

UN MODELO CUATRIMESTRE - BIMESTRE PARA ESTIMAR LA VARIACION DE LA CARGA ORGANICA EN AGUAS SUPERFICIALES

MARCO A. SEQUEIRA*, BERNARDO CHACON**

RESUMEN

Se presentan los valores de la mediana semestral y los promedios cuatrimestre–bimestre, de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.²⁰₅) y del porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto (O₂/O₂ Saturación O.D.) en 17 estaciones de investigación, en las aguas del río Virilla y Grande de Tárcoles, cuenca 24, Costa Rica.

Se determinó que la concentración y variación de la carga orgánica, a través de 49 km de los 92 km de estudio, está influida por la distribución de tiempo propuesta en este trabajo como cuatrimestre–bimestre, la cual está íntimamente relacionada con el transporte de materia orgánica suspendida, velocidad de la corriente, profundidad y transporte de carga contaminante al fondo de la corriente, en donde sufre descomposición bental.

INTRODUCCION

Ha sido presentado un modelo semestral para determinar la variación de la carga orgánica, con la mediana de la D.B.O. y el ^o/o de saturación de O.D., en el río Virilla y Grande de Tárcoles; Cuenca No. 24, Costa Rica (1).

Al evaluar el comportamiento del caudal medio mensual, en las estaciones fluviográficas de esta Cuenca, se observa que todas estas estaciones mantienen una misma distribución (Figura No. 1), ya que se encuentra sometida a un mismo régimen de precipitación. De esta distribución de caudales se determina que el cuatrimestre ENE–FEB–MAR–ABR corresponde al período, de mínimo caudal, favoreciéndose así una máxima capacidad de sedimentación y mínima capacidad de dilución. El cuatrimestre

JUL–AGO–SET–OCT corresponde al período de máximo caudal, mínima capacidad de sedimentación y máxima capacidad de dilución. Los cuatro meses restantes MAY–JUN y NOV–DIC los hemos definido como bimestres de transición verano–invierno e invierno–verano respectivamente.

Es lógico pensar que este cambio está íntimamente relacionado con la variación de la carga orgánica de estos ríos; razón por la cual se puede evaluar la variación sobre el transporte de materia orgánica e inorgánica suspendida sedimentable, ocasionado por el cambio de turbulencias que influye directamente sobre la velocidad de la corriente, profundidad, transporte de carga contaminante al fondo de la corriente en donde ésta sufre descomposición bental, etc. La evaluación de este trabajo se realiza con las alteraciones que sufren dos variables físicas: Turbiedad y Sólidos Suspendidos Sedimentables (S.S.S.) con la distribución cuatrimestre–bimestre. De esta evaluación (Figura No. 2) se observa como el bimestre de transición verano–invierno (MAY–JUN) mantiene los valores más altos de turbiedad, mientras que para el bimestre de transición invierno–verano (NOV–DIC) los valores de turbiedad son bajos; ésto a pesar de que los dos bimestres tienen caudales promedio semejantes.

En el bimestre de transición verano–invierno, con las primeras lluvias se efectúa el arrastre de los materiales de los suelos, ya que la vegetación está seca y los terrenos no favorecen la infiltración o retención del agua de lluvia, también se lleva a cabo el arrastre de los sedimentos depositados, por cuanto el cambio brusco de caudal lava los lechos de los ríos.

* Laboratorio Central de Acueductos y Alcantarillados.

