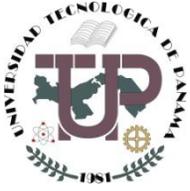


Programa de Monitoreo Herramientas para la implementación de un Sistema de Gestión de Cuencas tomando como base de respuesta, la unidad ecosistémica del Río David



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. 3**



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

OCTUBRE DE 2007

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 3 de muestreo	7
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	16
5. CONCLUSIONES	19
6. RECOMENDACIONES	19
7. BIBLIOGRAFÍA	20

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe entrega los resultados obtenidos en la tercera campaña (gira) del Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua del Río David (PMRD), efectuada en octubre de 2007.

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 Majaagua.

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 Majaagua	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 rítrón, 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 rítrón (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 rítrón 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.

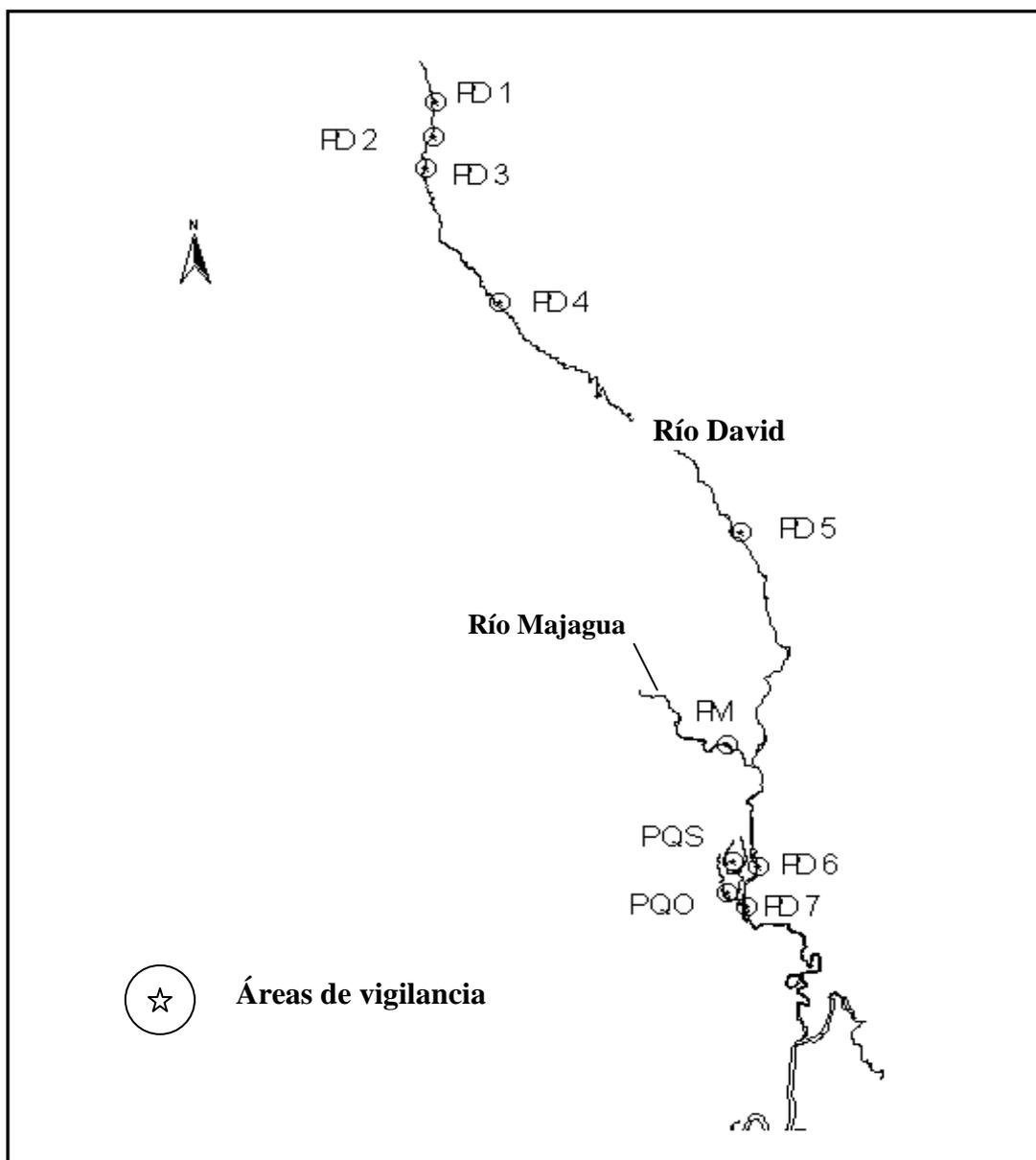


Figura 1. Estaciones de monitoreo del PMRD en la Campaña 1 del año 2006.

