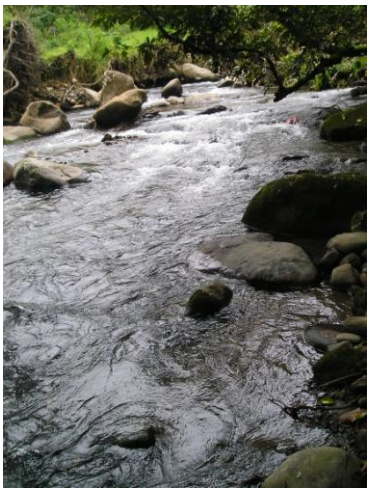
Programa de Monitoreo
Herramientas para la implementación de un Sistema de Gestión de Cuencas tomando como base de respuesta, la unidad ecosistémica del Río David

Con el auspicio de SENACYT

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA, SANITARIA Y CIENCIAS AMBIENTALES

PROGRAMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA DEL RÍO DAVID
CAMPAÑA No. 1



FINANCIADO POR: SECRETARÍA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (SENACYT)

DICIEMBRE DE 2006

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 2

2. ÁREA DE ESTUDIO 2
2.1 Descripción de las estaciones de muestreo 2

3. METODOLOGÍA 4
3.1 Parámetros analizados 4
3.2 Muestreo del cuerpo acuático 5
3.2.1 Toma de muestras 5
3.2.2 Normativas y manuales de referencia 5
3.2.3 Medición de parámetros “in situ” 6
3.3 Análisis de laboratorio 6
3.4 Clases de calidad asociadas a la protección de las aguas continentales superficiales 6
3.5 Representación gráfica de las clases de calidad 7
3.5 Cronología de la campaña 1 de muestreo 8

4. RESULTADO Y DISCUSIÓN 8
4.1. Resultados 8
4.2. Discusión de los resultados en el eje principal del río David 11
4.3. Discusión de los resultados en los afluentes 15

5. CONCLUSIONES 17

6. RECOMENDACIONES 18

6. BIBLIOGRAFÍA 18

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe entrega los resultados obtenidos en la primera campaña del Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua del Río David (PMRD), efectuada en diciembre de 2006.

El conocimiento de la calidad y la disponibilidad del agua para sus diferentes usos, son factores importantes para el bienestar y el progreso de un país, no solo dependen del tipo de suelo, clima, condiciones de drenaje, técnicas de riego y caudales disponibles, sino también en forma fundamental de la calidad físico-química.

La normativa para determinar las clases de calidad, utilizada en este estudio (en ausencia de normativa nacional) fue "la Guía para el establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Aguas Marinas" (NAS), elaboradas por el Departamento de Control de la Contaminación del Medio Ambiente de Chile (CONAMA, 2004). Por otra parte el modelo de monitoreo de Calidad de Agua utilizado en este estudio (adaptado a nuestra realidad local) es el del Río Biobío en Chile, el cual considera el uso de mapas de calidad del agua para representar en esquemas cartográficos la situación ambiental del cuerpo de agua.

Los objetivos específicos del Programa de Monitoreo del Río David son:

- Caracterizar cualitativamente la calidad físico-química de la cuenca en estudio.
- Contribuir con la elaboración de mapas que representen la caracterización de las aguas del Río David y que apoyen en el proceso de la toma de decisiones para la gestión de los usos de agua dentro de la cuenca.
- Elaborar reportes rutinarios de la condición estacional de las aguas del Río David, que sirvan como base para la comparación con otros informes.

2. ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Descripción de las estaciones de muestreo

En el Cuadro 1 se presentan los símbolos de cada una de las estaciones de muestreo, que representan la ubicación en coordenadas geográficas (UTM), donde se encuentran. Las 10 estaciones de muestreo (Cuadro 1) corresponden a las realizadas en las salidas a campo. Nueve estaciones se localizan en el curso principal del Río David y una en el afluente principal, el río Majagua.

Las estaciones de muestreo se escogieron tomando en cuenta la información relativa a las características del sistema lótico y sus principales usos.

Cuadro 1. Coordenadas de las estaciones de muestreo

Símbolo	Río	Coordenadas UTM	
		X	Y
PR	Río David	331939.000	963317.000
PD1	Río David	331990.510	963546.390
PD2	Río David	332191.080	962029.620
PD3	Río David	332004.810	960992.850
PD4	Río David	335157.070	955447.820
PM	Río Majagua	343567.004	937845.468

Símbolo	Río	Coordenadas UTM	
		X	Y
PD5	Río David	344163.801	946143.666
PD6	Río David	344745.318	932504.718
PD7	Río David	344235.660	931324.900
**	Descarga principal de aguas residuales de David.		
PQS	Quebrada del Sapo	344149.380	932672.530
PQO	Quebrada de Obaldía	344131.990	931486.130

Curso principal del Río David

Parte alta de la cuenca del Río David. Estaciones de muestreo: Punto de referencia (PR) y Puntos de control PD1, PD2 y PD3. Esta sección del Río David incluye su origen, en Palmira del Banco hasta el distrito de Potrerillos arriba. En esta sección, el río conserva las características típicas de un río con gran turbulencia, como es el caso de los ríos de montaña, también conocido como ritrón, con aguas de mayor velocidad y temperaturas menores, lo que se debe a las pronunciadas pendientes del cauce en esta zona. En esta sección, el cuerpo de agua está bordeado por bosques ribereños y vegetación nativa, en el sector de los cafetales, el río cuenta con sombras. En el área siguiente, Potrerillos arriba, el río tiene menor pendiente que la anterior, también encontramos las primera poblaciones ubicadas dentro de la cuenca en la parte alta. Las actividades que se desarrollan son actividades agrícolas, como cultivos de caña, maíz y café, además de pastoreo en algunas áreas.