** Escuela de Química; Centro de Investigación en Contaminación Ambiental–CICA, Universidad de Costa Rica.

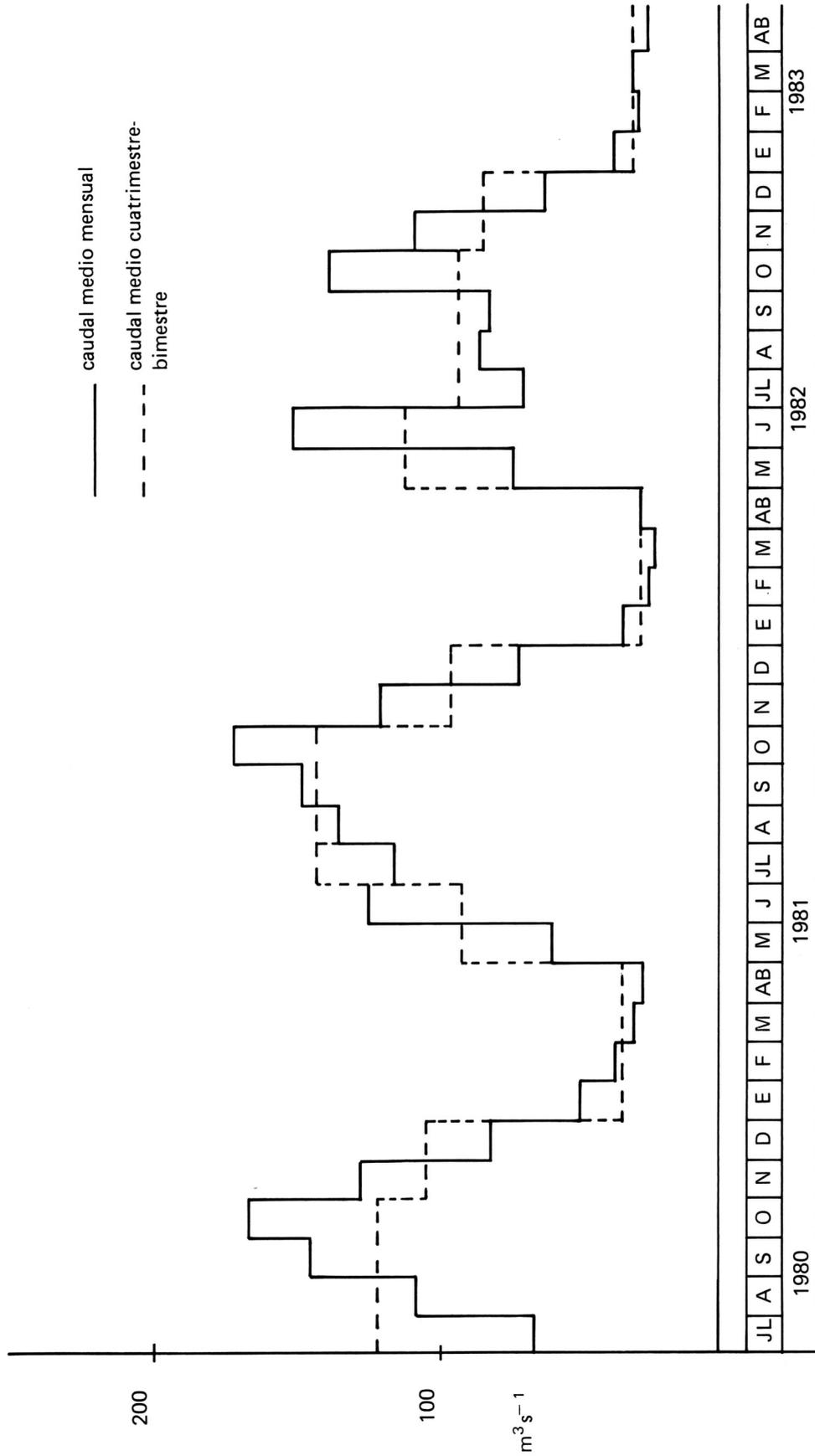


FIGURA No. 1. Distribución de caudal en la Estacion TA-7 del Río Grande de Tárcoles.