3. METODOLOGÍA

3.1 Parámetros analizados

Esta tercera campaña de monitoreo presenta el mismo esquema de monitoreo de la primera con la medición de 10 parámetros de calidad del agua (Cuadro 2) 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.

De estos parámetros, Temperatura, pH, Conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto, DQO, DBO₅, 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.

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	MnSO ₄ en solución yoduro alcalino	-	mg/L
Sólidos susp.	Plástico o vidrio	Laboratorio	Refrigeración*	1	mg/L

Parámetros	Tipo de Envase	Lugar de Análisis	Preservación	Tiempo de Conservación (días)	Unidad de Medida
DBO ₅	Plástico o vidrio	Laboratorio	Llenar envase, enfriar 4 °C. Oscuridad.	1	mg/L
DQO	Plástico o vidrio	Laboratorio	H ₂ SO ₄ a pH <2 + Ref.	30	mg/L
N-Total	Plástico o vidrio	Laboratorio	H ₂ SO ₄ a pH <2 + Ref.	7	mg/L
P-Total	Vidrio	Laboratorio	H ₂ SO 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 campaña 3 de muestreo

Los muestreos se realizaron la primera semana de octubre de 2007, según se detalla en el siguiente cronograma (Cuadro 3):

Cuadro 3. Cronograma del muestreo.

Mes	Día	Sitios de muestreo
Octubre	26	PR, PD1, PD2, PD3, PD4, PD5, PM
	27	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 3 de Monitoreo de la Calidad del Agua del Río David en su Curso Principal.

Puntos	T (°C)	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	18.80	0.022	6.64	8.6	6	1.5	5	0.08	1.03	87.1
PD1	18.50	0.071	6.53	8.1	2	1	4	0.09	0.74	1232
PD2	20.70	0.037	6.80	8.8	2	1	4	0.07	0.71	159
PD3	19.20	0.065	6.90	7.5	2	2.7	5	0.04	0.21	1090
PD4	21.40	0.037	5.90	7.7	1	2.5	7	0.80	0.84	71.4
PD5	23.20	0.054	6.46	7.9	2	1.4	8	0.09	0.85	135
PD6	21.50	0.054	6.74	8.4	1	1	8	0.05	0.25	118
PD7	25.20	0.017	7.90	8.4	5	2.3	7	0.09	0.92	1060
PD7	26.40	0.307	7.58	3.2	54	68	98	3.20	3.50	22800
PD7	25.30	0.062	7.75	5.9	21	21	64	1.20	2.60	4860