Parte media de la cuenca: Estación de muestreo: Punto de control PD4. Se relaciona a un tramo de la zona terminal del río en ritrón (zona de transición), ubicado desde el distrito de Potrerillos hasta Dolega. Antes de llegar al PD4, el río recibe una contribución de aguas residuales de origen industrial. Ésta área del río cuenta con una pendiente más baja que la anterior, los sectores de planos y de caídas se presentan de una forma más espaciada y las piedras entre 3" y 4 " de diámetro (tipo canto de río) del fondo empiezan a distribuirse en menor cantidad. Las actividades que se desarrollan en este sector de la cuenca son: pastoreo, cultivo de naranja.

Parte baja de la cuenca: Estaciones PD5, PD6, PQS, PQO. Correspondiente al tramo ubicado desde el distrito de Dolega hasta su confluencia con el río Chiriquí. Incluye la parte alta del sector potamal del Río David. En este sector el lecho del río se expande considerablemente y pierde pendiente. Además, es un sector muy asoleado. Este tramo recibe a los principales tributarios del David, correspondientes a los ríos Majagua y Soles. También recibe los aportes de las pequeñas quebradas el Sapo y Obaldía, ambas quebradas, reciben descargas urbanas y del antiguo hospital de la ciudad de David, respectivamente y están ubicadas en la ciudad de David. Parte de la vegetación de las áreas ribereñas está dominada por bosque ribereño y bosque secundario intervenido. Se puede mencionar que se desarrollan actividades de pastoreo.

Principal afluente del Río David: Río Majagua: (Estación PM). Una zona con características transicionales entre ritrón y potamón, de pendiente baja, entre el Majagua y su confluencia con el río David. Dentro de esta zona, el sector superior del río está conformado por una serie de zonas bastantes planas con fondos arenosos, separados por algunos rápidos pedregosos. Gran parte de las riberas están ocupadas por bosque secundario intervenido.

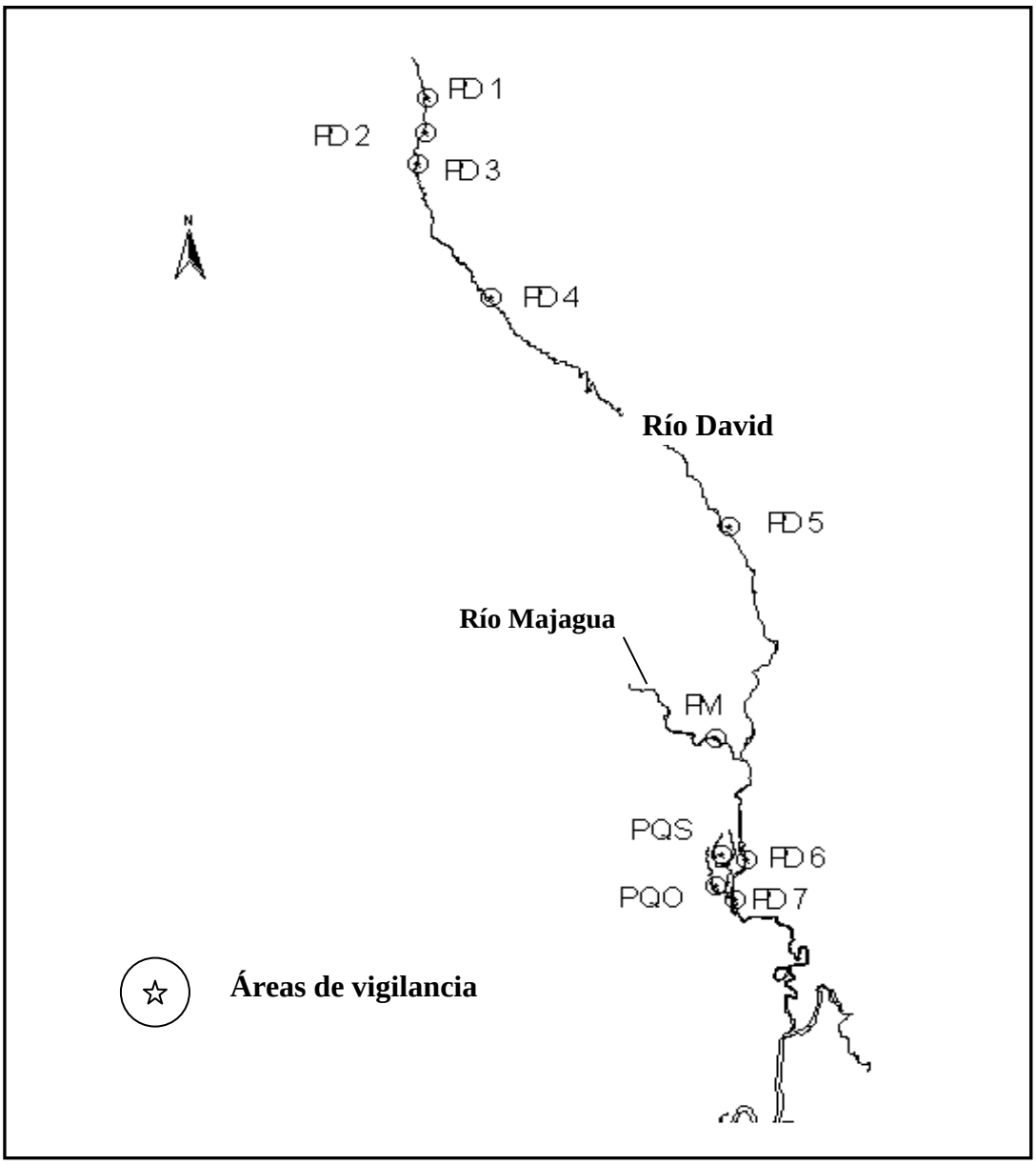


Figura 1. Estaciones de monitoreo del PMRD en la Campaña 1del año 2006.

