

**IV CONGRESO LATINOAMERICANO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA CIVIL**

**COLEIC, PANAMÁ 2007**

**CONCURSO DE PONENCIAS**

**Mapa Piloto de Calidad de Agua de la Cuenca del Río David**

**AUTOR(ES):**

**MASIEL CABALLERO**

**MIRTHIA GONZALEZ**

**ASESORA:**

**DRA. VICCELDA DOMÍNGUEZ LECKY**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ**

## **Mapa Piloto de Calidad de Agua de la Cuenca del Río David, provincia de Chiriquí, República de Panamá**

### **I. INTRODUCCION**

La determinación de la calidad de las aguas es indispensable en la gestión integrada de este recurso. En todo el territorio nacional es de gran importancia planificar de forma estratégica, los programas y proyectos que deben ser implementados para prevenir la contaminación, promover la conservación y aplicar medidas de recuperación para el mejoramiento de la calidad ambiental de los recursos hídrico.

La contaminación puntual de nuestros recursos hídricos es evidente, por tal razón se hace necesaria la ejecución de un monitoreo de la calidad del agua. Para este estudio la cuenca seleccionada, es la del Río David, entre las principales razones, a que sirve como fuente de abastecimiento de agua potable, considerada como la segunda fuente de abastecimiento más grande del país (capacidad nominal de 13 MGD y su producción real es de 14.1 MGD, planta de Algarrobo IDAAN, 2004). Por otra parte el río David es un importante sistema ambiental, que sostiene importantes ecosistemas acuáticos y terrestres de los distritos de Dolega y David.

La cuenca del río David, posee una extensión territorial aproximada de 315 km<sup>2</sup>; 153, 838 habitantes y se encuentra ubicada geográficamente, entre las coordenadas UTM 320000 y 380000 E, 900000 y 965000 N, en la Provincia de Chiriquí, República de Panamá.

La situación actual y futura, implican una creciente presión sobre el río David, que sirve de fuente de abastecimiento de agua potable para una población de aproximadamente 124, 280 habitantes el 81.1 % del total de la población de la cuenca (Estadística y Censo, 2000).

Este río además de tener el uso como fuente de abastecimiento de agua, es utilizado como cuerpo receptor de las descargas de aguas residuales (doméstica, industrial y comercial) de la ciudad de David, 77,734 habitantes. (Estadística y Censo, 2000).

Los habitantes de esta subcuenca se han dedicado a la producción de naranja, caña, café, piña, granos básicos y ganadería. Sin embargo, las malas prácticas desarrolladas a través del tiempo

han provocado un desequilibrio ambiental: los suelos presentan alto nivel de degradación, son pobres y desprotegidos debido a las actividades pecuarias que se extienden a zonas con pronunciadas pendientes, que debido al sobrepastoreo ocasionan problemas de compactación y erosión reduciendo la capacidad de infiltración y regulación de la escorrentía. A esto se le suma una fuerte deforestación en la parte alta de la Subcuenca, incluyendo el nacimiento del Río David (Batista, 2003).

## II. OBJETIVO

Elaborar un mapa piloto de calidad del agua, incorporando el Sistema de Información Geográfico (SIG), en la cuenca e implementar un programa de monitoreo puntual de calidad de agua a lo largo del río David, como mecanismo de prevención y control de la contaminación del agua.

## III. METODOLOGÍA

### Parámetros analizados

Para las campañas de monitoreo se sugieren la medición de 10 parámetros de calidad del agua (Tabla 1) en: las siete estaciones del curso principal, una estación en el Río Majagua, una en las quebradas Sapo y Obaldía (respectivamente) y la descarga principal de la ciudad de David, generados por el Proyecto: **Implementación de un Sistema de Gestión de Cuencas utilizando como Base de Respuesta, la unidad ecosistémica del río David.** De estos parámetros, Temperatura, pH, Conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO<sub>5</sub>), Sólidos Suspendidos Totales, Nitrógeno Total, Fósforo Total y Demanda Química de Oxígeno (DQO). La razón por la cual se han escogido estos parámetros, es que los siete primeros, de acuerdo a distintos autores, como la Comisión Nacional del Medio Ambiente (1999), Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos (1970) y Autoridad Nacional del Ambiente (2005 y 2006) se encuentran entre las variables más representativas de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental (NAS) y el Índice de Calidad del Agua (ICA). En cuanto a los tres últimos parámetros ellos pueden ser indicadores de contaminación difusa, a través del transporte de Nitrógeno, Fósforo y químicos hasta al eje

principal de la cuenca (estos tres últimos forman parte de otra fase de la investigación, por lo que no se discutirán con detalle en este estudio).