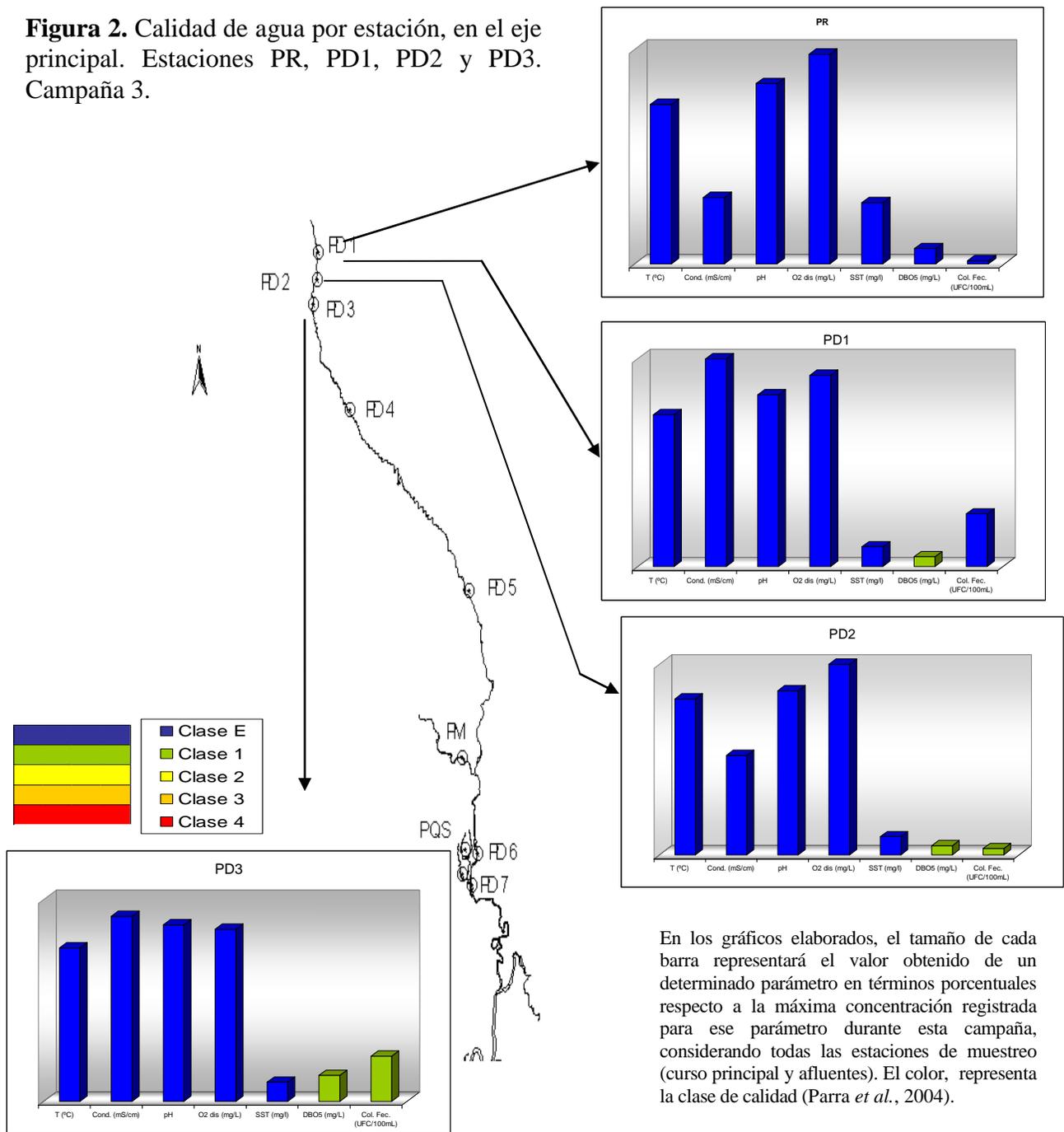
Cuadro 5. Resultados de la Campaña 3 de Monitoreo de la Calidad del agua en ríos afluentes del río David

Puntos	T (°C)	Cond. (mS/cm)	pH	O2 dis (mg/L)	SST (mg/l)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	Nt (mg/L)	Pt (mg/L)	Col. Fec. (UFC/100mL)
PM	25.40	0.026	5.40	7.1	4	2.4	6	0.03	0.27	142
PQS	27.00	0.059	6.63	6.0	3	1.1	5	0.08	0.23	129
PQO	26.90	0.171	6.24	7.6	5	1	9	0.06	0.76	1730