3. METODOLOGÍA

3.1 Parámetros analizados

En esta primera campaña 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, DQO, DBO_5, Sólidos Suspendidos Totales, Nitrógeno Total, Fósforo Total y Coliformes Fecales están incluidos en la NAS.

3.2 Muestreo del cuerpo acuático

3.2.1 Toma de muestras

En las estaciones de muestreo en que el curso de agua tenga un ancho inferior a 15 m se procederá a tomar una muestra puntual desde el centro del cauce, en que el río escurre por uno o más brazos en un cauce igual o superior a 15 m de ancho, se tomará una muestra compuesta desde un bote contra el sentido de la corriente (ribera norte, ribera sur y centro del cauce). Las tres submuestras serán integradas *in situ*, excepto para los parámetros Oxígeno Disuelto y Coliformes. La muestra para análisis microbiológicos se obtendrá vaciando el agua desde el balde a frascos previamente esterilizados, simulando una llave de agua y abriendo el frasco bajo el agua para evitar su contaminación. Previamente se desinfectará el balde con alcohol y se cebará con agua de río repetidamente. Los frascos contenedores de la muestra se introdujeron en bolsas plásticas y fueron transportados al laboratorio a 5 °C (Parra et al. 2004).

El muestreo de la descarga será puntual, a la hora pico, determinada según el diagnóstico de las 2 primeras visitas de campo.

Los métodos de almacenamiento, preservación, análisis y límite de detección de las muestras se entregan en el Cuadro 2.

3.2.2 Normativas y manuales de referencia

Para el muestreo del cuerpo acuático y las descargas 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”.

Cuadro 2. Métodos de Almacenamiento, conservación, análisis, límites de detección y unidad de medida según Norma DGNTI-COPANIT 35, y en ausencia de método se utilizan la Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Aguas Marinas de Chile (NAS).

Parámetros	Tipo de Envase	Lugar de Análisis	Preservación	Tiempo de Conservación (días)	Unidad de Medida
Temperatura	-	Terreno	-	(a)	°C
Conductividad	-	Terreno	-	(a)	μS/cm
Ph	Plástico o vidrio	Terreno	-	(a)	
Oxígeno disuelto	Vidrio (esmer.)	Laboratorio	MnSO4 en solución yoduro alcalino	-	mg/L
Sólidos susp.	Plástico o vidrio	Laboratorio	Refrigeración*	1	mg/L
DBO_5	Plástico o vidrio	Laboratorio	Llenar envase, enfriar 4 ºC. Oscuridad.	1	mg/L
DQO	Plástico o vidrio	Laboratorio	H_2SO_4 a pH <2 + Ref.	30	mg/L
N-Total	Plástico o vidrio	Laboratorio	H_2SO_4 a pH <2 + Ref.	7	mg/L
P-Total	Vidrio	Laboratorio	H_2SO_4 a pH <2 + Ref.	30	mg/L
Coliformes fecales	Vidrio estéril	Laboratorio	Refrigeración*	0,25	NMP/100 ml

(a): Análisis "in situ"

*****: Mantención a 5°C

Fuente: Parra et al. (2004)

3.2.3 Medición de parámetros *in situ*

Las mediciones *in situ* fueron realizadas en una muestra de agua contenida en un envase plástico de 5 litros, inmediatamente obtenida la muestra. La temperatura, pH y conductividad se determinará mediante un medidor multiparámetro.

3.3 Análisis de laboratorio

Los análisis químicos y microbiológicos serán realizados en los laboratorios de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidad Tecnológica.

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

De acuerdo a Parra et al. (1998 y 2004) 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 (NAS)",

elaborada por el Departamento de Control de la Contaminación de la Comisión Nacional del Ambiente de Chile (CONAMA, 2004) en ausencia de una norma o guía nacional.

Según la NAS, 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 (CONAMA, 2004).

3.5 Representación gráfica de las clases de calidad

La representación gráfica se basa en las clases de calidad establecidas en la NAS (valores máximos y mínimos de los distintos compuestos para las aguas superficiales). Los mapas de calidad del agua se mostrarán en gráficos de barras, presentando la clase de calidad obtenida para cada parámetro por estación de monitoreo.

En los gráficos elaborados, el tamaño de cada barra representará 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, representará la clase de calidad (Parra et al. 2004).

Este mapa podrá ser actualizado anualmente, según lo requerimientos del municipio de David. A partir de estos resultados se podrá: (i) medir los niveles de contaminantes seleccionados en las aguas de la cuenca, (ii) Evaluar los cambios en las concentraciones de los contaminantes seleccionados, de acuerdo de la dimensión espacial y temporal, (iii) Aportar con información útil para caracterizar la calidad del agua, en lugares de uso estratégico, y en el futuro evaluar mejoramientos tecnológicos

implementados por los usuarios; suponiendo el seguimiento del programa de monitoreo por el municipio de David.

3.6 Cronología de la 1 campaña de muestreo

Los muestreos se realizaron la segunda semana de Diciembre de 2006, según se detalla en el siguiente cronograma (Cuadro 3):

Cuadro 3. Cronograma del muestreo.

