avanzando hacia un desarrollo social y productivo integral, fundamentado en la potencialidad de los ecosistemas naturales y sus recursos naturales.

Hemos desarrollado una amplia experiencia en la promoción del desarrollo en campos tan importantes como la electricidad, las telecomunicaciones, sistemas de riego y drenaje, la salud, la investigación científica, el desarrollo y extensión de la actividad agropecuaria y novedosos sistemas de administración de los recursos naturales mediante la incorporación de los sectores sociales organizados. Con este cúmulo de conocimiento podemos provocar profundos cambios en el uso sostenido de los recursos naturales y fortalecer el desarrollo social y productivo de los sectores más desposeídos de la sociedad costarricense.

Nuestra meta es el mejoramiento sustancial de nuestra calidad y estilos de vida. Esto debe darse bajo adecuados marcos conceptuales a través de un cambio de actitud responsable en los patrones de desarrollo productivo, con el apoyo y convencimiento de las estructuras productivas y políticas nacionales.

La combinación de un adecuado ordenamiento territorial, de un sólido sistema

de áreas silvestres protegidas; inserto en el entorno rural y una sólida formación científica y tecnológica; para generar conocimiento y uso, constituyen la materia prima y los pilares fundamentales de un nuevo modelo de desarrollo.

Buscamos un modelo de desarrollo centrado en el ser humano y en el mejoramiento de la calidad de vida, fundamentado en la conservación y el respeto a la vida en todas sus formas. Una transformación social que involucre mecanismos interactivos de educación y concienciación ciudadana y la participación real de la sociedad en la toma de decisiones. Que fortalezca la satisfacción de las necesidades básicas y mejore la calidad de vida, sin destruir las bases ecológicas, ni alterar los sistemas de soporte vital; de los que depende la calidad ambiental y nuestra propia supervivencia. Necesitamos garantizar el espacio y los recursos que necesitarán para su existencia las próximas generaciones y cerrar la brecha social; mejorando el acceso y la calidad de los servicios básicos a todos los sectores de la sociedad, especialmente en las áreas más deprimidas de nuestra sociedad.

Es impostergable el fomentar las investigaciones en las ciencias sociales, principalmente en las relaciones del hombre con su entorno biofísico, ya sean estas, de producción o de comportamiento ético, de manera que podamos garantizar una mayor coherencia del quehacer humano y el respeto por los valores de la naturaleza. Los aspectos, éticos, culturales y religiosos deben ser considerados para lograr un buen equilibrio



en la estrategia de desarrollo en armonía y alianza con la naturaleza.

Un modelo de desarrollo fundamentado en una visión integral del territorio, conformado por todos los sectores de desarrollo productivo, los cuales generan bienes y servicios indispensables para la sociedad: El fortalecimiento de un mosaico de áreas productivas: Agrícolas, forestales y pecuarias, la consolidación del sistemas de áreas silvestres bajo régimen espacial, las áreas de uso urbano y su red de comunicaciones y las zonas de desarrollo rural; vinculadas directamente al manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y los ecosistemas en general. Cada una de las cuales, requiere de planificación, manejo, cuidado, inversión e innovación, con una visión integral basada en el conocimiento científico y tecnológico. De manera similar, será necesario enfatizar la valoración cuantitativa de los productos y servicios derivados de la conservación, protección y aprovechamiento sostenido de los recursos naturales y su contribución real al producto interno bruto.

El reto será avanzar hacia un desarrollo que permita un aprovechamiento sostenido del potencial natural para enfrentar con éxito las condiciones impuestas por los mercados internacionales y las necesidades nacionales. Tenemos que pensar que nuestro potencial de desarrollo es directamente proporcional a la cantidad y calidad de nuestros recursos naturales, su diversidad y la capacidad potencial del recurso humano. La estrategia debe de dirigirse hacia el aprovechamiento de ese potencial; iniciar algunas acciones, enfatizar e integrar otras que se han venido

aplicando en forma aislada y eliminar las que se consideran como destructivas.

Debemos de enfrentar un doble reto: por un lado identificar, gestionar y ejecutar programas de atención ambiental, y por otro tiempo que mantener de manera sostenida el ritmo de crecimiento económico. Será necesario el fortalecimiento de la cooperación entre países desarrollados y en desarrollo e integrar el concepto de sostenibilidad ambiental en el proceso gestión para el desarrollo. Lo anterior solo será posible si la industria, los trabajadores, los consumidores, los poderes públicos y las organizaciones nacionales e internacionales están dispuestas a colaborar más estrechamente para la ejecución de acciones de alcance nacional, regional y local.

Será necesario diseñar una política orientada a la construcción de una estructura comercial e industrial competitiva en armonía con las prácticas de uso y conservación de nuestros recursos naturales. Fundamentada en una política de prevención de la contaminación desde sus fuentes, e integrar la responsabilidad ambiental en los procesos de toma de decisiones en todos los niveles de la gestión. Además de intensificar la investigación y el desarrollo con énfasis en el uso de tecnologías limpias de producción que permitan aumentar la eficiencia reduciendo sustancialmente la contaminación, promoviendo la sustitución de materiales nocivos y reformar productos. Modificar los procesos de producción y rediseñar equipos. Emplear fuentes de energía y materias primas renovables y la reutilización de los residuos. En síntesis, la adopción de un enfoque ecológico de la producción que

garantice las condiciones ecológicas del ambiente.

La educación será el factor de viabilidad para el establecimiento de una ética para el desarrollo sostenible, así como la intensificación del conocimiento de las nuevas generaciones y la conciencia del público. La intensificación del conocimiento es esencial para el desarrollo sustentable. Un ciudadano con niveles apropiados de educación está en mayor capacidad de entender su entorno natural, cultural y su relación con el mundo, hacer un manejo más inteligente de la información y utilizar en forma más eficiente los recursos a su disposición.

La Educación debe de hacer explícita la relación entre población, recursos físicos y territorio. Debe de formar ciudadanos capaces de incorporar criterios, como la relación entre durabilidad y el costo en sus decisiones de consumo, y como los efectos de sus decisiones tienen repercusiones que trascienden los límites de su propia generación.

El mejoramiento de los servicios educativos, de salud, comunicación, recreación y otros, redundará en una mejora de la calidad de vida de los ciudadanos, particularmente enfocado hacia el ocupante de las áreas rurales. Esto deberá contribuir; entre otras cosas, a estimular su permanencia en el campo, y a evitar la migración a la ciudad y los problemas derivados de este desplazamiento.

Somos conscientes del potencial de biodiversidad de nuestro país, el cual debemos

manejar y aprovechar de manera sostenible, para garantizar su aprovechamiento por parte de las presentes y futuras generaciones.

A la luz de las crecientes demandas impuestas sobre la base de los recursos finitos, todos los gobiernos se enfrentan con la difícil tarea de determinar sus prioridades de inversión. Las cuales han contribuido en muchos casos a la destrucción de importantes ecosistemas naturales, que bien podrían haber servido como parte de un amplio proceso de desarrollo.

Las inversiones para el desarrollo deberán basarse en un análisis cuidadoso de los costos a largo plazo de la conservación de los sistemas naturales. Muchas de las inversiones para el desarrollo se han centrado en la expansión agrícola e industrial para satisfacer las necesidades de la población urbana. Ahora será necesario diseñar estrategias de desarrollo basadas en la productividad de los ecosistemas naturales y responder a las necesidades de las comunidades rurales que dependen de ellos.

El conocimiento científico y tecnológico debe ser incorporado y considerado como una inversión a la conservación de los recursos naturales y a la producción, promoviendo la participación directa de los sectores sociales y productivos, mediante la acción concertada entre los generadores y los utilizadores de tecnología. De igual manera, garantizar no solo la viabilidad de los esfuerzos, sino también, la sustentabilidad de los mismos. Es imperativo tener claro que los componentes y productos derivados de los ecosistemas

naturales son más frágiles, más diversos y con un potencial de uso ilimitado.

Políticas para un desarrollo sostenible

- El carácter sostenible del desarrollo a largo plazo supone la elaboración de planes en los que se trata la conservación, protección y aprovechamiento integral de los recursos naturales.
- Toda política de desarrollo que se limite exclusivamente al fomento de la producción, sin salvaguardar los recursos de los que ésta depende, provocará un descenso de la productividad y consecuentemente un aumento de la pobreza.
- La pobreza es uno de los principales factores que contribuyen a acelerar el ritmo de deterioro de los ecosistemas naturales y el ambiente en general. Una de las condiciones necesarias para reducir la presión que se ejerce sobre ellos, y principalmente sobre los ecosistemas frágiles es la rehabilitación de las tierras degradadas.
- Es necesario formular estrategias de desarrollo sostenible, con amplia participación ciudadana para lograr la integración de las políticas sociales y ambientales en las labores de todos los ministerios, y dentro de estos a todo nivel, incluso en la determinación de medidas fiscales y en la elaboración de los presupuestos nacionales.
- Los conocimientos científicos pueden contribuir a la gestión sostenida del medio ambiente y del desarrollo de manera que se asegure la supervivencia cotidiana y futura. Será necesario apoyar aquellos conocimientos capaces de proporcionar un panorama más claro del funcionamiento del ambiente y una idea más precisa de la capacidad del ecosistema para satisfacer las demandas crecientes.
- Es importante que cada uno de los miembros de la sociedad comprenda la función de la ciencia y la tecnología en el logro del desarrollo humano y la protección del ambiente. Será conveniente establecer mejores canales de comunicación, para que los responsables de la elaboración de políticas tengan acceso a la mejor información disponible de manera que puedan utilizarla al formular estrategias para el desarrollo sostenible. A través de un mejor diálogo la comunidad científica y tecnológica podrá establecer prioridades más adecuadas y proponer soluciones a los problemas. Será necesario mejorar la comunicación entre la ciencia y el público, a fin de que las políticas que se adopten correspondan a las preocupaciones de la población.
- Los gobiernos y el estado en general, pueden fomentar el desarrollo, asignando mayores responsabilidades y recursos a los grupos locales, y con un énfasis especial a los grupos de mujeres. Las organizaciones cívicas, las organizaciones de mujeres, y las organizaciones no gubernamentales, constituyen importantes fuentes de dinamismo e innovación y han demostrado su capacidad para promover estilos de vida sostenida.
- La población rural necesita participar en la protección y gestión sostenible de los recursos naturales. Han de tener acceso a la tierra y a los recursos naturales y disponer de adecuadas fuentes económicas para

llegar a ser productivas. Necesita, además, poder beneficiarse de los recursos naturales de la localidad en que vive. Se necesitará una mayor educación y formación para ser más productivas, a través de programas de capacitación o centros de enseñanza, basados en las realidades comunales y orientadas al desarrollo sostenible y la potencialidad de los recursos naturales y su entorno.