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

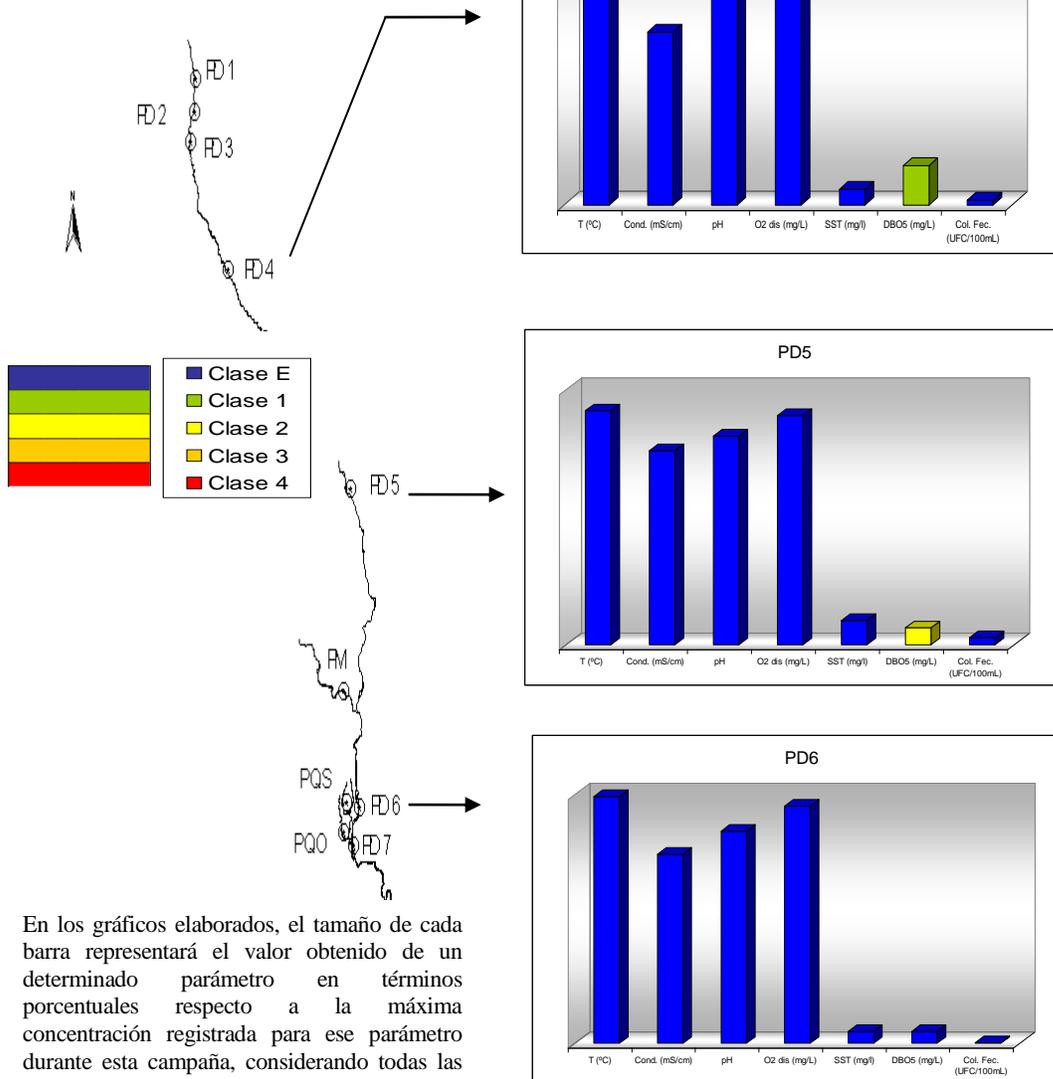
En las Figuras 2 y 3 se presentan los Mapas de Calidad del Agua de las estaciones ubicadas en el eje principal del río, producto de la Campaña 2, llevada a cabo los días 26 y 27 de octubre de 2007.

Figura 2. Calidad de agua por estación, en el eje principal. Estaciones PR, PD1, PD2 y PD3. Campaña 3.



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).

Figura 3. Calidad de agua por estación, en el eje principal. Estaciones PD4, PD5 y PD6. Campaña 3.



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 PR

El PR tiene una temperatura de 18,8 °C (Cuadro 4), y está ubicada en la parte alta de la cuenca, justo en el lugar donde se encuentra la toma de agua que abastece a las ciudades de Rovira, Palma Real, Caña Blanca, El Banco, Potrerillo Abajo y Dolega, donde por la altura y la abundante vegetación ribereña, ayudan a que los rayos del sol no calienten el agua.

El pH es de 6,64 (Cuadro 4), el cual de acuerdo a las normas de calidad de aguas superficiales de Lombardía, se clasifica en la Clase Excepcional (azul).