Mes	Día	Sitios de muestreo
Diciembre	11	PD1, PD2
	12	PD3, PD4, PD5, PM
	13	PD6, PD7, PQS, PQO

4. RESULTADOS y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Los resultados obtenidos para el curso principal del Río David y los principales afluentes, son presentados en los Cuadros 4 y 5.

Cuadro 4. Resultados de la Campaña 1 de Monitoreo de la Calidad del Agua del Río David en su Curso Principal.

Puntos	Distancia (m)	T (ºC)	Cond. (mS/cm)	pH	O_2 dis (mg/L)	SST (mg/l)	DBO_5 (mg/L)	DQO (mg/L)	Nt (mg/L)	Pt (mg/L)	Col. Fec. (UFC/100mL)
PR	0										
PD1	1,783	19.1	0.055	5.16	7.9	1	1.8	3	0.02	0.21	3.09E+01
PD2	3,442	20	0.056	6.61	8.9	2	1.1	2	0.07	0.14	9.73E+01
PD3	4,627	20.4	0.037	6.87	7.4	1.4	<1	4	0.07	0.08	1.73E+03
PD4	12,739	22.5	0.049	6.03	7.1	1	4.9	7	0.14	0.07	3.16E+01
PD5	28,349	23.7	0.069	6.35	8.3	2.3	<1	8	0.74	0.17	1.59E+02
PD6	46,264	25.9	0.062	6.24	8.3	2	<1	3	1.22	0.07	1.13E+02
PD7	48,157	27.4	0.084	6.56	5.9	3	2.2	5	2.33	0.17	2.09E+04

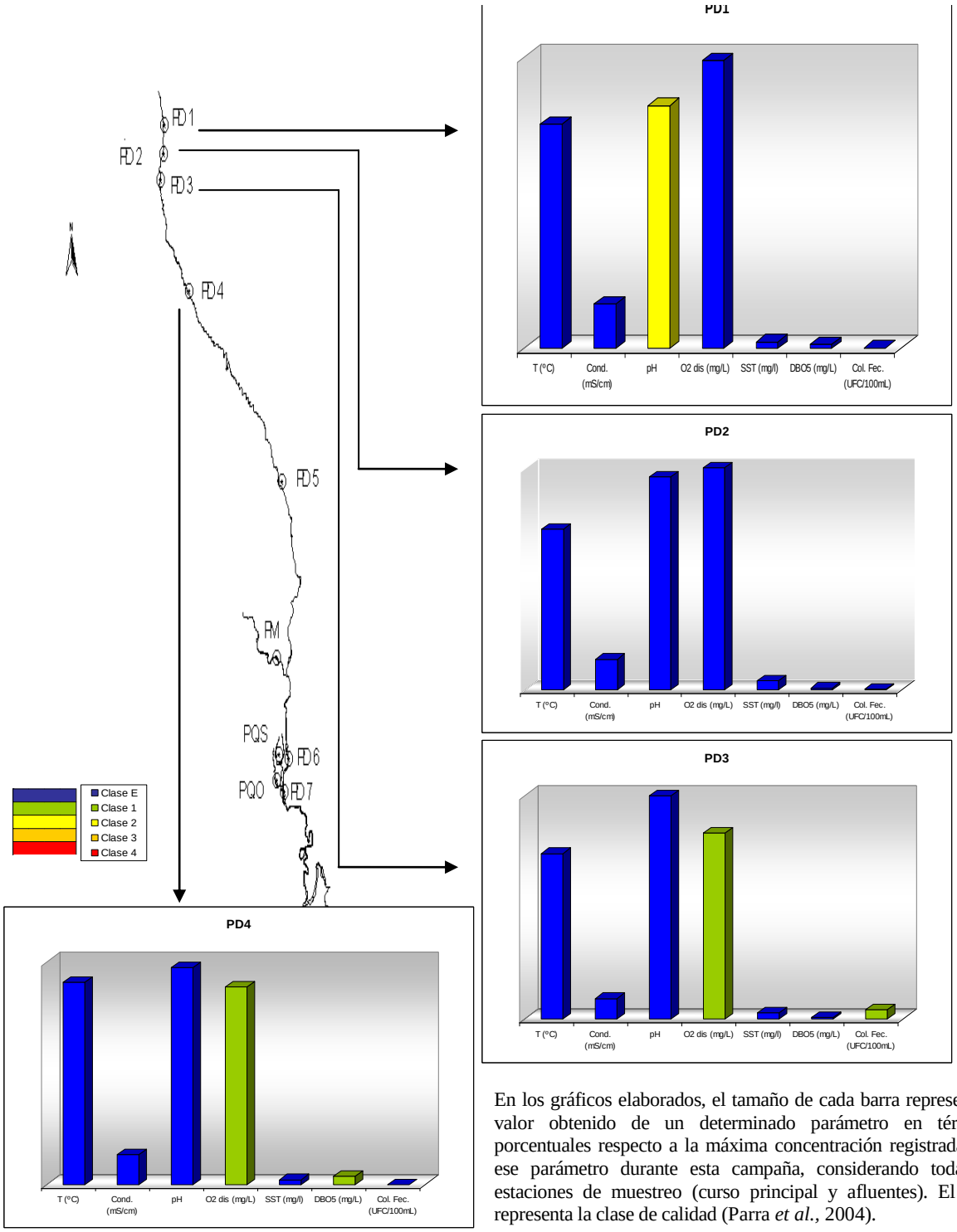
Cuadro 5. Resultados de la Campaña 1 de Monitoreo de la Calidad del agua en ríos afluente y efluentes del río David