### **Normativas y manuales de referencia**

Para el muestreo de la descarga de la ciudad de David, se seguirá lo establecido en la norma DGNTI-COPANIT 35-2000, en su artículo 4 correspondiente a muestreos y análisis de “Descargas de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de agua superficiales y subterráneas”.

### **Clases de calidad asociadas a la protección de las aguas continentales superficiales.**

El criterio utilizado para determinar las clases de calidad será la “Guía para el establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Aguas Marinas (NSCA)”, diseñada por el Departamento de Control de la Contaminación de la Comisión Nacional de Medio Ambiente de Chile (CONAMA) (INN-Chile,1999), en ausencia de una norma o guía nacional.

Según la NSCA, las clases de calidad asociadas a la protección de las aguas continentales superficiales para la protección y conservación de las comunidades acuáticas y para los usos prioritarios son las siguientes:

- a. *Excepcional*: Indica un agua de mejor calidad que la clase 1, que por su extraordinaria pureza y escasez, forma parte única del patrimonio ambiental de la República. Esta calidad es adecuada también para la conservación de las comunidades acuáticas y demás usos definidos cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase.
- b. *Muy buena calidad (1)*. Indica un agua apta para la protección y conservación de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos en las clases 2 y 3.
- c. *Buena calidad (2)*. Indica un agua apta para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa, y para los usos comprendidos en la clase 3.

*d. Regular calidad (3).* Indica un agua adecuada para bebida de animales y para riego restringido.

Las clases de calidad comprendidas entre la Clase de Excepción y la Clase 3, son aptas para la captación de agua para potabilizarla, dependiendo del tratamiento a utilizar. Las aguas que exceden los límites establecidos en la futura norma de calidad para la clase 3, indican un agua de mala calidad (clase 4), no adecuada para la conservación de las comunidades acuáticas ni para los usos prioritarios a los que se hace referencia anteriormente, sin perjuicio de su utilización en potabilización con tratamiento apropiado y/o para aprovechamiento industrial.

#### IV. RESULTADOS

Para conocer la condición ambiental de la cuenca primeramente se han estudiado las actividades: industriales, comerciales, domésticas y agropecuarias de la cuenca para determinar la afectación en cuanto a cantidad y calidad de agua en el río David; posteriormente se analizan las características geomorfológicas del río David, utilizando fotografías aéreas 1:20000 y cartas topográficas e hidrográficas de 1:50000, se secciona el río en 7 tramos de acuerdo a sus características geomorfológicas, ríos tributarios y las actividades de la cuenca.

La selección de las estaciones de muestreo se realizó, sobre la base de información relativa a las propiedades del ecosistema fluvial y sus usos prioritarios.

**Tabla.1.** Descripción de las estaciones de muestreo

Código	Río	Coordenadas	
		X	Y
PR	Río David	331939.000	963317.000
PD1	Río David	331990.510	963546.39
PD2	Río David	332191.080	962029.620
PD3	Río David	322004.81	960992.850
PD4	Río David		
		335157.070	955447.820