- La principal causa del deterioro del medio ambiente es la modalidad insostenible del consumo y producción. Será necesario examinar la demanda de los recursos naturales que genera el consumo insostenible y encontrar la manera de utilizar los recursos sin agotarlos, de modo que se reduzca los efectos perniciosos. Es importante que las personas asuman la responsabilidad del consumo sostenible de los bienes y servicios. Los gobiernos, la empresa privada y las organizaciones no gubernamentales pueden promover modalidades sostenibles de consumo, mediante programas de educación y de concienciación del público y el respaldo a productos y servicios que fomenten estas prácticas.
- Se ha de considerar la necesidad de formular e incorporar nuevos conceptos de riqueza y prosperidad. En los cuales, se alcance niveles de vida más altos, mediante nuevos estilos de vida que dependan menos de los recursos finitos de la tierra y que estén en mayor consonancia con su capacidad de sustento.
- La capacidad nacional para promover un carácter más sostenible del desarrollo depende de la capacidad de sus habitantes e instituciones para comprender las complejas relaciones del medio ambiente y el desarrollo, de manera que se puedan adoptar decisiones acertadas.
- Es necesario intensificar la toma de conciencia de las comunidades y su participación en la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales y del desarrollo. A través de la educación, se puede fomentar la concienciación ética y ecológica, así como los valores, actitudes, competencias y comportamientos necesarios para alcanzar el desarrollo.
- La actividad empresarial puede contribuir a mejorar la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos, la reducción del volumen de desechos y la protección de la salud humana y la calidad del ambiente.
- En este proceso, el comercio y la industria deberán dotarse de técnicas y tecnologías que reduzcan las consecuencias nocivas para el ambiente. Los precios de los bienes y servicios deberán reflejar el costo asociado a la producción, la utilización, el reciclaje y la eliminación.
- La salud de la población depende de un entorno ambiental saludable, en el que entre otros aspectos, existan fuentes de agua potable, eliminación adecuada de desechos, el abastecimiento de alimentos sanos y programas contra la contaminación del aire y las fuentes de agua. Hemos de preocuparnos por nuestra salud, como por la salubridad del ambiente. El buen estado de salud de una población dependerá del desarrollo social, económico y espiritual, y su relación con un ambiente sano.

- Deberán de existir programas para determinar los efectos perniciosos de las distintas actividades, con respecto al ambiente y reducir los riesgos. En todos los programas nacionales de desarrollo, deberán incorporarse salvaguardias para proteger la salud y la salubridad del ambiente. Además de capacitar a las personas para actuar de manera adecuada en situaciones de riesgo ambiental.
- Los bienes y servicios dependen de la variedad y la variabilidad de los genes, las especies, las poblaciones y los ecosistemas. La pérdida de diversidad biológica se debe principalmente a la destrucción de los hábitats, el exceso de cultivos; en áreas no aptas, y el acelerado ritmo de contaminación. Este deterioro resulta en gran medida de las actividades humanas y hace pensar en una gran amenaza sobre el desarrollo de la humanidad.
- La biotecnología combina los conocimientos tradicionales y la tecnología moderna para modificar el material genético. Además, cuenta con el potencial necesario para contribuir de manera significativa al mejoramiento de la salud, el aumento de la producción alimentaria, la mayor eficacia de los procesos industriales y agropecuarios, la descontaminación de las aguas y mejores métodos de repoblación forestal.
- La creciente demanda de tierras y de recursos naturales, suscita competencia y conflictos. La satisfacción de las necesidades humanas de manera sostenible exige la solución de estos conflictos y el establecimiento de modalidades más eficaces y sostenibles de utilización de las tierras y los recursos naturales disponibles.
- El aumento de la productividad agrícola constituye la opción casi inevitable, para satisfacer las crecientes necesidades. No obstante, la agricultura, la pesca y la explotación forestal; entre otras, pueden verse perjudicadas si se practica en exceso o en forma indebida en áreas marginales y ecosistemas de alta fragilidad.
- El propósito será promover alternativas de empleo y riqueza, a través del aprovechamiento de las tierras, conforme a prácticas de las que se obtengan óptimos beneficios sostenibles. Optar por prácticas compensatorias más eficaces y adoptar decisiones acertadas, considerando simultáneamente el desarrollo socioeconómico y las relacionadas al mejoramiento ambiental, tomando en cuenta las áreas silvestres bajo administración especial y otros ecosistemas de alta productividad. Se deberán favorecer los esquemas de ordenamiento territorial sostenible, velándose por la preservación y conservación de la diversidad biológica y otros beneficios ecológicos asociados.
- Los bosques son fuente de abastecimiento de maderas, carbón de leña y otros bienes. Desempeñan una importante función en la conservación del suelo y de las fuentes de agua, la preservación de la atmósfera y la diversidad biológica. La pérdida de los bosques y el daño causado provocan la erosión del suelo, la degradación de fuentes de agua, la destrucción de los hábitats para la vida silvestre y su diversidad y reducen la disponibilidad de otros bienes y servicios que contribuyen al desarrollo.
- Los recursos forestales son renovables y mediante su utilización sostenida y

compatible con la protección del ambiente, se pueden producir bienes y servicios como un aporte al desarrollo.

- La preservación y la conservación integral de los recursos forestales dependerá de nuestra capacidad para reconocer y salvaguardar el valor social, económico y ecológico de estos, así como su función en el equilibrio climático. Estos beneficios deberán tomarse en cuenta en los sistemas de contabilidad nacional, para sopesar las opciones del desarrollo.
- Los gobiernos nacionales, regionales y locales, la empresa privada, las organizaciones no gubernamentales, científicos y técnicos, los grupos comunales y el público en general, deberán colaborar en la formulación de políticas a largo plazo. Con la finalidad de la preservación y conservación, en el ordenamiento de los bosques en las zonas forestales y en las áreas adyacentes a los cursos de agua, mediante el establecimiento de programas nacionales de acción para el desarrollo forestal sostenible. Ello supondrá el empleo de técnicas adecuadas de teleobservación, el empleo de mejores equipos para el aprovechamiento comercial y el establecimiento de políticas gubernamentales para incentivar el uso óptimo de los recursos del bosque.
- Muchos de los problemas relacionados con la conservación y aprovechamiento sostenido de los recursos y su entorno, tienen su origen en las actividades y decisiones locales. Por tanto, incumbe a los poderes públicos locales una función clave en el logro de las metas del desarrollo.
- Las autoridades locales; específicamente las municipalidades, edifican y mantienen

estructuras tales como: redes viales, suministro de agua potable, fiscalizan la planificación de viviendas, hoteles, la industria y el espacio territorial, además, establecen políticas sobre el medio ambiente y contribuyen decididamente al desarrollo nacional. Es el nivel de gobierno más próximo a la población, por tanto les incumbe una función vital en la educación para el desarrollo. De manera similar, la movilización del público en torno a los principios del desarrollo sostenible. Les compete además: realizar las consultas a los ciudadanos y comunidades, las empresas y la industria, a fin de recopilar información y establecer un consenso con respecto a las estrategias del desarrollo sostenible. Esto posibilita la revisión de programas, políticas, legislación y reglamentos locales, con miras a la consecución de las metas propuestas y contribuye a la toma de conciencia pública, respecto de asuntos que atañen al desarrollo integral y sostenido de las comunidades.

- Se ha de reconocer el valor de las organizaciones no gubernamentales, estas pueden contribuir en gran medida a que la sociedad encuentren nuevas opciones y abandone esquemas de desarrollo insostenible. Las organizaciones no gubernamentales desempeñan un papel fundamental en la configuración y la puesta en práctica de una democracia con participación comunitaria.
- Uno de sus principales atributos es la independencia frente a los gobiernos y otros sectores de la sociedad. Es, por tanto, deseable, que los gobiernos soliciten el concurso de estas organizaciones, en la



elaboración de políticas y la adopción de decisiones relacionadas con el desarrollo y favorecer la vinculación entre éstas y los poderes públicos locales con miras al fomento del desarrollo sostenido. Así como velar porque los conocimientos especializados generados por éstas, estén en disposición y se aprovechen adecuadamente, reconsiderando el apoyo administrativo y financiero que se les brinda, a fin de fortalecer su función en calidad de asociados.

Discusión y conclusiones

Tradicionalmente la humanidad ha asumido que la naturaleza proporciona al hombre el agua, el aire, la luz y otros servicios ambientales en cantidades ilimitadas. Estos recursos han sido considerados como “bienes libres” o “recursos no escasos”, lo que ha provocado; en algunos casos, que no se consideren dentro del análisis económico de los proyectos de inversión.

Dos eventos mutuamente incluyentes pueden explicar el acelerado ritmo de deterioro que sufre el medio ambiente: el consumo inadecuado de los recursos naturales y su forma de utilización.

El deterioro ecológico y del ambiente más que un problema es un proceso que no sólo afecta a los países en desarrollo sino que con diversas intensidades y consecuencias se da en los países desarrollados. No escapa del progreso humano y es una característica de ciertos modelos de crecimiento económico

intrínsecamente insostenibles en términos ecológicos, así como desiguales e injustos en términos sociales.

Desde la conferencia sobre el medio ambiente humano (Estocolmo, 1972), tanto los gobiernos como los organismos internacionales se han planteado el problema básico de cómo armonizar los objetivos ambientales con los económicos y sociales. En otras palabras, cómo compatibilizar la necesidad de contar con un medio sano, con los imperativos del crecimiento y el desarrollo de los pueblos.

La protección del medio ambiente y el desarrollo económico no son metas independientes. El desarrollo no puede subsistir en un ambiente de deterioro de la base de los recursos. La conservación de los recursos vivos y sus delicadas interacciones, representa sólo una parte dentro de muchas de las condiciones requeridas para la supervivencia y el bienestar humano. La estabilidad política, social y económica completa el círculo y sustenta cualquier acción programática en materia de desarrollo.