El Oxígeno Disuelto (OD) es de 8,6 (Cuadro 4), que indica una saturación de oxígeno mayor al 80% (Tebbutt, 2002). El valor obtenido para DBO₅ es de 1,5 mg/L, la cual al ser menor de 2 se ubica en la Clase Excepcional, al igual que el resto de los parámetros (T, Conductividad, pH, Sólidos Suspendidos, Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales). En cuanto a la relación DBO/DQO es igual a 0,3 (Cuadro 4), la cual indica que la biodegradación difícilmente se lograría en un proceso de autodepuración (Fresenius y Schneider, 1991).

4.2.2. Estación PD1

El PD1 tiene una temperatura instantánea de 18,5°C (Cuadro 4), como se ha discutido anteriormente en las otras campañas, 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 segunda campaña de monitoreo del río David es de 6,53 (Cuadro 4), valor que tiene concordancia con resultados obtenidos en estudios previos del área, durante la misma estación (Requena, 2005), entre febrero y marzo. La Clase es E para el pH.

El valor de Oxígeno Disuelto (OD) es de 8,1 (Cuadro 4), el valor obtenido para la DBO₅ 1,5 mg/L (Cuadro 4), es menor a 2 mg/L; por consiguiente con respecto a estos dos parámetros la clase de río corresponde a la Clase Excepcional.

Al establecer la relación entre DBO₅/DQO, se tiene un valor de 0,25 (Cuadro 4), por lo tanto según Fresenius y Schneider (1991), lo cual indica que la biodegradación difícilmente se lograría ya sea por medios químicos o físicos. La DBO₅, corresponde según la NAS a Clase E al igual que los SST, Conductividad, Temperatura, en cuanto a Coliformes Fecales corresponde a la Clase 2.

4.2.3. Estación PD2

El agua tiene una temperatura de 20,7 °C (Cuadro 4) (relativamente templada), 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.

La relación DBO/DQO es igual a 0,25 (Cuadro 4) e indica que difícilmente se logra la biodegradación.

El pH tiene un valor de 6,8 (Cuadro 4), que ubican la calidad de este parámetro en este tramo de río en Clase E, que por su extraordinaria pureza y escasez, forma parte única del patrimonio ambiental de la República. Sin embargo, para DBO₅ y coliformes fecales (Cuadro 4) es Clase 1.

- Estación PD3

La temperatura 19,2 °C (Cuadro 4) en la estación PD3, es todavía templada, ya que aunque hay una disminución de la altitud y la vegetación ribereña permanece abundante es la suficiente para mantener la temperatura igual o menor a 20°C.

La relación DBO/DQO es igual a 0,54 (Cuadro 4) e indica que la biodegradación se puede conseguir por medios físicos o químicos y biológico, relativamente fácil.

De acuerdo a las NAS la clase del río se conserva como Clase 1 en cuanto a DBO₅ y coliformes fecales (Cuadro 4), que indica un agua apta para la protección y conservación de las comunidades acuáticas.

4.2.4. Estación PD4

La temperatura de 24,1°C (Cuadro 4), en aumento con respecto al PR indican 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.

Los resultados de la concentración de oxígeno disuelto 7,7 mg/L (Cuadro 4), la DBO₅ 2.5 mg/L (Cuadro 4) y una DQO de 7 mg/L (Cuadro 4). Indican que la biodegradación se puede conseguir posterior a un tratamiento físico y químico (DBO/DQO= 0.36) (Cuadro 4).

Comparando los resultados de la DBO₅ en el PD4 con las NAS la Clase de Calidad del río es 1 (Cuadro 4).

4.2.5. Estación PD5

Se registra un incremento en la temperatura a 23,2 °C (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 7.9 mg/L (Cuadro 4), lo cual está dentro de la Clase Excepcional. La relación de DBO₅ y DQO (DBO/DQO= 0.175) (Cuadro 4), indican que la biodegradabilidad por autodepuración no se consigue.

Comparando con las NAS los resultados obtenidos en este punto, la clase del río es 2, para la DBO₅ (Cuadro 4) indica un agua apta para la protección y conservación de las comunidades acuáticas.

4.2.6. Estación PD6

La temperatura en este punto comparado con el PR sigue en aumento, con 25,1 °C (Cuadro 4). Comparando los valores obtenidos de OD y de DBO₅, (Cuadro 4) donde el OD es mayor del 80% de saturación (Tebbutt, 2002) y la DBO₅ menor de 2 mg/L (1 mg/L), con respecto a este último parámetro la clase de calidad según las NAS es Excepcional. Por otra parte la relación DBO/DQO es de 0.33 (Cuadro 4), lo que indica que es difícil lograr la biodegradación por medios naturales (Fresenius y Schneider, 1991).