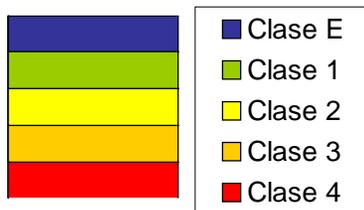
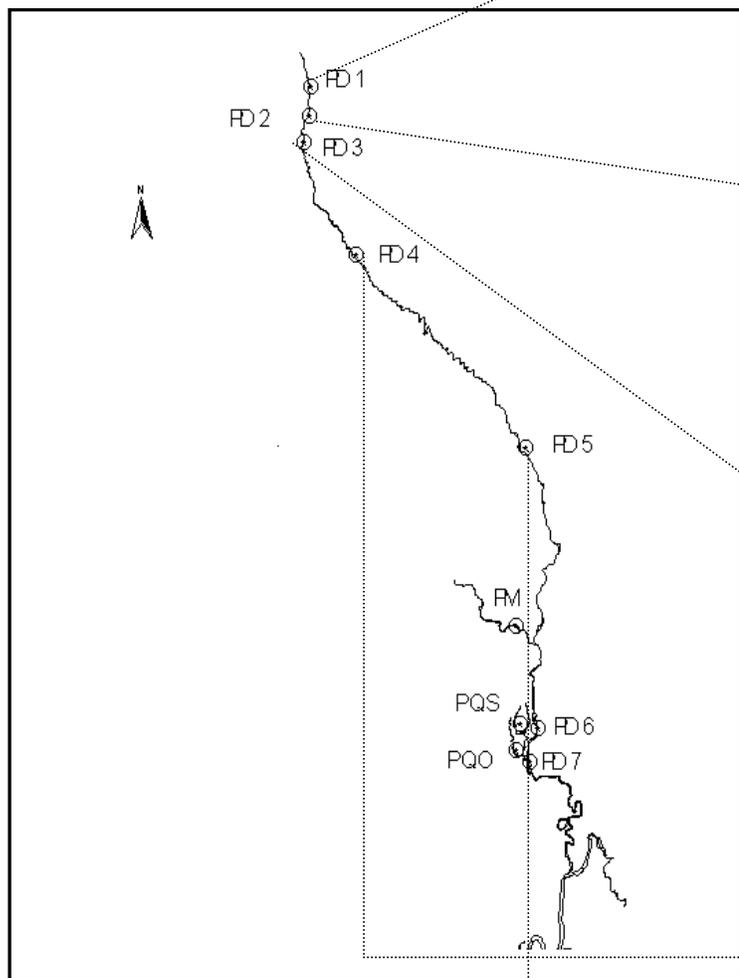
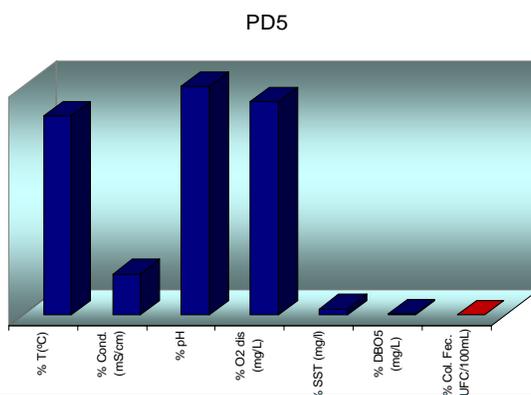
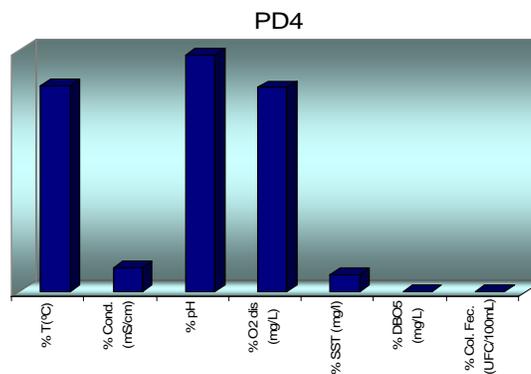
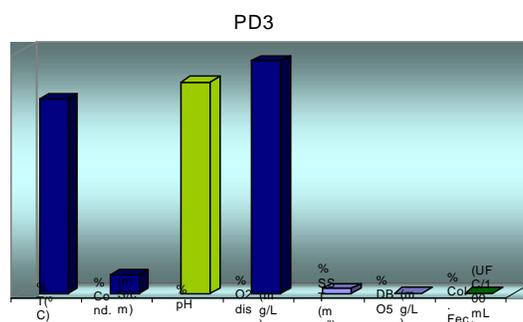
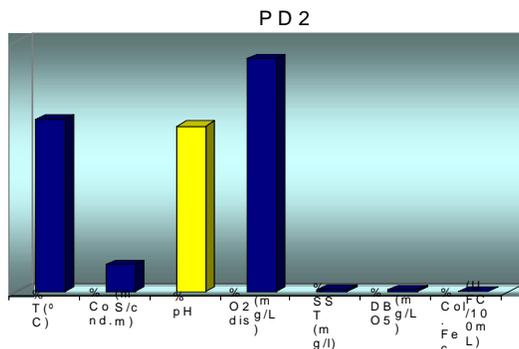
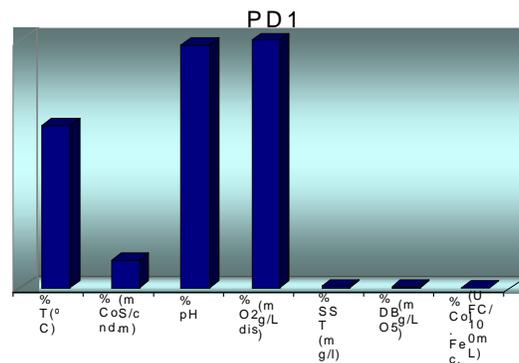
PM	Río Majagua	343567.004	937845.468
PD5	Río David	344163.801	946143.660
PD6	Río David	344745.318	932504.718
PD 7a	Río David (antes de la descarga de la ciudad de David)	344229.390	931333.230
PD 7b	Río David (después de la descarga de la ciudad de David)	344232.370	931320.750
PQS	Quebrada del Sapo	344149.380	932672.530
PQO	Quebrada de Obaldía	344131.990	931486.13