Es común que al tomar decisiones se analicen por separado los factores económicos, sociales y ambientales que no favorecen un desarrollo económicamente eficiente, socialmente equitativo y ecológicamente sostenido. De manera que cuando se adopten decisiones sobre política económica, social, fiscal, energética, agropecuaria, mercantil, de transporte, etc, se ponga una adecuada atención a las consecuencias que tendrán

esas políticas en el ambiente y su repercusión en la calidad de vida de sus pobladores.

La política económica y ambiental debe de interactuar de múltiples formas y de manera coherente. La incorporación de la dimensión ambiental a la política debe darse a través de una adecuada planificación, que integre los instrumentos macroeconómicos como programas de ajuste estructural y programas y proyectos de inversión y gasto público. Si aceptamos que la estructura del Estado es la causa principal de los problemas económicos y como consecuencia, el exceso del gasto público y el déficit fiscal, los cuales repercuten en el endeudamiento interno y externo, inflación y cargas tributarias, comprometiendo con ello los sectores más desposeídos de la sociedad, que se ven obligados a echar mano de los recursos existentes.

Un efecto de la pobreza que no pareciera quedar en evidencia a simple vista, es su impacto en el futuro y en el potencial económico del resto de la sociedad. Los sectores pobres se ven obligados a utilizar cualquiera de los recursos de que dispongan sin considerar la manera más apropiada de emplearlos. Cuando se sufre frío, se talan árboles para procurar combustible. Cuando hay hambre, se cultiva en cualquier clase de terreno. Y cuando las oportunidades se ven agotadas, se vende la parcela o se migra a los centros urbanos en busca de “mejores oportunidades”.

Se hace necesario por tanto, considerar una serie de medidas y alternativas para atenuar la galopante destrucción de los

recursos naturales. Logrando de este modo incorporar medidas correctivas y un nivel básico de conservación para el desarrollo.

El desarrollo lo podríamos definir: *“Como una acción de utilización humana del entorno biofísico, cuya resultante es la obtención de un beneficio sostenido en tiempo y espacio, soportado por todos los sectores de desarrollo nacional y anclado con fundamento lógico en una realidad particular”.*

El desarrollo sostenido supone la satisfacción de las necesidades fundamentales de todos y que se amplíen las posibilidades de alcanzar una vida mejor. Un compromiso aceptable y generalizado, de que los niveles de consumo deben ser proporcionales a los límites de las posibilidades ecológicas. Entonces nuestras metas y niveles posibles de desarrollo estarán en función de la realidad económica actual. Sería poco racional y por demás inconsistente, hablar de desarrollo sostenido, cuando no están satisfechos los requerimientos básicos de supervivencia humana.

Las políticas cuyo objetivo es hacer frente a las necesidades humanas, mediante la realización del potencial pleno de desarrollo, deberán de incrementar la capacidad productiva, garantizando que el crecimiento poblacional este en armonía con la capacidad de carga de los sistemas naturales.

La conservación es un proceso de aplicación intersectorial y no un sector de actividad propiamente dicho. En relación con los

recursos naturales, es un aspecto del aprovechamiento que asegura la utilización sostenida, protege los procesos ecológicos y la diversidad biológica, esenciales para el mantenimiento de los mismos. Al relacionar el término conservación con otros sectores de desarrollo (salud, energía, agropecuario, etc.), permite obtener beneficios permanentes, siempre que las actividades por realizarse mantengan la base de los recursos. Resulta por tanto claro argumentar, que la conservación no es un término de manejo exclusivo de una institución u organización en particular, si no un compromiso generalizado de todos los sectores del desarrollo nacional.

El desarrollo sostenido será sustentable, en la medida en que los procesos de transformación, utilización de los recursos, orientación de las inversiones, canalización del desarrollo tecnológico y los cambios institucionales, sean factores que coadyuven en el mejoramiento del potencial para atender las necesidades humanas presentes y futuras.

Cualquier estrategia de desarrollo sostenible debe de aportar mejoras reales y sustentables en la calidad de vida de las sociedades humanas y al mismo tiempo conservar la vitalidad y diversidad del planeta.

La Comisión Mundial del Medio Ambiente definió el desarrollo sostenible: “Como la búsqueda de un desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las propias”. El compromiso será el mejorar la calidad de vida humana, manteniéndose dentro de los límites de la capacidad de carga y respuesta de los ecosistemas que la sustentan.

El desarrollo sostenible mantiene la base de los recursos naturales, puede seguir desarrollándose al adaptar y mejorar los conocimientos, la organización, la eficiencia técnica y la sabiduría en la toma de las decisiones. Una estrategia de desarrollo sostenible cuyo fin es el de construir una sociedad sostenible, supone que nuestras

PRINCIPIOS BÁSICOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE.

1. Respeto a las formas de vida y su entorno.	2. Mejorar la calidad y estilos de vida humana.	3. Conservar la vitalidad de los ecosistemas y su biodiversidad.
4. Mantener la capacidad de carga del sistema.	5. Modificar las actitudes y prácticas personales	6. Propiciar un marco nacional para la integración del desarrollo y la conservación.
7. Capacitar a las comunidades en la defensa de su medio ambiente.	8. Definición de los objetivos primarios de conservación para el desarrollo sostenible.	9. Promover alianzas estratégicas regionales y locales de corresponsabilidad en la toma de decisiones.

acciones están encaminadas hacia la búsqueda de objetivos comunes, debido a que los problemas que enfrentamos están íntimamente relacionados e interconectados. Se requerirán de cambios en nuestras formas y estilos de vida y niveles apropiados de corresponsabilidad en la toma de decisiones eficientes, lo que implica un mejoramiento en el conocimiento y los canales de información.

Toda estrategia resulta en una guía dinámica para la planificación de nuestras acciones. Es el resultado de una necesidad particular, fundamentada en un diagnóstico situacional ya sea este local o regional, en virtud de las diferencias antropológicas de cultura, historia, religión y política. Además de la diferenciación existente en cuanto a la riqueza de la biodiversidad, vulnerabilidad de los ecosistemas y las condiciones ambientales imperantes.

Las sociedades humanas deben de tomar de la naturaleza lo que ella es capaz de dar, lo que significa adoptar estilos de vida y pautas de desarrollo equilibradas con los límites naturales, sin que esto signifique un rechazo a los numerosos beneficios que aporta la tecnología moderna, siempre que estas también actúen dentro de estos límites.

Toda estrategia de gestión ambiental va encaminada a construir una sociedad sostenible en armonía con la naturaleza y sustentada en principios fundamentales. Lo anterior resulta en un principio ético y práctico, lo que significa que el desarrollo no debe de alcanzarse a expensas de nuestra biodiversidad ni de las

generaciones venideras. Supone el compartir equitativamente los beneficios y los costos de utilización de los recursos naturales y la conservación del ambiente. Más que una adecuada transferencia de información, los valores determinan la modalidad según la cual las sociedades tratan de alcanzar sus objetivos políticos, económicos y tecnológicos. Para que una ética tenga éxito los valores deberán de estar presentes y prevalecer en todas las esferas de la actividad humana.

La protección de los derechos de otras especies naturales es una responsabilidad que trasciende los espacios geográficos, culturales e ideológicos y al igual que la protección a los derechos humanos es un deber individual y colectivo.

Todas las formas vivientes integran un sistema interdependiente, su dinámica influye en otros componentes no vivos y de los cuales depende, tales como: El agua, los suelos, el aire, etc. La alteración de esa dinámica perturba la totalidad del ecosistema. Esto significa que nuestra supervivencia depende del balance espacial del sistema y de la utilización sostenida de los recursos naturales disponibles.

El mejorar nuestras vidas en todos sus aspectos es el verdadero y real sentido del desarrollo. Este principio antropológico permite la realización plena de nuestro potencial y genera la confianza requerida para alcanzar una vida plena y digna.

El crecimiento económico es un componente importante en el desarrollo, pero este no debe

de verse como un fin en sí mismo. Aunque existen diferencias por los fines que se puede asignar al desarrollo, algunos de estos son universales: índices apropiados de salud, educación, nivel de vida; en razón del acceso a los recursos, libertades políticas, garantías ciudadanas y ausencia de violencia.

Las sociedades más pobres son las que presentan mayores dificultades para obtener los recursos necesarios para su desarrollo, asociadas a las altas tasas de crecimiento demográfico, renta pública e ingresos medios en descenso, hasta el punto que las condiciones de vida pueden resultar intolerables. Como consecuencia las presiones ejercidas sobre los ecosistemas y sus recursos naturales son cada vez mayores, entrándose en un círculo vicioso de degradación que colapsa aún más las perspectivas del desarrollo al largo plazo. Más que nunca ahora se requiere incrementar la asistencia financiera y técnica para propósitos sociales y en apoyo a la conservación y rehabilitación de los ecosistemas de alta fragilidad, degradados o con algún grado de alteración.

Debemos de recordar que las economías están fundamentadas en los recursos naturales y en los sistemas sustentadores de vida. Las políticas y las medidas económicas y sociales deben de ser complementarias con aquellas destinadas a conservar el medio ambiente e impedir su degradación y desperdicio. El mejoramiento de la economía seguirá siendo una prioridad, para ello se deberá aumentar los ingresos y destinar mayores fondos a las

prestaciones sociales y a la protección del ambiente.