4.2.7. PD7a

La temperatura presenta su mayor valor 25,2°C (Cuadro 4), debido a la poca vegetación observada a las orillas del río, además de que se encuentra en la parte baja de la cuenca y aproximándose a la confluencia con el Río Chiriquí.

A diferencia de las estaciones anteriores analizadas, se observa un aumento en la concentración de coliformes totales (1060 UFC/1000 ml) (Cuadro 4).

La relación DBO/DQO es de 0.33 (Cuadro 4), nos dice que es difícilmente biodegradable ya sea por medios físicos o químicos.

4.2.8. Estación PD7du

La temperatura es de 26.4°C (Cuadro 4), esta estación está ubicada justo en la descarga de aguas residuales de la ciudad de David.

El oxígeno disuelto es de 3.2 mg/l (Cuadro 4) se observa una drástica disminución en la cantidad de oxígeno disponible debido a la calidad de las aguas descargadas a él, sin embargo la relación DBO/DQO es de 0.69 (Cuadro 4), lo que indica que puede fácilmente

biodegradarse con facilidad (Fresenius y Schneider, 1991), los coliformes fecales se presentan con mayor cantidad, a lo largo de todo el eje principal del río (22800 UFC/1000 ml) (Cuadro 4).

4.2.9. Estación PD7

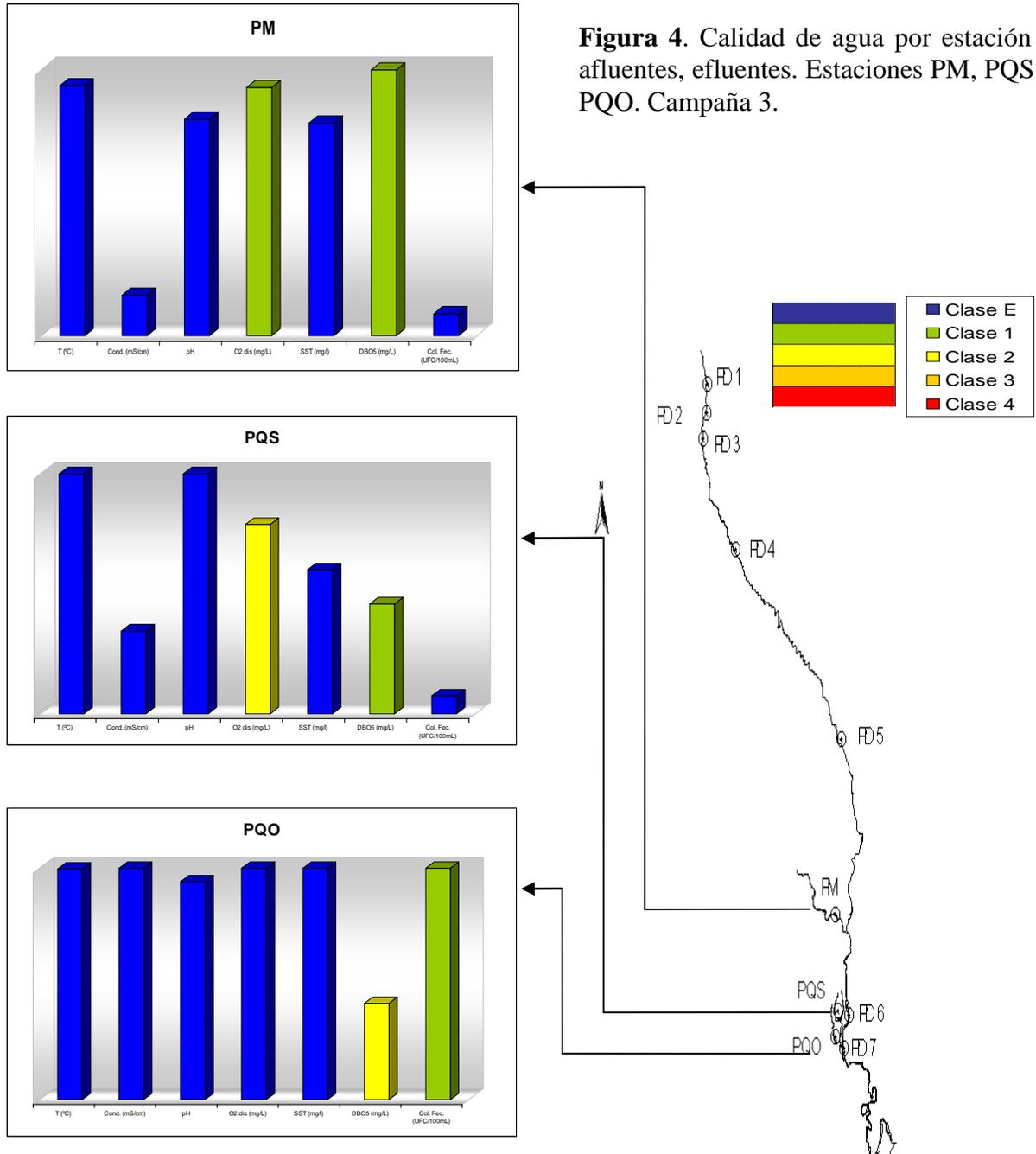
Esta estación está ubicada después de la descarga del aguas residuales de la ciudad de David, la temperatura alcanza un valor máximo igual a 25.3°C (Cuadro 4), esto puede ser el resultado de la escasa vegetación en las riberas para esta zona del río.