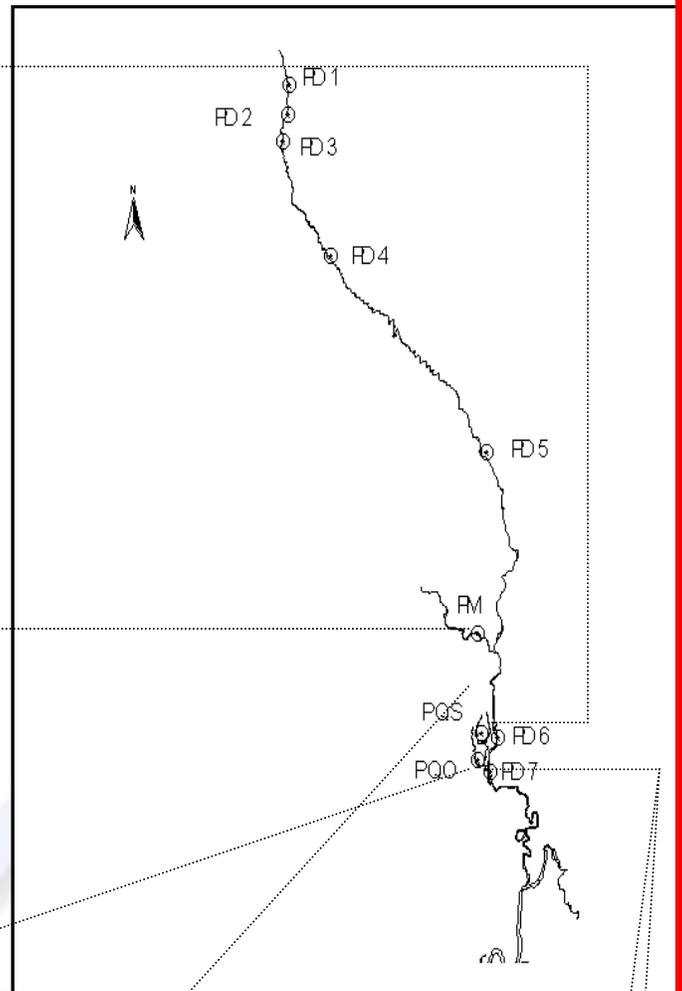
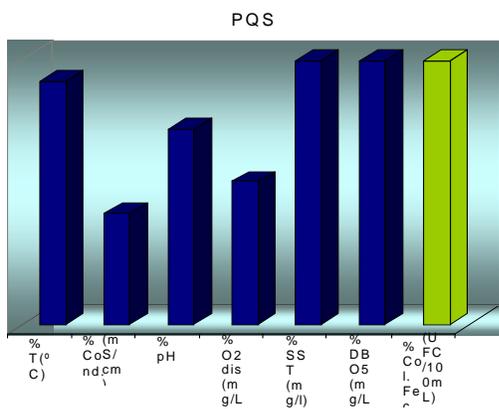
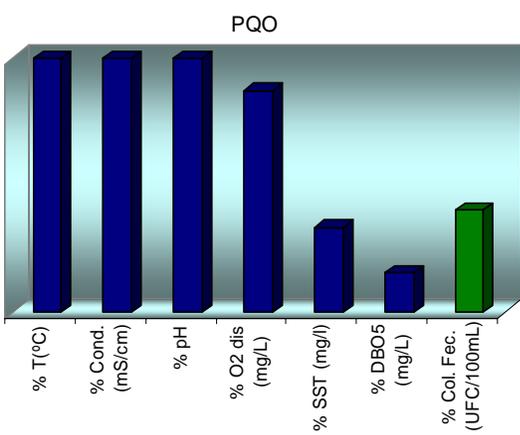
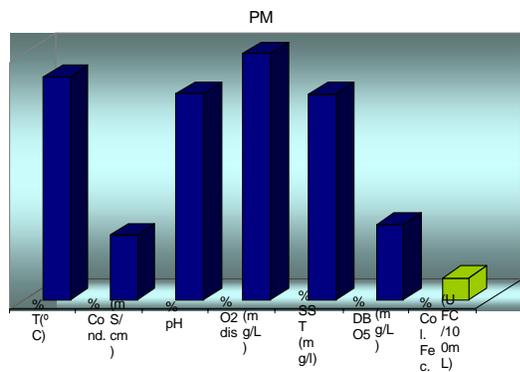
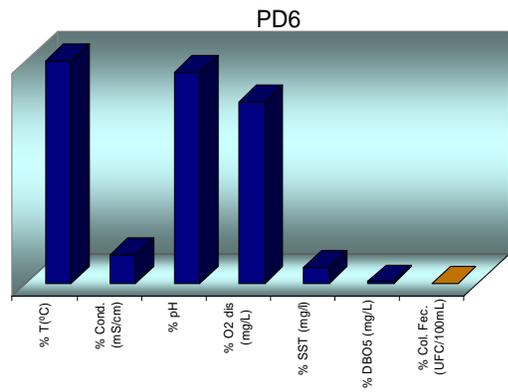
En los gráficos elaborados, el tamaño de cada barra representa el valor obtenido de un determinado parámetro en términos porcentuales respecto de la máxima concentración registrada para ese parámetro durante esta campaña, considerando todas las estaciones de muestreo (curso principal y afluentes). El color en tanto, representa la clase de calidad según la NSCA siendo: Azul= Excepcional; Verde= Clase 1; Amarillo= Clase 2; Naranja= Clase 3; Rojo= Clase 4.