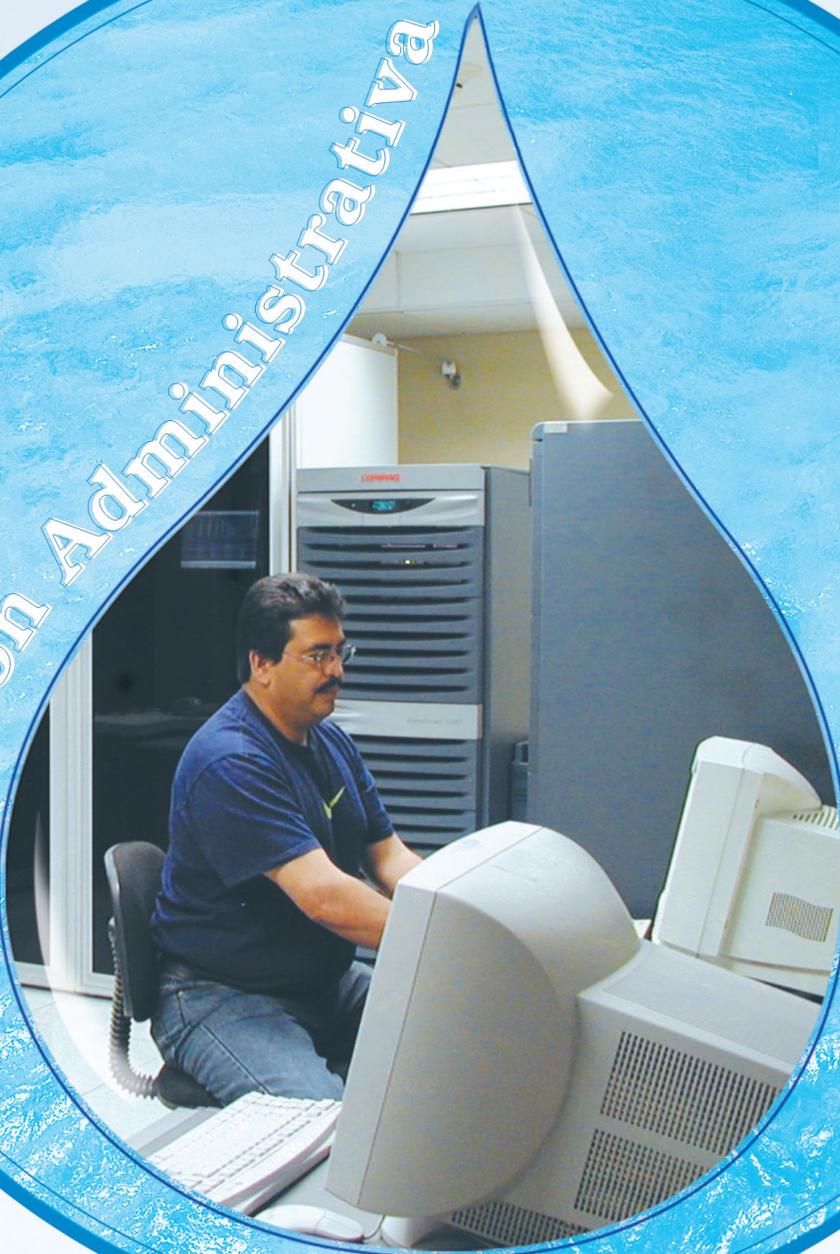
El mejoramiento de la calidad y estilos de vida necesariamente exige la aplicación de una estrategia diseñada a reorientar las prioridades del desarrollo con la finalidad de proporcionar acceso a los recursos necesarios para alcanzar un nivel de vida satisfactorio sobre bases sostenibles, niveles apropiados de salud y nutrición que permitan una vida saludable y prolongada, una educación capaz de potenciar el intelecto y aportar contribuciones y las oportunidades de empleo digno y bien remunerado.

El desarrollo basado en la conservación debe de considerar todas aquellas actividades destinadas a proteger la estructura, las funciones y la diversidad de los ecosistemas naturales, de la cual depende nuestra propia supervivencia. Para ello es necesario conservar los procesos ecológicos sustentadores de la vida que hacen posible la renovación de los ecosistemas, conservar la diversidad y variedad de los ecosistemas y aprovechar de forma sostenible los recursos renovables, reduciendo el agotamiento de los no renovables.

Referencias Bibliográficas

- Azqueta, Diego; Ferreiro, Antonio. Análisis económico y gestión de los recursos naturales. España: Alianza, 1994
- Romero, Carlos. Economía de los recursos ambientales y naturales. España: Alianza, 1994.
- Astorga G., Allan; Astorga E., Yamileth; Hernández N., Gerardo y otros. Proyecto de sistemas integrados de gestión y calidad ambiental. San José, Costa Rica: Fundación para el Desarrollo Urbano, 2000.

Gestión Administrativa





ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCIÓN DE RECIBOS Y SU INCIDENCIA EN LA GENERACIÓN DE SOLICITUD DE DUPLICADOS: “UNA APLICACIÓN PRÁCTICA DE LAS HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD”



Eduardo Solano Campos¹

RESUMEN

La Dirección General ha iniciado un proceso de transformación en la prestación de los servicios que ofrece, aplicando una filosofía de Calidad Total. Este cambio en el paradigma de atención conlleva que el cliente ocupe un lugar principal en la toma de decisiones, pues los requerimientos expresados por ellos son los que a la postre determinarán las características del servicio. El proyecto nació con la determinación de los principales motivos de afluencia de clientes a los puntos de atención con que cuenta la Región Metropolitana de AyA. Uno de los principales problemas detectados es la alta incidencia en la solicitud de duplicados, cuyo promedio mensual alcanzó los 10.440 durante el año 2003. De acuerdo con el análisis realizado se logró determinar cada una de las causas que originan la solicitud de un duplicado y cuáles de ellas se consignan asignables al Departamento de Distribución de Recibos. El análisis demostró que las principales situaciones que generan un duplicado son: pendiente anterior, desconexión, recibo perdido, recibo que no llega y alto consumo. Además, a través de una encuesta se determinaron cuáles son los principales requerimientos que los clientes tienen en torno a la distribución de recibos, estos son; más información, una mejor lectura, control de las tasas de desconexión, mejoras en la distribución, mejor trato de personal y mayor tecnología, entre otros.

Palabras clave: Hidrómetros, cobros, calidad total, cliente, alto consumo.

Introducción

La herramienta utilizada para determinar el motivo que provoca la asistencia de los clientes a las instalaciones de AyA consistió en la aplicación de una encuesta a quienes visitaron la institución para realizar algún tipo de trámite. De esta forma, se logró identificar que las principales causas de

afluencia de clientes son; arreglos de pago, emisión de duplicados y altos consumos.

Con la utilización de herramientas de calidad, se analizó en forma integral el proceso de distribución de recibos, donde se evidencia la problemática existente y la interrelación de los diferentes procesos.

¹Ingeniero Industrial, Región Metropolitana. esolanoc@aya.go.cr

Como punto de partida se decidió conformar un grupo de apoyo con amplios conocimientos en el manejo de herramientas de calidad para que colaborara en la aplicación de éstas y a la vez desarrollara un modelo para que los agentes de cambio dispusieran de un ejemplo de aplicación práctica, el cual pudiesen tomar como referencia en el desarrollo de proyectos similares en sus áreas de trabajo. En síntesis, el análisis del área de Distribución de Recibos, ayudará a que otras dependencias conozcan las aplicaciones prácticas del uso de herramientas de la calidad y que además sea una forma de plantear soluciones a los problemas presentes en los distintos procesos (mejora continua).

A continuación se presenta un comentario del Director de la Región Metropolitana²:

“Como corolario de la presentación resumida de este proyecto, me parece pertinente, hacer algunos breves comentarios y una reflexión:

En primera instancia debo señalar que de todas las propuestas que se hicieron algunas de ellas ya se han puesto en práctica, otras están en proceso de implementación y, algunas otras cuya ejecución no depende estrictamente de la Región; se consideran variables incontrolables, que representan un alto grado de dificultad para el desarrollo de estas iniciativas. No obstante, seguimos adelante tratando de convencer a las otras instancias.

Además, deseo referirme a la importancia de incursionar en este tipo de procesos, por cuanto nos permite aspirar a un mejoramiento

continuo de nuestro quehacer institucional, utilizando herramientas técnicas, que procuran evitar el análisis y resolución de problemas de manera subjetiva. Por otra parte, permite la integración de los grupos de trabajo interdisciplinarios y de diversos niveles de la organización, que interactúan por el mismo ideal y objetivos comunes, partiendo de la base de la estructura organizacional, es decir, desde donde se genera el servicio, con el fin de que en la puesta en marcha de las mejoras propuestas, participen los funcionarios que plantearon las soluciones.

En otras palabras, este mecanismo representa un nuevo enfoque de trabajo, que podemos resumir en lo siguiente: “Quienes participan en las propuestas para solucionar los problemas, son lo que implementan las mejoras”; sin embargo la adaptación de este modelo, que técnicamente se denominan “círculos de calidad”, constituye todo un proceso en el tiempo, que en el corto plazo genera resultados parciales, que se deben ir capitalizando y promocionando, de manera tal que, permita la motivación de los diversos grupos involucrados.

Todo lo anterior conlleva el sólo propósito de elevar los niveles de eficiencia y productividad, de nuestro producto y de nuestros servicios, buscando la satisfacción del cliente que es nuestra *UNICA RAZÓN DE SER*”.

Definiciones organizacionales básicas

Algunos de estos principios básicos no han sido definidos completamente, únicamente se

²Lic. Roosevelt Alvarado Ramírez, Director Región Metropolitana



cuenta con un planteamiento preliminar, pues se desea que la conformación de los mismos sea discutida y planteada por los propios funcionarios del Departamento de Distribución de Recibos, con la finalidad de que no sea un imposición y exista un compromiso real hacia esos principios por parte de los funcionarios.

Los planteamientos que a continuación se presentan surgen del Taller sobre Mejoramiento al Proceso de Distribución, el cual se realizó con la finalidad de hacer una discusión intra-departamental y obtener propuestas de solución a la problemática existente.

Misión: Realizar la distribución de recibos que cumplan con los estándares óptimos de calidad (nombre, dirección y monto correcto), en el tiempo y localización indicados a nuestros clientes de la Región Metropolitana.

Visión: Lograr que todos los distribuidores entreguen los recibos eficientemente y que los mismos reúnan la información necesaria para la satisfacción de nuestros clientes.

Filosofía: Estará definida por los aspectos relacionados a la Calidad Total, por tanto la filosofía estará enfocada hacia la incorporación de dicho concepto. Se define como el conjunto de esfuerzo efectivos de los diferentes grupos de una organización para la integración del desarrollo, del mantenimiento y de la superación de la calidad del producto, con el fin de hacer posibles la fabricación y servicio, a satisfacción completa del cliente y al nivel más económico.

Calidad Total es una cultura enfocada a la calidad para toda organización, es un esfuerzo

para lograr la excelencia en todas las actividades, involucra a todos los miembros de la organización en todos los niveles.

Esta es una filosofía de administración más que otra tecnología de calidad, consiste en el uso de métodos estadístico para controlar la calidad, reconoce que la calidad del producto no es sólo responsabilidad de una parte de la organización, compete a todas las partes las cuales deben compartir dicha responsabilidad.