La relación DBO/DQO es de 0.33 (Cuadro 4), lo que indica que difícilmente se puede biodegradar (Fresenius y Schneider, 1991).

La clase del río en este tramo por parámetro (Cuadro 4), según las NAS es: Clase 2 para Oxígeno Disuelto, Clase 4 para DBO₅, Clase 3 para Coliformes Fecales en cuanto a pH y Temperatura Clase 1, a sólidos suspendidos y conductividad es Clase E.

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 afluentes del río David, producto de la Campaña 2, llevada a cabo los días 26 y 27 de octubre de 2007.



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).

4.3.1. Estación PM

La estación PM (Balneario Majagua) tiene una temperatura igual a 25,4°C (Cuadro 5), este valor se debe a que la muestra fue tomada en horas avanzadas de la tarde en donde los rayos del sol son menos intensos.

El oxígeno disuelto (Cuadro 5) es mayor al 70%, e indica la posibilidad de presencia de seres vivos (Tebbutt, 2002). La relación DBO/DQO es igual 0,4 (Cuadro 5) que denota la posibilidad de conseguir la degradación por medios biológicos o químicos (Fresenius y Schneider, 1991).

En cuanto a las NAS el Río Majagua cuenta con una Clase E para los parámetros Temperatura, pH, Conductividad, Coliformes Fecales, Sólidos Suspendidos (Cuadro 5); sin embargo, Oxígeno Disuelto y DBO₅ (Cuadro 5) corresponden a la Clase 1 y esto se puede atribuir a las descargas de aguas residuales domésticas que se dan en el río Majagua y que poseen una baja concentración de oxígeno disuelto y alta concentración de coliformes fecales; por ende, su afectación no es del todo severa al tener una clase que representa agua de muy buena calidad para la conservación de las comunidades acuáticas.

4.3.2. Estación PQS

La estación ubicada en la Quebrada del Sapo, cuenta con una temperatura de 27°C (Cuadro 5), debido a que el muestreo en este punto se realizó en horas de medio día, sin embargo el día estaba nublado.

El oxígeno disuelto (Cuadro 5) es igual a 61%, reduciendo la posibilidad de existencia de vida acuática (Kiely, 1999). La relación DBO/QO es de 0,22 (Cuadro 5) connotando la dificultad de llevarse a cabo una degradación por medios biológicos o químicos (Fresenius y Schneider, 1991).