Puntos	Distancia (m)	T (ºC)	Cond. (mS/cm)	pH	O_2 dis (mg/L)	SST (mg/l)	DBO_5 (mg/L)	DQO (mg/L)	Nt (mg/L)	Pt (mg/L)	Col. Fec. (UFC/100mL)
PM1		23.3	0.055	6.51	7.5	4	1.7	5	1.4	0.13	1.87E+02
PM2		26.2	0.057	6.7	8.6	2	1.5	2	1.36	0.03	1.02E+02
PM3		26.5	0.054	6.65	8.2	7	1.4	6	1.24	0.12	1.60E+03
PQS		30	0.157	6.25	3	2	1.8	4	2.14	0.15	1.27E+04
PQO		29.1	0.172	6.63	7.6	1.7	1	13	0.43	0.14	1.35E+02
PDD		27.6	0.405	6.89	5.4	50	147	170	3.2	2.3	4.10E+04

4.2. Discusión de los resultados en el eje Principal del Río David.

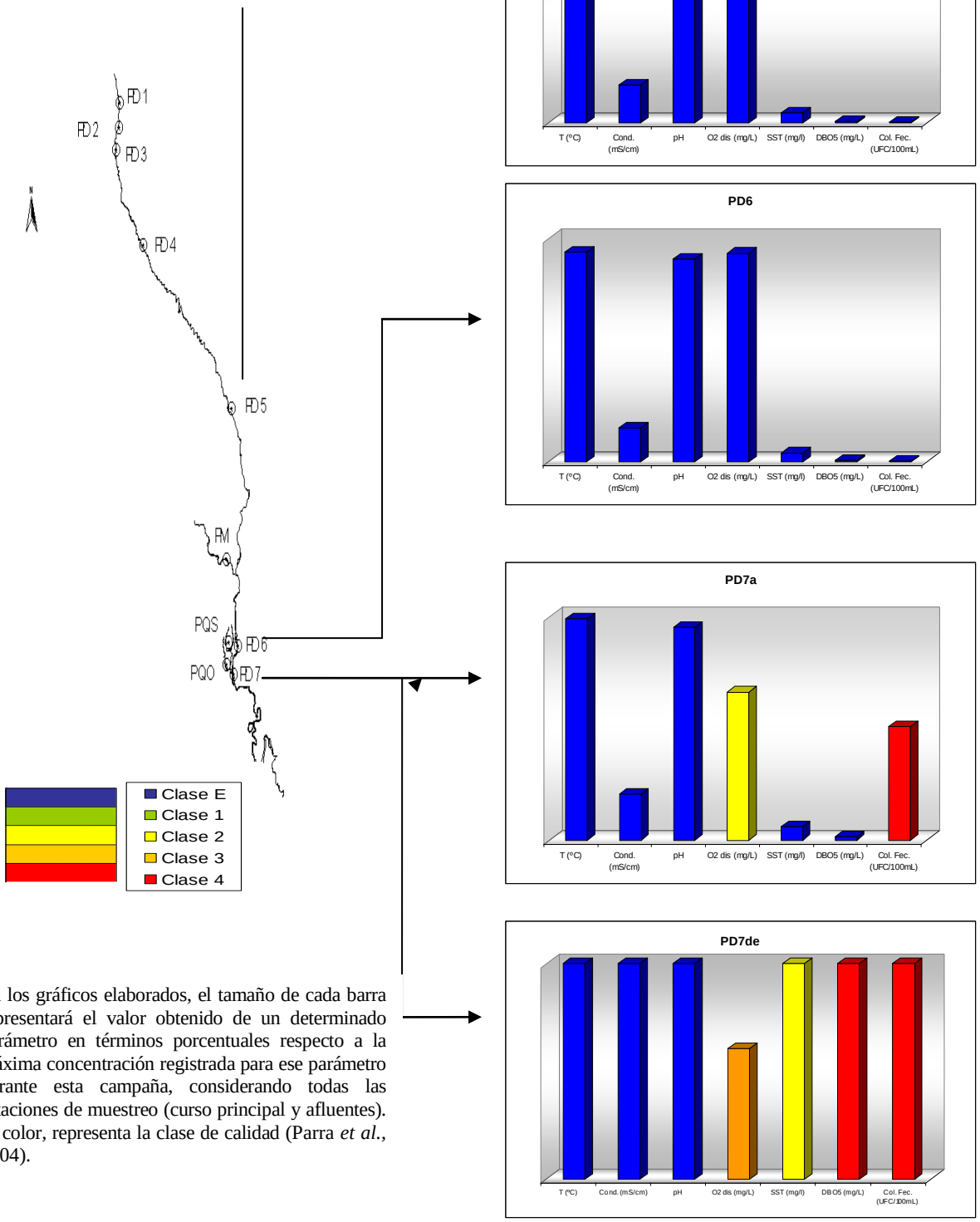
En las Figuras 2 y 3 se presentan los Mapas de Calidad del Agua de las estaciones ubicadas en el eje principal del río, producto de la Campaña 1, llevada a cabo los días 11,12 y 13 de diciembre de 2006.

Figura 2. Calidad de agua por estación, en el eje principal. Estaciones PD1, PD2, PD3 y PD4. Campaña 1.



En los gráficos elaborados, el tamaño de cada barra representa el valor obtenido de un determinado parámetro en términos porcentuales respecto a la máxima concentración registrada para ese parámetro durante esta campaña, considerando todas las estaciones de muestreo (curso principal y afluentes). El color representa la clase de calidad (Parra *et al.*, 2004).