Valores: En el Taller realizado se efectuó una propuesta de valores. Una vez analizado el contexto de este punto se llegó a la conclusión que para definir cada uno de dichos valores y lograr que sean concordantes con la Calidad Total, es necesario que éstos sean definidos por el propio grupo de trabajadores involucrados (distribuidores) y que sean ellos quienes se comprometan con los mismos para que no sea una imposición generada por un nivel jerárquico superior y ajeno al proceso de distribución.

Descripción del Departamento

A continuación se presenta una breve semblanza de los procesos de Lectura de Hidrómetros y Distribución de Recibos ya que ambos forman parte del Departamento de Facturación; así como las áreas que lo componen.

Lectura de hidrómetros: Se realiza de forma bimensual, debido a que la institución no cuenta con los recursos necesarios para poder realizar esta actividad de forma mensual.

Esta situación representa, en un grado considerable, la existencia de reclamos por altos consumos que se presentan actualmente y por ende incide en la cantidad de clientes que se apersonan a las oficinas a resolver este tipo de problemas.

El proceso de lectura se efectúa mediante rutas establecidas para cada sector de la región, en promedio cada una cuenta con 307 conexiones. El personal dedicado a esta labor es de 27 funcionarios, quienes se dedican en su totalidad a la lectura de hidrómetros en los distintos sectores.

La acción de leer hidrómetros conlleva que el lector cuente con una llave para abrir el medidor y una máquina electrónica en donde registra la lectura (Handheld), información que posteriormente es “extraída” e ingresada al sistema. La tarea de leer conlleva que el lector deba agacharse y destapar cada hidrómetro para realizar la lectura, es por este motivo que las rutas de lectura son más pequeñas que las de distribución de recibos, pues requiere de más tiempo efectuar la tarea.

Una vez que cada sector ha sido leído se procede a leer otro sector, procurando que cada dos meses sea leído cada uno. Las rutas de lectura no necesariamente están definidas por los límites del cantón, en algunos casos abarcan áreas de otros sectores.

Distribución de recibos:

En lo que se refiere a la distribución de recibos, la entrega de facturas a los clientes se realiza bajo la misma modalidad que la lectura de hidrómetros (a través de rutas de distribución) la diferencia radica en la conformación de las rutas y en los períodos en que se hace la distribución a los clientes.

El Departamento de Distribución está conformado por 34 funcionarios, dedicados a la entrega de recibos. Del total de los funcionarios 7 se dedican a la distribución a Grandes Clientes y el resto de funcionarios atienden las rutas normales, en moto y las denominadas colas (recibos que no salen con la facturación regular por diversos motivos).

Tabla #1: Lectura de hidrómetros. Conexiones por cantón (febrero 2004)

Zona	Cantón	Medido Activo	Medido Inactivo	Desglose		Total de conexiones	Rutas por cantón	Promedio de conexiones por ruta	Total de conexiones por zona	Total de rutas por zona	Representación porcentual
				Fijo Activo	Fijo Inactivo						
1	San José	74,205	7,214	2,381	835	84,635	270	313	122,176	399	43%
	Montes de Oca	13,661	713	887	184	15,445	51	303			
	Curridabat	13,562	809	1,110	151	15,632	52	301			
	La Unión	5,240	316	730	178	6,464	26	249			
2	Desamparados	34,764	1,998	3,201	698	40,661	132	308	54,373	176	19%
	Alajuelita	10,532	621	1,865	247	13,265	43	308			
	Aserri	168	6	263	10	447	1	447			
3	Escazú	10,755	609	2,804	444	14,612	55	266	23,690	88	8%
	Santa Ana	6,961	546	1,402	169	9,078	33	275			
4	Guadalupe	27,507	1,818	731	306	30,362	96	316	82,622	254	29%
	Tibás	16,534	925	349	120	17,928	54	332			
	Coronado	13,271	572	924	508	15,275	49	312			
	Moravia	12,009	629	512	132	13,282	39	341			
	San Pablo	5,071	160	456	88	5,775	16	361			
	Grandes Clientes	2,252	99		6	2,357	17	139			
Total general		246,492	17,035	17,615	4,076	285,218	934	305	285,218	934	100%



Tabla #2
Rutas de Distribución de recibos

Zona	Cantón	Rutas por cantón	Personal utilizado	Días requeridos para distribución
1	San José	183	30	6
	Montes de Oca	39	30	1.5
	Curridabat La Unión	62	30	2
2	Desamparados	108	30	3.5
	Alajuelita	35	30	1.5
3	Aserri			
	Escazú	57	30	2
4	Santa Ana	30	30	1
	Guadalupe	69	27	3
	Tibás	37	25	1.5
	Coronado	38	25	1.5
	Moravia	31	30	1
	San Pablo	16	25	0.5
Grandes Clientes				
Total general		705	29	25

Emisión de duplicados:

La cantidad de duplicados es una situación que se presenta con mucha regularidad en todas las oficinas de atención de clientes con que cuenta el AyA. A continuación se presenta una tabla que resume la cantidad de duplicados emitidos durante el año 2003.

De acuerdo a la información recolectada se concluye que la cantidad de duplicados emitidos es de 125.279 para toda la Región Metropolitana, lo que genera un promedio mensual de 10.440 solicitudes de duplicado.

Por otra parte, el 50% de las solicitudes de este tipo se realizan en la Agencia ubicada en

Paseo de los Estudiantes. El restante 50% se distribuye de la siguiente forma; 14% en Coronado, 11% en Guadalupe, 9% en Escazú, 7% Desamparados, 5% Santa Ana y 4% en San Pablo de Heredia.

Tabla #4
Rutas de Distribución de recibos

Centro de Atención	Total de duplicados	% correspondiente
Atención al cliente	62,550	50%
Coronado	17,260	14%
Guadalupe	13,289	11%
Escazú	11,436	9%
Desamparados	9,262	7%
Santa Ana	6,883	5%
San Pablo	4,599	4%

Metodología

Una vez expuesta la problemática existente con la generación de duplicados, se procedió a formar un grupo que se dedicara a realizar un análisis de la situación actual, utilizando diversas herramientas de control de calidad, situación que sirviera como un modelo para posteriores trabajos en otras áreas.

El grupo de trabajo fue conformado por; Ing. William Delgado, Sra. Haydeé Castro, Srta. Jennyffer Phillips y el Ing. Eduardo Solano, quienes se dedicaron al análisis y

Tabla #3: Cantidad de duplicados emitidos

Centro de atención	Cantidad de duplicados y "recibo no llegó" año 2003												Total por agencia
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	
Atención al cliente	4,931	4,007	4,423	3,317	5,248	4,701	6,576	7,246	6,152	5,896	6,386	3,667	62,550
Coronado	517	432	198	293	1,119	1,056	1,470	2,970	3,710	2,925	370	2,200	17,260
Guadalupe	866	979	925	1,547	1,831	721	697	1,312	1,925	1,585	495	406	13,289
Escazú	444	734	756	627	860	552	953	817	1,348	1,706	1,185	1,454	11,436
Desamparados	790	752	500	627	880	673	650	770	1,000	750	670	1,200	9,262
Santa Ana	208	415	441	611	639	714	585	697	710	608	725	530	6,883
San Pablo	157	74	435	341	417	498	411	351	453	620	435	407	4,599
Total de duplicados (mensual)	7,913	7,393	7,678	7,363	10,994	8,915	11,342	14,163	15,298	14,090	10,266	9,864	125,279

búsqueda de soluciones a los problemas en el Departamento de Distribución de Recibos.

El proyecto inició con la búsqueda de las causas que originan la emisión de duplicados, tratando de clasificarlas en causas asignables y no asignables a la institución, para luego atribuir las al departamento correspondiente y por último analizar si son controlables o no.

Las herramientas utilizadas en el análisis de la distribución de recibos fueron; diagramas de Ishikawa, clasificación ABC (Pareto), diagramas Causa-Efecto, muestreo estadístico, análisis gráfico y diagramas de flujo de proceso.

Partiendo del diagrama de flujo de proceso, como primer paso se realizó un diagrama de Ishikawa que permitiera identificar todas las actividades presentes en el proceso de distribución, para en un análisis posterior establecer cuáles de ellas presentan disconformidades con lo que debería de ser; asimismo permite calificarlas como asignables o no asignables al Departamento de Distribución de Recibos.

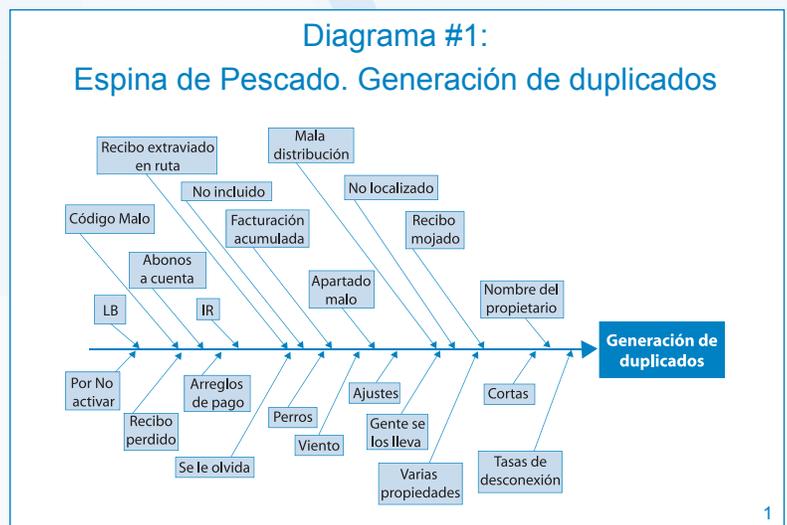
Por otra parte, al analizar la problemática de la distribución de recibos, enfocando el recibo como una forma de gestión de cobro, se llega a la conclusión de que no representa la alternativa más efectiva, ya que otras instituciones y empresas incluso lo han

eliminado y han incorporando otras alternativas para dicho fin.

Diagrama Espina de Pescado

Como primer caso se realiza un análisis de las distintas causas que originan la solicitud de un duplicado y por ende la presencia de una persona en las distintas oficinas de atención al cliente con que cuenta AyA.

Para tal efecto se utiliza un diagrama de espina de pescado en donde, de forma gráfica, se recopila toda la información de las diversas situaciones que generan la emisión de un duplicado.