Al comparar los 7 parámetros en estudio con las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales (NSCA), se tienen los siguientes resultados:

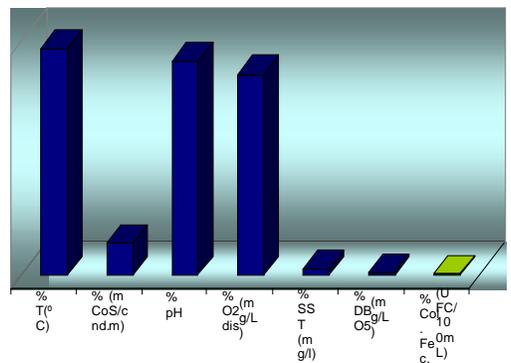
1. En relación con el muestreo realizado a los afluentes y efluentes que descargan al río David se tienen tres puntos de monitoreo de ellos (**Figura 2**), los parámetros de temperatura, conductividad, pH, Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno con un 100 % en clase E respectivamente y los Coliformes fecales un 100 % en clase 1 (de muy buena calidad).
2. Las mediciones realizadas en las estaciones del curso principal del río David (**Figuras 1 y 2**), indican que en los 7 puntos de muestreo, los parámetros de temperatura y

**Figuras 1a.** Mapa de calidad del agua para las estaciones PD1, PD2, PD3, PD4, PD5 ubicadas en el curso principal del río David. La altura de cada barra indica el valor del parámetro, relativo al máximo registro obtenido en este muestreo y para todas las estaciones. El color representa la clase de calidad según la NSCA.

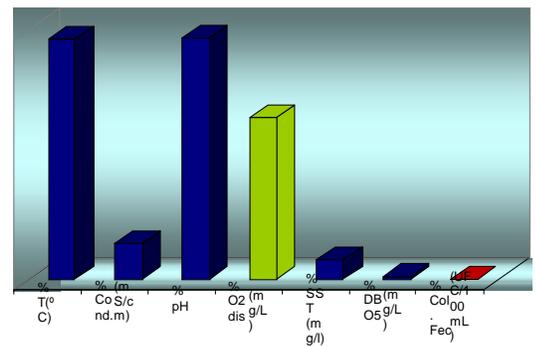




**PD7-ANTES DE DESCARGA**



**PD7-DESPUES DE DESCARGA**



**Figura 2.** Mapa de calidad del agua para las estaciones PD6, PD7a, PD7b, ubicadas en el curso principal del río David y las tres estaciones ubicadas en los afluentes (PM, PQO Y PQS).