Figura 2. Calidad de agua por estación, en el eje principal. Estaciones PD5, PD6 y PD7. Campaña 1.



En los gráficos elaborados, el tamaño de cada barra representará el valor obtenido de un determinado parámetro en términos porcentuales respecto a la máxima concentración registrada para ese parámetro durante esta campaña, considerando todas las estaciones de muestreo (curso principal y afluentes). El color, representa la clase de calidad (Parra *et al.*, 2004).

4.2.1. Estación PD1

El PD1 tiene una El temperatura instantánea de 19,1ºC (Cuadro 4), relativamente templada, la cual se puede atribuir a la altitud, ya que esta estación se encuentra ubicada en la parte alta de la cuenca, cercana al nacimiento del río David, además de la abundante vegetación ribereña existente en el lugar, evitando así el paso de los rayos del sol.

El pH obtenido en la primera campaña de monitoreo del río David es de 5,16 (Cuadro 4), de acuerdo a Corbitt (2003), Kiely (1999), Mihelcic (2001), Henry y Heinke (1999), Parra *et al.* (2006), las aguas superficiales poseen un pH tendiente a neutro o ligeramente alcalino (6,9 a 8,3), el cambio de pH ha ácido, puede deberse a alguna contribución de descarga industrial o de otro tipo, ácida, y/o a características geológicas que contengan un pH ácido. Es importante resaltar que otros estudios en el área, han arrojado un pH en los meses de febrero y marzo entre 6,5 y 6,92 (Punto AR-2 en Requena, 2005). El valor de Oxígeno Disuelto (OD) es de 7,9 (Cuadro 4), indicando en este punto la saturación de oxígeno mayor del 80% (Tebbutt, 2002).

Tomando los valores del Cuadro 4 de DBO_5 y DQO, se puede establecer la relación entre DBO_5/DQO, obteniendo un valor mayor a 0,5, por lo tanto según GTZ (1991), es fácilmente biodegradable (Kiely, 1999).

4.2.2. Estación PD2

El agua tiene una temperatura de 20ºC (Cuadro 4), la estación de muestreo se encuentra ubicada en la parte alta de la cuenca en donde la vegetación de la cuenca aún es abundante e influye la altitud.

Al comparar los resultados obtenidos de parámetros químicos como OD con un valor de 8,9 mg/L (Cuadro 4), DBO_5 con 1,1 mg/L (Cuadro 4), de DQO 2 mg/L (Cuadro 4), y la relación entre DBO5/DQO mayor de 0,5, indica una buena biodegradabilidad (GTZ, 1991). En cuanto a la saturación de OD aún es mayor del 80% lo que indica una buena calidad (Tebbutt, 2002).

4.2.3. Estación PD3

La temperatura 20,4ºC en la estación PD3 (Cuadro 4), comparada a las estaciones anteriores va en aumento debido a la disminución de la altitud y la disminución en la vegetación ribereña.

Se observa una disminución en la cantidad de oxígeno disuelto correspondiente a 7,4 mg/L (Cuadro 4) lo que evidencia una disminución en la saturación de OD (Tebbutt, 2002). En el Cuadro 4 se presentan los valores de DBO_5 ($<$ 1 mg/L) y DQO (4 mg/L) observándose un aumento en el valor de DQO y al efectuar la relación entre ambos parámetros se obtiene un valor de 0,2 lo que indica que disminuye la biodegradabilidad (GTZ, 1991), presumiblemente debido a la presencia de una descarga de tipo industrial (Figura 4.1) en la cual sus insumos o materia prima requieren de reactivos químicos, que pueden estar llegando al río David.

4.2.4. Estación PD4

La temperatura de 22,5ºC (Cuadro 4), sigue indicando los cambios en la altitud y la vegetación del área de estudio.

Los resultados obtenidos en esta estación evidencian una notable alteración en las condiciones naturales del río. La concentración de oxígeno disuelto 7,1 mg/L , la DBO_5 4,9 y una

DQO de 7 mg/L (Cuadro 4) indican nuevamente, la presumible existencia de una descarga de tipo industrial.

4.2.5. Estación PD5

Se registra el incremento en la temperatura 23,7ºC (Cuadro 4), la estación está ubicada en un área en la cual aumenta la urbe y se observa una mayor disminución en la cantidad de vegetación ribereña.

Se registra un aumento en la concentración de oxígeno disuelto a 8,3 mg/L (Cuadro 4), mayor al 80% de la saturación de OD (Tebbutt, 2002). La relación de DBO_5 y DQO continúan mostrando la existencia de una descarga de tipo industrial de difícil biodegradación.

4.2.6. Estación PD6

La temperatura sigue en aumento, en este punto es de 25,9 ºC (Cuadro 4). Comparando los valores obtenidos de OD y de DBO_5, donde el OD es mayor del 80% de saturación (Tabla 4.10) (Tebbutt, 2002) y la DBO no mayor de 3 mg/L permaneciendo en la Clase 1 de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental (Orrego, 2002).

4.2.7. Estación PD7

La temperatura presenta su mayor valor 27,4ºC (Cuadro 4), debido a la poca vegetación observada en las orillas del río, además de que se encuentra en la parte baja de la cuenca y aproximándose en la confluencia con el río Chiriquí.