El diagrama anterior presenta los diferentes motivos que generan un duplicado, posteriormente se realiza un análisis más detallado en el que se determina a qué proceso son asignables cada una de las distintas causas.

¹ LB: Lote baldío, IR: Inmueble en ruinas

El principio básico de la construcción de un diagrama de este tipo es determinar cuáles son las causas que generan el problema, con la finalidad de solucionar las fuentes y no trabajar sobre síntomas. Con este fin se genera una especie de lluvia de ideas en la que se recopilan la causa y se colocan como aspectos que afectan al sistema o proceso.

Discusión

Asignación de causas

Una vez determinadas las diferentes situaciones que generan la solicitud de un duplicado se hace una separación de acuerdo al proceso al cual son asignables las distintas situaciones. A continuación se presenta un resumen de este aspecto.

Distribución de recibos:

- Extraviado en oficina
- No incluido en ruta
- Mal distribuido
- No localizado

Centro Técnico:

- El código de localización es incorrecto
- Existen varias pajas
- Nombre del propietario no corresponde

Cliente:

- Existe un arreglo de pago
- Realiza un abono parcial a la cuenta
- Requiere un ajuste a la facturación
- Recibo extraviado en la casa
- No lleva el recibo para cancelar (se le olvida)
- No hay buzón

- Perro lo rompe
- Se lo lleva el viento
- Recibo mojado
- Se lo llevan por maldad
- Servicio cortado
- Problemas familiares. Inquilinos
- Lote baldío
- Inmueble en ruinas

Cobranza:

- Tasas de desconexión generadas
- No activos en el sistema

Correos:

- Apartado postal

Facturación:

- Facturación acumulada

Aplicación de la encuesta:

Posteriormente a la recolección de esta información se procedió a realizar una clasificación de la problemática de acuerdo a la incidencia de cada uno de los factores, para esto se utilizó una encuesta que lograra hacer una representación de las causas.

Para conocer la opinión de los clientes en cuanto a la atención que brinda el AyA, se utilizó la técnica de la entrevista directa a los abonados que se apersonaron a las ventanillas de emisión de duplicados de la Agencias Central (Paseo Estudiantes).

La preparación de la herramienta consideró varias actividades como:

- Diseño de la encuesta: lo cual conlleva

planteamiento de preguntas y objetivo de las mismas

- Tiempo de aplicación de la encuesta de acuerdo a los recursos de personal con los que se contaba.
- Limitaciones; la encuesta sólo se aplicó en una agencia, debido a la gran cantidad de abonados y a la premisa de obtención de datos.
- No se puede determinar si existieron situaciones especiales o externas al control de la institución que sesgaran la respuesta de los clientes.

Evaluación y resultados de la encuesta

Los resultados obtenidos en la encuesta demuestran el cumplimiento de los objetivos planteados originalmente. A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos con la aplicación de la encuesta.

1. Motivo por el cuál solicita un duplicado.

Debido a que es importante lograr medir la problemática actual es de suma relevancia determinar cuáles son los motivos que generan que un cliente se apersona a las oficinas de AyA a solicitar un duplicado. Esta pregunta ayudará a realizar una clasificación de los distintos motivos y principalmente incorpora al cliente dentro del análisis del proceso.

Una vez aplicada la encuesta se obtuvo que los principales motivos que generan la solicitud de un duplicado son: pendiente anterior, desconexión, recibo perdido, recibo

no llega y alto consumo, situaciones que representan el 77% de la totalidad.

Tabla #5:
Motivo de generación de duplicado.

Pendiente anterior	17	31%	31%	
Desconexión	13	24%	55%	
Recibo perdido	5	9%	64%	A
No llega	4	7%	72%	
Alto consumo	3	6%	77%	
Arreglo de pago	3	6%	83%	B
Préstamo	2	4%	87%	
No sistema B.N	1	2%	88%	
No sabe de cual paja es	1	2%	90%	
No hay donde dejarlo	1	2%	92%	C
Corta	1	2%	94%	
Inquilino	1	2%	96%	
Perro lo rompe	1	2%	98%	
Cambio de envió	1	2%	99%	

De acuerdo a los datos obtenidos y una vez aplicada una Clasificación ABC (Pareto) se centrarán esfuerzos en solucionar aquellos motivos clasificados como "A", pues son los más representativos en la emisión de duplicados.

De acuerdo al principio de Pareto: "un 20% de las fuentes causan el 80% de los problemas" la clasificación de los problemas ayuda a resolver aquellos que son determinantes de acuerdo a su incidencia o frecuencia en que se presentan.

2. Cantón al cuál pertenece el recibo.

Esta pregunta se plantea con la finalidad de conocer si existe alguna tendencia en la solicitud de duplicados de acuerdo a la ubicación geográfica.

Los resultados obtenidos fueron: Siguiendo la clasificación por cantones con que cuenta la

Región Metropolitana se puede concluir que del cantón central de San José se presenta el 47% de las solicitudes de duplicado, seguido por Desamparados con un 17%, Guadalupe con un 9% y Curridabat con un 6%, lo que en total representa el 78% de procedencia de solicitudes.

Tabla #6:
Cantón de donde se solicita el duplicado

San José	14	26%	26%	A
Desamparados	9	17%	43%	
Pavas	8	15%	57%	
Guadalupe	5	9%	67%	
Hatillo	3	6%	72%	
Curridabat	3	6%	78%	
Alajuelita	3	6%	83%	B
Santa Ana	3	6%	89%	C
Tibás	2	4%	93%	
Zapote	2	4%	96%	
Moravia	1	2%	98%	
La Unión	1	2%	100%	

3. ¿La propiedad se encuentra habitada actualmente?

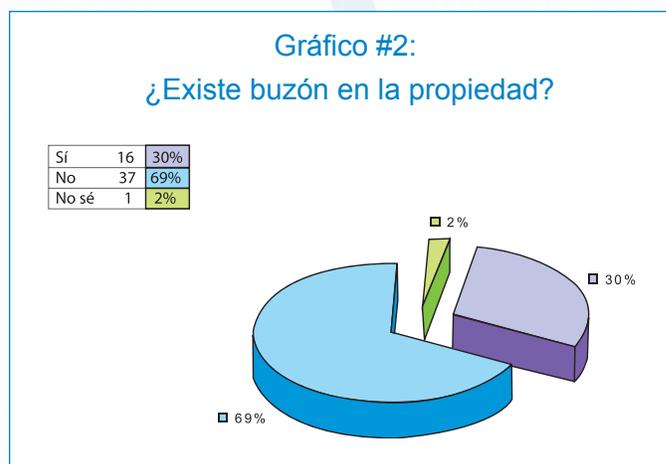
Una de las situaciones que originan que un cliente solicite un duplicado es que la propiedad en la que se llega a entregar el mismo esta deshabitada, lo cual genera que el cliente deba solicitar un duplicado para cancelar su consumo de agua.

Del total de encuestados (54) un 98% manifestó que la propiedad estaba habitada actualmente, por lo cual se puede asegurar que la cantidad de duplicados por entrega de recibos en propiedad desocupada son mínimos.



4. ¿Existe buzón en la propiedad?

Otro de los casos que origina la solicitud de un duplicado es la pérdida del recibo por falta de un lugar en dónde depositar el mismo, se plantea esta pregunta con la finalidad de conocer el porcentaje de clientes que cuentan con un dispositivo en el cual depositar el recibo.



Aproximadamente el 70% de las propiedades no cuentan con buzón, lo cual aumenta la

posibilidad de que el recibo se extravíe por no contar con un lugar adecuado para depositarlo. El resultado obtenido indica la necesidad de asegurar la entrega del recibo a través de un dispositivo adecuado en el cual se deposite la factura.

5. ¿Conoce usted las distintas formas de cancelación del recibo, sin tener un duplicado?

Existen diferentes opciones para cancelar el servicio de agua sin tener que presentar el recibo. La pregunta se plantea con el objetivo de determinar si los clientes conocen de dicha opción. Actualmente AyA cuenta con establecimientos afiliados al sistema de conectividad, a saber; Banco de Costa Rica, Banco Nacional, Bancrédito, Banca Promérica, Banco Elca, Banco de San José, Perimercados, Mega Super, Super Cindy, Servimás y Automercado) lo cual permite a los clientes realizar el pago sin necesidad de presentar el recibo.



La mayoría de clientes que solicitan un duplicado desconocen la existencia de

alternativas de cancelación sin necesidad de presentar el recibo (76%).

6. ¿Qué sistema de distribución y forma de cancelación, cree usted que se puede utilizar para solucionar el problema?

Esta es una pregunta abierta que pretende conocer de qué forma prefiere el cliente le sea

Tabla #7:
Sugerencias de entrega o cancelación de recibos

Conforme con el sistema actual	18	32%	53%	
No responde	12	21%		
Más información	4	7%	15%	15%
Cancelación en línea	3	5%	11%	27%
Más control de lo cancelado	3	5%	11%	38%
Más agencias	2	4%	8%	46%
Correo electrónico	2	4%	8%	53%
Entrega más efectiva	1	2%	4%	57%
Dejar en el buzón	1	2%	4%	61%
Cuotas más bajas	1	2%	4%	65%
Más orden	1	2%	4%	68%
Más tiempo para Vencer 10 días	1	2%	4%	72%
Mensaje telefónico	1	2%	4%	76%
No sabía del sistema	1	2%	4%	80%
Que preñe el recibo	1	2%	4%	84%
Que tire el recibo	1	2%	4%	88%
Número para consultas telefónicas	1	2%	4%	91%
Aceptar pago con tarjeta	1	2%	4%	95%
Cancelar el recibo de corta en otro lado	1	2%	4%	99%

entregado el recibo de agua, con la finalidad de evitar que tenga que solicitar un duplicado.

De la totalidad de entrevistados un 53% manifestó estar conforme con el sistema actual o no respondió la pregunta. Con el objetivo de analizar únicamente las sugerencias emitidas se separó ese dato y se analizaron los comentarios de mejora emitidos por el cliente, lo que dio como resultado que la principal

solicitud es brindar más información, seguido por reforzar la cancelación en línea y tener más control sobre los recibos cancelados.

7. Cite alguna recomendación que usted desee y cree que AyA debe de mejorar.

Con el objetivo de conocer los requerimientos del cliente se plantea esta pregunta para determinar aquellos aspectos en los que AyA esta fallando, desde la perspectiva del cliente.