conductividad se encuentran el 100 % en Clase E (Clase de Excepcional), un 77.78 % del pH en Clase E y un 22.22 clase 4 (mala calidad, PD2 Y PD3), con respecto al Oxígeno Disuelto (OD) un 88.89 % Clase E y un 11.11 clase 1 (de muy buena calidad, PD7b), Sólidos Suspendedos Totales (SST) un 100% es clase E, el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) un 100 % clase E y coliformes fecales un 66.67 % clase E, 22.22 % clase 1(muy buena calidad, PD3, PD7a) y un 11.11 % clase 4 (mala calidad, PD7b).

3. Respecto a aquellos parámetros (Demanda Química de Oxígeno (DQO) y nitrógeno total) que no presentan límites de referencia en la NSCA, en general, se tienen los siguientes resultados para los puntos de monitoreo: la DQO en aguas no contaminadas tiene valores de 1 a 5 ppm., en el punto PD3 el valor fue de 6 ppm, , en el punto PD7 antes de la descarga y después de la descarga los valores de DQO son de 10 y 26 ppm. respectivamente, lo que indica la presumible existencia de una descarga de tipo industrial. Las concentraciones de nitrógeno total indican posibles descargas de origen orgánico, se evidencia aumentos de dichas concentraciones en los puntos PD1, PD2, PD4, PD5. Estos parámetros se incluyen en las mediciones tomando en cuenta los usos de suelos de la cuenca.
4. Respecto a los trabajos realizados por ANAM en sus informes de Monitoreo de la Calidad de Agua en las Cuencas Hidrográficas de Panamá (2005 y 2006) y el Diseño de la Red de Monitoreo de los ríos Caimitillo y Chiriquí (2007), comparado con los resultados obtenidos por el estudio, cabe resaltar que a nivel nacional se realiza por primera vez un Mapa Piloto de Calidad del Agua que contenga la información de las estaciones de muestreo establecidas en la cuenca.
5. Por otra parte se coinciden con 7 parámetros de calidad del agua, importantes para la determinación de ICA y se adiciona el análisis de las NSCA, basada en colores que permiten identificar en el mapa que puntos de la cuencas se encuentran en Calidad excepcional, Clase 1, Clase 2 y Clase 3, lo que permite de esta forma utilizar el principio causa-efecto; de las actividades que se realizan en la cuenca y que repercuten en su

calidad, y sugerir entonces medidas de prevención de la contaminación y control , en los puntos que se requiera.

## **V. AGRADECIMIENTOS**

Para enfrentar el enorme reto de armar un estudio de esta magnitud, agradecemos al Proyecto I+D 147-2005, financiado por SENACYT y con el apoyo de la Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Civil. Por último, lo más importante: nuestra profesora asesora la Dra. Viccelda Domínguez Lecky, quien con su compromiso total, su capacidad de organización y su sensibilidad, nos guió para llegar a la meta.

## **V. CONCLUSIONES**

1. Se logra elaborar el primer mapa piloto de calidad del agua en Panamá, que contiene la información de las estaciones de muestreo establecidas en la cuenca incorporadas al Sistema de Información Geográfico (SIG).
2. Se inicia el Programa de Monitoreo de la Calidad del agua del río David, teniéndose los primeros resultados que demuestran que en algunos de los puntos muestreados se evidencia la alteración de las condiciones naturales del río. Esto se logró mediante medidas cuantitativas, como parámetros fisicoquímicos del agua y Análisis bioquímicos/biológicos.

## **VI. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.**

1. INN-Chile,1999. Calidad del agua - Muestreo - Parte 3: Guía sobre preservación y manejo de las muestras. Norma Chilena Oficial NCh411/3.Of96, Instituto Nacional de Normalización, Chile. 40 pp.
2. Autoridad Nacional del Ambiente (2007). Diseño de la red de monitoreo de la calidad del agua en las cuencas hidrográficas del río Caimito y el río Chiriquí. Panamá.
3. Autoridad Nacional del Ambiente (2005 y 2006). I y II Informe de Monitoreo de la Calidad del Agua (2003-2004) y (2004-2005). Panamá.