La estación PD7 se encuentra ubicada aguas abajo de la descarga de la ciudad de David, por lo cual el OD de 5,9 mg/L (Cuadro 4) se puede explicar debido a que cuando se descarga a un río un residuo que demanda oxígeno, y la velocidad de consumo es mayor al ritmo del cual se puede adquirir de la atmósfera, esto lleva al agotamiento del oxígeno disponible en el cuerpo de agua, disminuyendo por debajo de los niveles de saturación, como se analiza en este punto (Cárdenas, 2006). Por otra parte se observa un aumento en la concentración de coliformes fecales (Cuadro 4).

4.3. Discusión de los Resultados en los Afluentes

En la Figura 4 se presentan los Mapas de Calidad del Agua de las estaciones ubicadas en 3 de los principales efluentes del río David, producto de la Campaña 1, llevada a cabo los días 11,12 y 13 de diciembre de 2006.

4.3.1. Estación PM

La estación PM (muestra compuesta), está ubicada en el balneario Majagua, tiene una temperatura (Cuadro 5) promedio de 26,5°C, el valor mínimo de 23,3°C se puede deber a que en el momento de recolección de muestra, la estación estaba en un lugar a la sombra de los árboles.

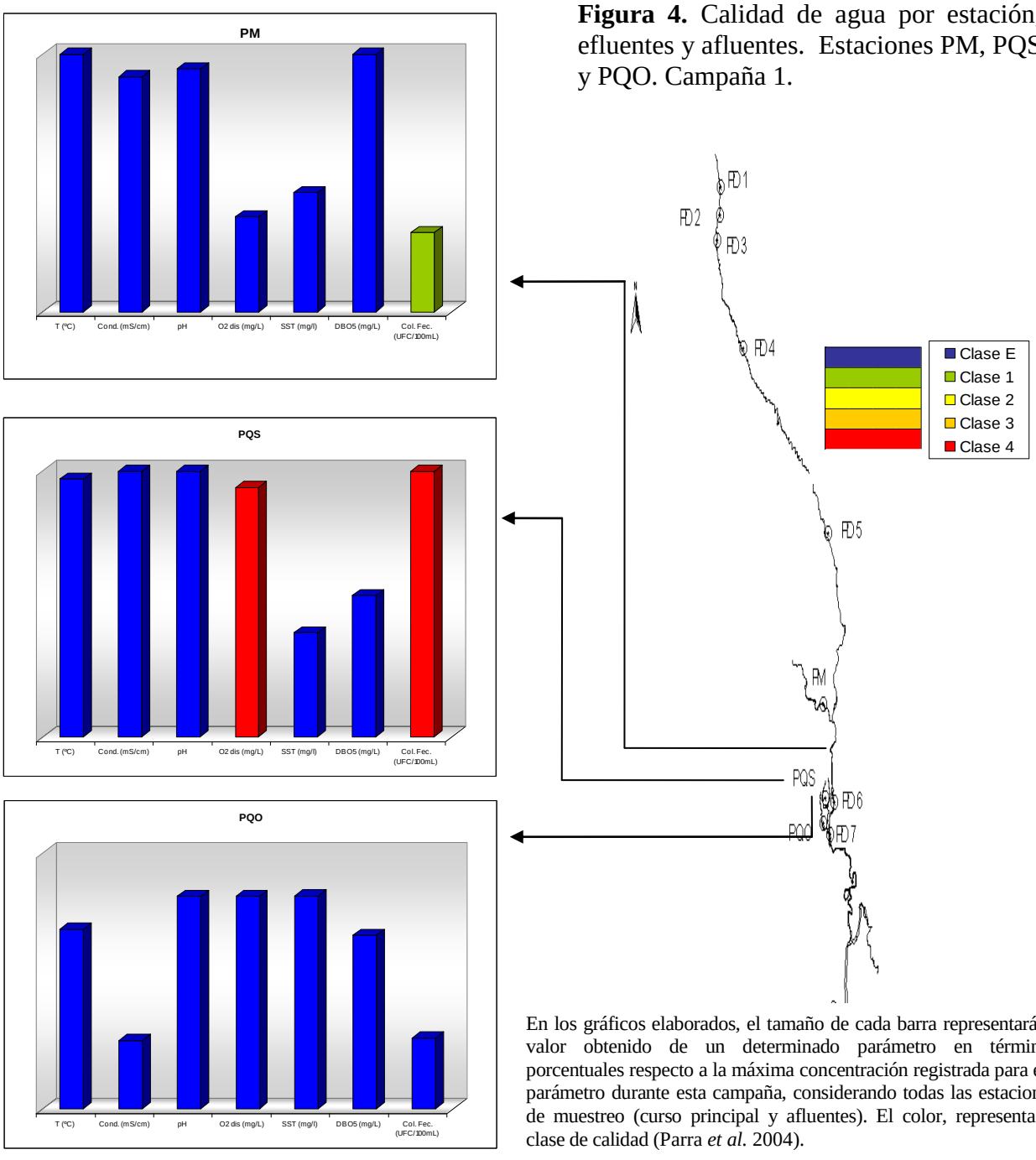


Figura 4. Calidad de agua por estación, efluentes y afluentes. Estaciones PM, PQS y PQO. Campaña 1.

En los gráficos elaborados, el tamaño de cada barra representará el valor obtenido de un determinado parámetro en términos porcentuales respecto a la máxima concentración registrada para ese parámetro durante esta campaña, considerando todas las estaciones de muestreo (curso principal y afluentes). El color, representa la clase de calidad (Parra *et al.* 2004).

El O_2 (Cuadro 5), es mayor al 70%, lo que indica que es posible la presencia de seres vivos (Tebbutt, 2002). La relación DBO/DQO promedio es de 0,44, lo que indica que tiene una capacidad de biodegradación aceptable.