Un 17% de los clientes no ofreció ningún tipo de sugerencia. La principal solicitud de los clientes es brindar más información (29%), seguido por una mejor lectura (15%), control de las tasas de desconexión (8%) y mejoras en la distribución (8%).

Diagramas de Causa Efecto

En los siguientes diagramas de causa - efecto se detallan las características de

Tabla #8
Sugerencias

Más información	15	29%	29%	
Mejor lectura	8	15%	44%	
Control en tasas de desconexión	4	8%	52%	
Mejorar la distribución	4	8%	59%	A
Mejor trato del personal	3	6%	65%	
Mayor tecnología	3	6%	71%	
Línea telefónica para consultas	2	4%	75%	
Conexión en línea	2	4%	78%	
Más agencias	2	4%	82%	B
Caja recaudadora en Santa Ana	1	2%	84%	
Dar solución en agencias	1	2%	86%	
Entrega en puerta	1	2%	88%	
Incremento muy alto	1	2%	90%	
Más personal	1	2%	92%	
Mejorar el servicio	1	2%	94%	C
Pago con cheque en agentes recaudadores	1	2%	96%	
Privatizar atención en ventanillas	1	2%	98%	
Tiempo de entrega de recibos	1	2%	99%	

aquellos trámites clasificados como A dentro de la jerarquización hecha con el consolidado del análisis de los diferentes motivos de solicitud de duplicados:

Diagrama #2
Causa – Efecto Pendiente Anterior

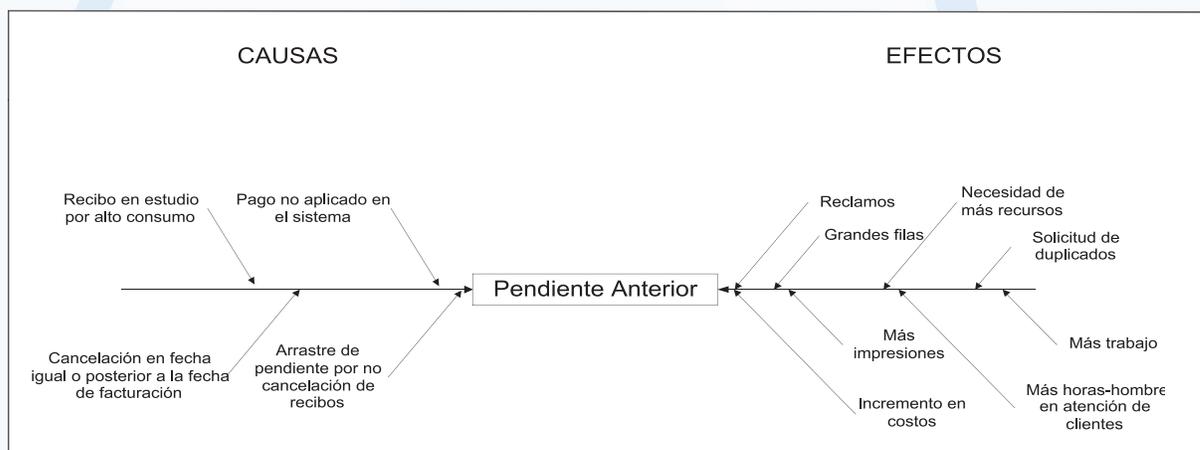


Diagrama #3
Causa – Efecto Tasas de Desconexión

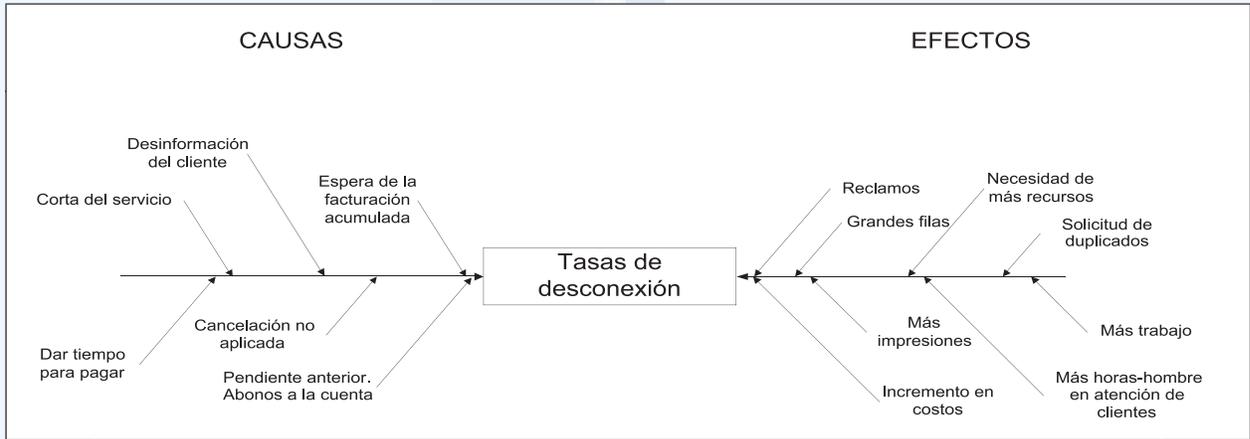


Diagrama #4
Causa – Efecto Recibo Perdido

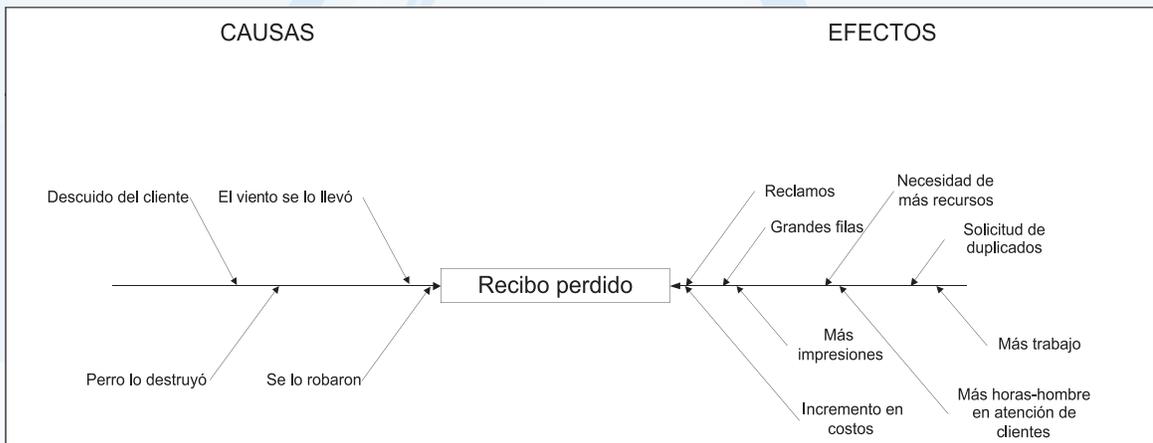


Diagrama #5
Causa – Efecto Recibo no llegó

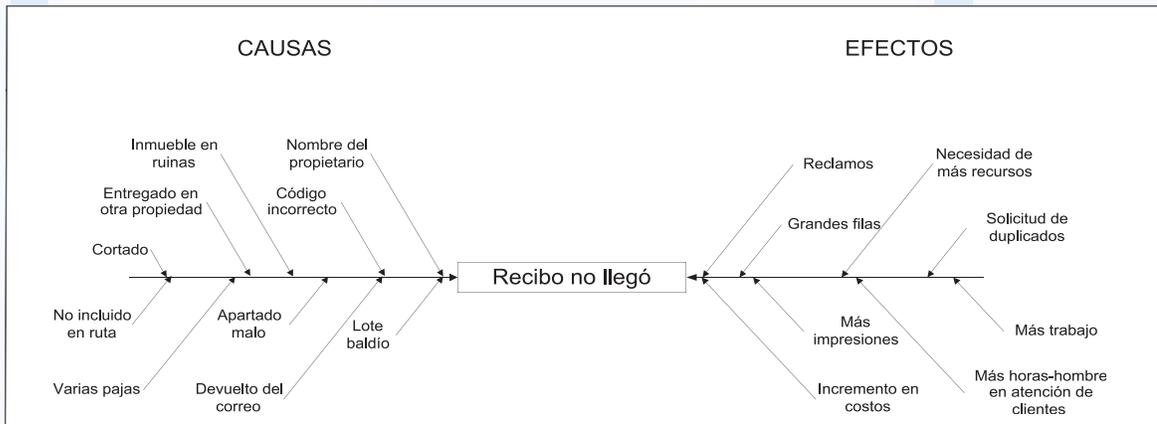
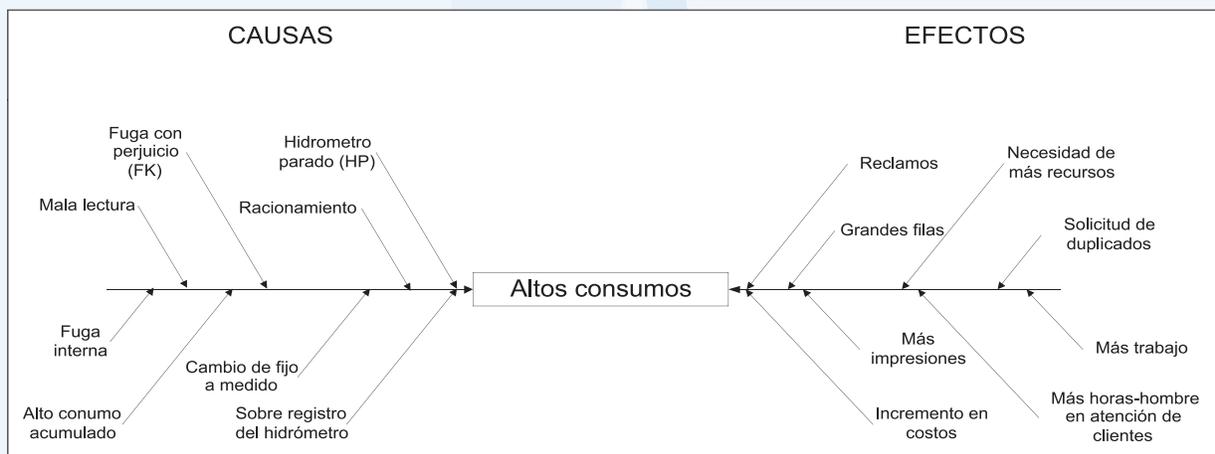


Diagrama #6 Causa – Efecto Altos Consumos



Los anteriores diagramas son una representación de las situaciones que influyen en la generación de duplicados. En cada uno se analiza el origen de la situación y los problemas dados con la emisión de duplicados.