En el caso de la Quebrada el Sapo su Clase es E, según las NAS, para los parámetros Temperatura, pH, Conductividad, Coliformes Fecales, Sólidos Suspendidos (Cuadro 5); sin embargo, el Oxígeno Disuelto (Cuadro 5) corresponde a Clase 2 y DBO₅ (Cuadro 5) corresponden a la Clase 1 y esto se puede atribuir a las descargas de aguas residuales domésticas que se dan sobre la Quebrada, y que poseen una baja concentración de oxígeno disuelto y alta concentración de DBO₅ (Fresenius y Schneider, 1991; Kiely, 1999); por ende, su afectación no es del todo severa al tener una clase que representa agua de buena (Clase 2) y muy buena calidad (Clase 1) para la conservación de las comunidades acuáticas.

4.3.3. Estación PQO

La estación PQO (Quebrada de Obaldía) tiene una temperatura de 26,9°C (Cuadro 5), que pese a la escasa vegetación del lugar, la muestra fue tomada en un día nublado.

El oxígeno disuelto (Tabla 4.10) es mayor al 70%, lo que indica la posibilidad de existencia de seres vivos (Kiely, 1999). La relación DBO/DQO es igual a 0,111 (Cuadro 5), lo que indica que la materia contenida en la muestra tiene una capacidad de biodegradarse muy baja tendiente a nula (Fresenius y Schneider, 1991).

En cuanto a la Quebrada Obaldía su Clase es E, según las NAS, para los parámetros Temperatura, pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendidos (Cuadro 5); sin embargo, Coliformes Fecales (Cuadro 5) corresponde a Clase 1 y DBO₅ (Cuadro 5) corresponden a Clase 2 y esto se puede atribuir a las descargas de aguas residuales domésticas que se dan sobre la quebrada, y que poseen una alta concentración de Coliformes Fecales y DBO₅ (Fresenius y Schneider, 1991; Kiely, 1999); por ende, su afectación no es del todo severa al tener una clase que representa agua de muy buena (Clase 1) y buena calidad (Clase 2) para la conservación de las comunidades acuáticas.

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 la tercera campaña de monitoreo, se observa que la calidad del agua en general a lo largo del eje de la cuenca, clasifica como excepcional, sin tomar en cuenta la estación PD7, que evidencia claramente la influencia en el deterioro de la calidad del agua por la descarga de aguas residuales de la ciudad de David.

En esta campaña también se investigaron empresas y actividades humanas que se desarrollan a lo largo de la cuenca (ver documento Herramientas para la Implementación de un Sistema de Gestión de Cuencas utilizando como Base de Respuestas la Unidad Ecosistémica del Río David), cuya descarga de aguas residuales llegan al río David, y al comparar la ubicación de las empresas y lugares de actividades humanas con los resultados de los parámetros de calidad, podemos concluir que la influencia que estas ejercen en la deficiencia de la calidad del río es mínima; sin embargo, es importante no descartar posible influencia de las descargas de empresas en la parte alta de cuenca. Por otra parte la disminución de los niveles de calidad se pueden observar a lo largo del eje de la cuenca, si tiene relación con aumento de los lugares poblados desde la cuenca alta a la baja.

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.

Se recomienda la participación de empresas privadas, entidades estatales, académicas y la comunidad en general, para lograr la implementación del programa de monitoreo de calidad de agua del río David.

Realizar por lo menos 3 campañas de monitoreos anuales, de manera que cada una sea representativa de la estación climática que se da en la zona (estación seca y estación lluviosa) y una en el periodo de transición, para lograr consistencia en los análisis de los resultados, para ampliar la base de datos y conseguir una mejor interpretación del monitoreo de la condición del río mediante herramientas estadísticas.

Cambiar tres de los parámetros de monitoreo utilizados en el proyecto original I+D-147-2005: Nitrógeno Total, Fósforo Total, Sólidos Suspendidos; por Nitratos, Fosfatos, Sólidos Totales y añadir el parámetro de Turbiedad, de esta forma además de elaborar

los mapas de calidad del agua, se puede calcular el ICA, obteniendo un diagnóstico más completo.

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 Ingeniería 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.
- Fresenius, W.; Schneider, W., 1991.** Manual de Disposición de Aguas Residuales – Origen, Descargas, Tratamiento y Análisis de Aguas Residuales, Cooperación Técnica de la República Federal de Alemania (GTZ), Programa de Salud Ambiental, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (GCPIS), Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud (OMS), Lima-Perú.
- 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, Editorial 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.