El mapa de calidad del agua en los parámetros evaluados Temperatura, pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto, DBO_5 y Sólidos Suspendidos (Cuadro 5) indica una Clase E.

4.3.2. Estación PQS

La estación PQS, está ubicada en la Quebrada del Sapo, en la ciudad de David, en la zona urbana, la temperatura es de 30°C (Cuadro 5) (relativamente alta), lo cual se debe a la falta de vegetación a los alrededores, ya que los rayos del sol se reflejan directamente sobre ella.

El oxígeno disuelto es de 30 % (Cuadro 5), lo que muestra que la presencia de seres vivos puede ser mínima (Tebbutt, 2002). La relación DBO/DQO es de 0,45 señalando que la capacidad de degradación biológica es aceptable.

De acuerdo a lo observado en el Cuadro 5, en cuanto a las NAS la Quebrada el Sapo cuenta con una Clase E para los parámetros Temperatura, pH, Conductividad, DBO_5, Sólidos Suspendidos; sin embargo, el Oxígeno Disuelto y Coliformes Fecales corresponden a Clase 4, y esto se puede atribuir a las descargas de aguas residuales domésticas que se dan a la quebrada y que poseen una baja concentración de oxígeno disuelto y alta concentración de coliformes fecales.

4.3.3. Estación PQO

La estación PQO, está ubicada en la Quebrada de Obaldía, la temperatura es 29,1°C (Cuadro 5), relativamente alta, esto se debe a la poca vegetación ribereña y a la exposición directa a los rayos del sol sobre el punto de muestreo.

En el Cuadro 5, también se puede observar que el oxígeno disuelto es mayor al 70%, lo que denota la posibilidad de existencia de seres vivos (Tebbutt, 2002). La relación DBO/DQO es igual a 0,08, lo que indica que las aguas de este cauce contienen alta concentración de compuestos recalcitrantes en relación con los fácilmente biodegradables (GTZ, 1991). Sin embargo, es necesario resaltar que en cuanto a los parámetros: DBO_5, Oxígeno Disuelto, pH, Temperatura, Coliformes Fecales, Sólidos Suspendidos Totales y Conductividad; la Calidad del Agua es Clase E.

5. CONCLUSIÓN

Se ha logrado caracterizar cualitativamente la calidad físico-química de la cuenca del río David, elaborando mapas de calidad que representan la caracterización de las aguas del río David.

En esta primera evaluación de la calidad del agua, utilizando la metodología de los mapas de calidad, se puede concluir que la calidad del agua del río David, en su eje principal se encuentra entre la clase buena y excepcional, solamente después de la descarga de la ciudad de David es que se deteriora, representativamente, y específicamente en el parámetro coliformes fecales. Los afluentes a pesar de recibir descargas de aguas residuales también poseen entre buena y excepcional calidad, excepto la quebrada El

Sapo, que recibe importantes contribuciones de aguas residuales de origen doméstico y posee mala calidad en el parámetro coliformes fecales.

6. RECOMENDACIONES

Continuar con los monitoreos rutinarios de calidad de agua en la cuenca del río David, utilizando el concepto de mapas de calidad.

Que el estado desempeñe su compromiso de cumplir (Resolución AG-0026-2002)con la norma DGNTI-COPANIT-35-2000, sobre descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, de forma tal que se mejore la calidad en las zonas de mezcla de las descargas y producir un menor impacto ambiental sobre los ecosistemas acuáticos.

7. REFERENCIAS

CONAMA, 2004. Guía relativa al desarrollo de la dictación de Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Aguas Marinas.

Cárdenas, C., 2006. Curso de Microbiología Ambiental, Apuntes de Clases, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá. Panamá.

Corbitt, R. (2003). Manual de Referencia de la Ingeníería Medioambiental. Mc Graw Hill. Madrid-España.

Dirección General de Normas Técnicas y Tecnología Industrial (DGNTI-COPANIT-35), 2000. Descarga de Efluentes Líquidos directamente a Cuerpos y Masas de Aguas Superficiales y Subterráneas. Panamá, Panamá.

Henry, J.G. ; Heinke, G.W.,1999. Ingeniería Ambiental. Segunda Edición en Español. Prentice Hall. Méjico, D.F.

Kiely, G., 1999. Ingeniería Ambiental, Fundamentos, Entornos, Tecnologías y Sistemas de Gestión, Editoral McGraw Hill, USA.

Mihelcic, J.R., 2001. Fundamentos de Ingeniería Ambiental. Limusa Wiley. México, D.F.

Orrego, J., 2002. El Estado de las Aguas Terrestres en Chile: Cursos y aguas subterráneas, Terram,, Santiago-Chile.

Parra O., Valdovinos C., Figueroa R. y A Acuña, 1998. Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua del Sistema Río Biobío. Fase II. 1998. Consejo Adm. del Prog. de Monit. de la calidad del Agua del Río Biobío - Centro EULA-Chile.

Parra O., Valdovinos C., Habit E. y R. Figueroa, 2004 Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua del Sistema Río Biobío. Fase III. Consejo Adm. del Prog. de Monit. de la Calidad del Agua del Río Biobío - Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción.

Requena. G. (2005). Evaluación de la Calidad Físico-Química y Bacteriológica del Agua de la Sub-Cuenca del Río David, UNACHI, Facultad de Ciencias Naturales y exactas, Escuela de Química, Chiriquí-Panamá.

Tebbutt, T. (2002). Fundamentos de Control de Calidad del Agua. 3 ed. Editorial Limusa, México.