Estrategia de trabajo

Taller de Mejoras al Proceso de Distribución

Debido a que son varias las áreas que influyen, directa o indirectamente, en la generación de duplicados se planteó la necesidad de realizar un análisis de la situación actual a través de un taller que reuniera personal de dichas áreas con el objetivo de plantear soluciones para reducir la emisión de duplicados.

En dicho taller, además de analizar la problemática en forma conjunta se organizaron varios grupos, quienes se encargarían de

plantear soluciones a las causas principales que generan duplicados y generar propuesta de solución, así como buscar formas alternativas para realizar la gestión de cobro y plantear mejoras al recibo.

Los asistentes a dicho taller conformaron 6 grupos diferentes, los cuales brindaron las siguientes propuestas y resultados:

- Aumentar los días de fecha de vencimiento: Lo que se busca es que exista mayor tiempo entre el momento en que se entrega el recibo y la fecha de vencimiento.
- Telegestión: informar sobre los diferentes lugares donde se puede gestionar la cancelación con la finalidad de evitar que los clientes se apersonen a los diferentes centros de atención de AyA.
- Campaña Informativa que ayude a que los clientes cuenten con más información en torno a los servicios y facilidades que ofrece AyA. Algunos recursos que pueden

utilizarse son; medios de comunicación, alfombra informativa, afiches informativos en agentes recaudadores, formas de pago, entre otros.

- Incluir Municipalidades como agentes recaudadores con el propósito de extender los puntos en donde los clientes puedan cancelar sus recibos.
- Utilización de videos informativos en Agencias, aprovechando el tiempo que los clientes requieren para realizar sus trámites.
- Mensajes de texto a celulares informando del cobro del servicio de agua.
- Rotulación de vehículos institucionales con publicidad de AyA.
- Sistema de Control de la incidencia en la generación de duplicados, que permita contar con un control sobre los motivos de generación de duplicados.
- Implementación de conectividad a todos los agentes recaudadores, lo cual asegure a los clientes el registro inmediato, en la base de datos de la institución, del pago realizado.
- Lectura mensual que ayude a la detección de problemas originados por la lectura del hidrómetro, tales como fugas con perjuicio, variaciones en los hábitos de consumo o hidrómetro dañado, entre otros.
- Reconexiones de calidad (no dejar fugas)
- Campaña de concientización a los abonados para el mantenimiento de las instalaciones internas, situación que les evitará posibles problemas de altos consumos por daños internos.
- Mantenimiento de Hidrómetros (conexiones) actualizado, que permita la detección oportuna de problemas en las conexiones, que posteriormente generaran un inconveniente para el cliente.
- Número telefónico para consulta de monto del recibo. Esta opción evitará que los clientes se desplacen a las oficinas comerciales a realizar un trámite tan simple con la consulta del monto de su recibo.
- Controles de calidad en la lectura y distribución, que aseguren una lectura real de los hidrómetros y una entrega efectiva de la factura de agua.
- Sistema de Cancelación Automática de Recibos relacionado con el OPEN (Ej.: Sistema PAR) a través del cual el pago del recibo quede automáticamente registrado en el Sistema de Atención Comercial.
- Taller de capacitación con distribuidores, donde se motive e instruya a los distribuidores para que realicen una entrega efectiva y eficiente de cada uno de los recibos de agua.
- Llevar a cabo codificación en las propiedades que faciliten la ubicación de las mismas.
- Revisar y corregir direcciones de los clientes.
- Promover la instalación de buzones para la entrega de recibos con lo cual se evita que el recibo se pierda por diversas circunstancias.
- Medidas administrativas con Altos Consumidores.

- a. Manejar un listado de contactos a los cuales hacer llegar el recibo.
- b. Buscar otras formas de entrega que aseguren la entrega.
- c. Formalizar un grupo de trabajo (distribuidores y grandes clientes) que logre una coordinación estrecha entre la generación del recibo y su entrega.
- d. Hoja de Control de entrega de facturas.
- Agencia Virtual que se constituya como un Plataforma Electrónica a través de la cual los clientes puedan realizar sus trámites de consulta y solicitudes de servicio.

Agradecimientos

Este Proyecto ha sido impulsado por el Director General de la Región Metropolitana Lic. Roosevelt Alvarado Ramírez, con el soporte del personal de apoyo que trabaja en el desarrollo del proyecto de Calidad Total; Ing. William Delgado, Sra. Maureen Alvarado, Sra. Haydee Castro, Sra. Paola Campos, Sra. Peggy Porras y Srta. Jennifer Phillips.

Referencias Bibliográficas

- Acuña A., Jorge. **Control de calidad. Un enfoque integral y estadístico.** Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2002.
- Cuatrecasas, Lluís. **Gestión integral de la calidad.** España: Ediciones Gestión2000, 1999.
- Tapscott, Don. **Cambio de paradigmas empresariales.** s.l. : MacGraw Hill, 1995.

Salud Ocupacional



EL MANEJO DE LAS EMOCIONES EN EL TRABAJO



Yolanda Salas Hernández

Con todo esto de la modernización y globalización en las organizaciones, los cambios en nuestra sociedad nos afectan directamente, nos vemos entonces en la obligación de revisar nuestras ideas, comportamiento e inclusive nuestra actitud no solo en el trabajo sino en todos los aspectos que conforman nuestra vida diaria. Muchos autores y pensadores desde hace algún tiempo nos vienen hablando sobre temas como la inteligencia emocional y competencias. Y en consecuencia, nos preguntamos, ¿cómo es que debo comportarme en el trabajo o en mi vida?, ¿cómo asumo las responsabilidades que se me encomiendan en mi trabajo con inteligencia y sin dejarme llevar por mis emociones?. Es acá en donde debemos en este caso escudriñar en nuestros sentimientos más profundos y analizar.

Señala el Editor Jefe de la Revista Summa 2004 que: “El trabajo da salud”. Indica como ejemplo a un hondureño que con 80 años de

edad trabaja doce horas diarias, porque eso lo hace sentir lleno de energía y vitalidad, sin por ello dejar de lado su vida familiar y sobre todo disfrutar la vida. Es cuestión de encontrar un equilibrio entre lo que lo hace feliz, y parte de esa felicidad para él está en su trabajo. En nuestra Institución existen muchos funcionarios con energía y ganas de aportar a su trabajo en donde lo importante es lo que significa para la persona su trabajo, no importa las horas, como estamos contratados o que puesto desempeñamos, sino amar lo que se hace conforme las normas existentes en la organización y es de esta forma como podemos manejar nuestras emociones en el trabajo, logrando mejores resultados en el desempeño pero sobre todo, porque nos sentimos autorealizados y muy motivados cada día.

La inteligencia emocional no es más que el uso inteligente de las emociones, pues de forma intencional hacemos que trabajen para cada uno de nosotros, con el fin de guiar

nuestro comportamiento y razonar de una forma en que mejoremos nuestros resultados como seres humanos.

En el trabajo la aplicación de la inteligencia emocional es infinita, pues resulta un instrumento eficaz para resolver situaciones dentro del trabajo y a nivel personal, como por ejemplo, un conflicto con un compañero, atender a un cliente difícil, criticar al jefe, perseverar en una tarea hasta completarla, concretar un proyecto y enfrentar otros retos que puedan afectar nuestro éxito laboral y personal. Debemos recordar que la inteligencia emocional se utiliza en forma intrapersonal (ayudándonos a nosotros mismos) e interpersonal (ayudando a los demás).

La inteligencia emocional se deriva de cuatro elementos básicos del ADN que según los psicólogos John Mayer y Peter Salovey se puede alimentar, desarrollar y aumentar, pues no se trata de una cualidad que se tenga o no, sino que aumenta a medida que aprendemos y ejercitamos las capacidades de que esta se compone, a saber:

- Percibir, valorar y expresar emociones con precisión.
- Experimentar o generar a voluntad determinados sentimientos en la medida que faciliten el entendimiento de uno mismo o de otra persona.

- Comprender emociones y el conocimiento que de ellas se deriva.

- Regular las emociones para fomentar un crecimiento emocional e intelectual.

Me llama la atención como cada día se nos muestran nuevas formas de ser más eficientes y también como adaptarnos al cambio de las organizaciones actuales y que, como señalamos anteriormente, nos afectan directamente como seres humanos, no necesariamente en forma positiva como deseamos.

En realidad, en este artículo se pretende agregar a todo lo que se dice pero en forma más concisa, que la inteligencia emocional no es algo novedoso en la administración de las organizaciones, sino sencillamente es el conocimiento de la capacidad de cada ser humano en evolución y que podemos aprovechar en una de las actividades que más nos consume tiempo y vida, el trabajo. Asimismo, la búsqueda de la objetividad en nuestro quehacer laboral, donde las emociones y las tareas se conjuguen en resultados favorables para la Institución. También un reconocimiento de nuestras competencias en el trabajo, sin invadir campos ajenos, entendiendo que esto no excluye la solidaridad laboral ni el apoyo entre equipos de trabajo o de grupos de colaboradores.



En el Plan Estratégico del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) para el período 2003-2020, se define:

MISIÓN

Suplir y normar todos los aspectos relacionados con los servicios públicos de agua potable y alcantarillado sanitario para toda la población dentro del territorio nacional, por medio de la integración de las actividades de financiamiento, protección ambiental y construcción, con las de operación y mantenimiento de ambos servicios, financiados por medio de tarifas y tasas que se ajusten al principio de servicio al costo, más un crédito de capitalización para desarrollo.

VISIÓN

AyA será una Institución, que mediante el fortalecimiento de sus potestades de rectoría y operación, se posicione entre las organizaciones líderes a nivel latinoamericano en materia de agua potable y alcantarillado sanitario; mediante el desarrollo de proyectos, donde prevalezca el sentido social y en armonía con el ambiente.

VALORES

- Excelencia
- Espíritu de Servicio
- Ética

"Sin Perseverancia, Estudio e
Investigación, el Talento es un
Campo Estéril"