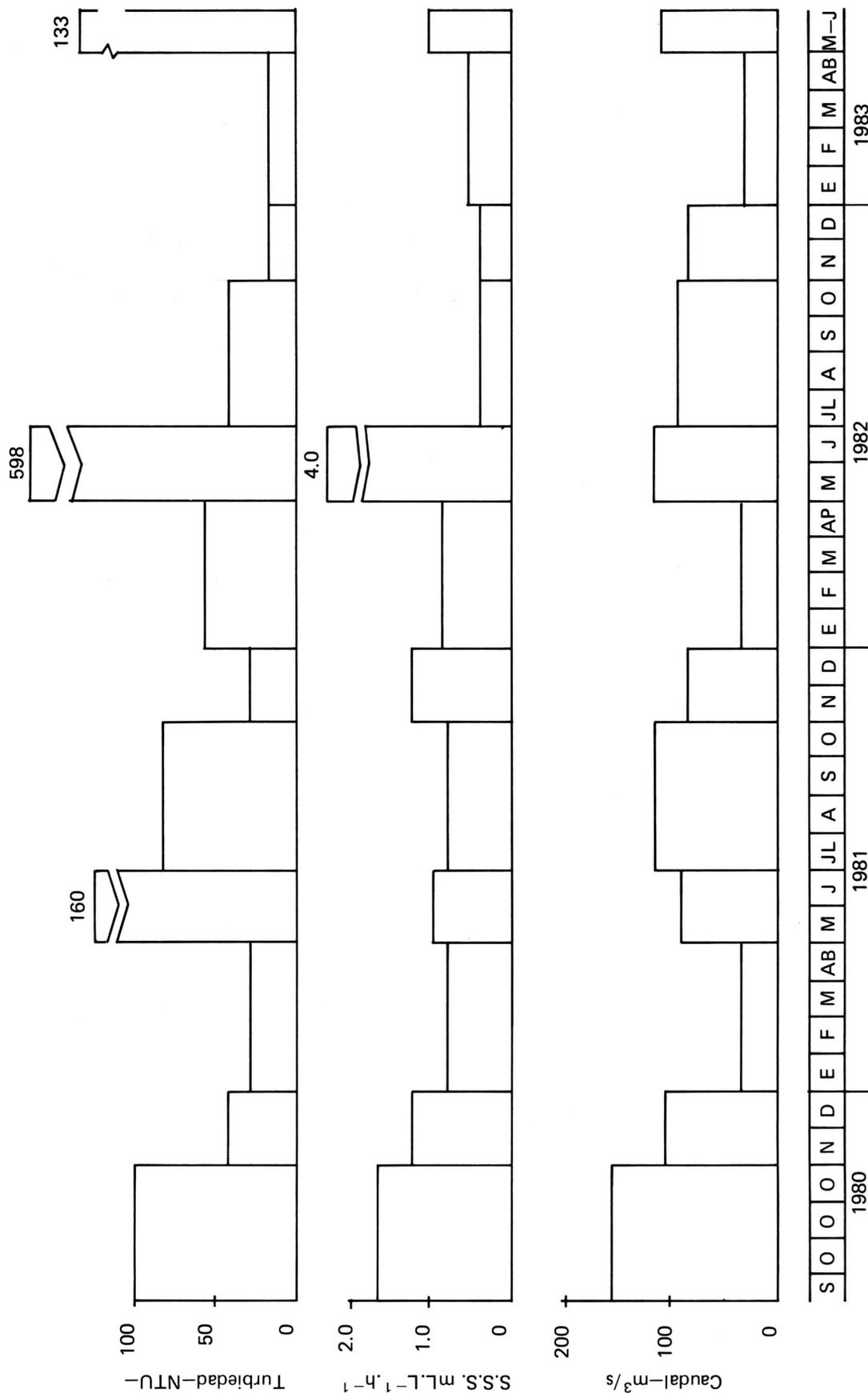


FIGURA No. 2. Relación promedio cuatrimestre—bimestre para caudal, turbiedad, SOL.SUS.SED. en la estación TA-7 del río Grande de Tárcoles. 1980—1983.

En el bimestre de transición invierno-verano la situación es diferente; la cubierta vegetal de los terrenos está formada y las raíces de las plantas lo mantienen bien amarrado, por lo que el agua que mantiene los caudales de estos ríos, es de escorrentía, con bajo contenido de materia orgánica que provenga de los suelos.

METODOLOGIA

Para el logro de los objetivos del presente

estudio, se tomó como base, 17 estaciones de muestreo distribuidas a lo largo del río Virilla y Grande de Tárcoles (1). La frecuencia empleada en la recolección de las muestras fue mensual y las técnicas de recolección y análisis empleados fueron las recomendadas por la AWWA(2).

Las mediciones de caudal se hicieron en las estaciones V-1, V-5, TA-4, TA-5, TA-7 con una periodicidad igual a la empleada en la recolección de las muestras y fueron realizadas por personal del Instituto Costarricense de Electricidad (3).

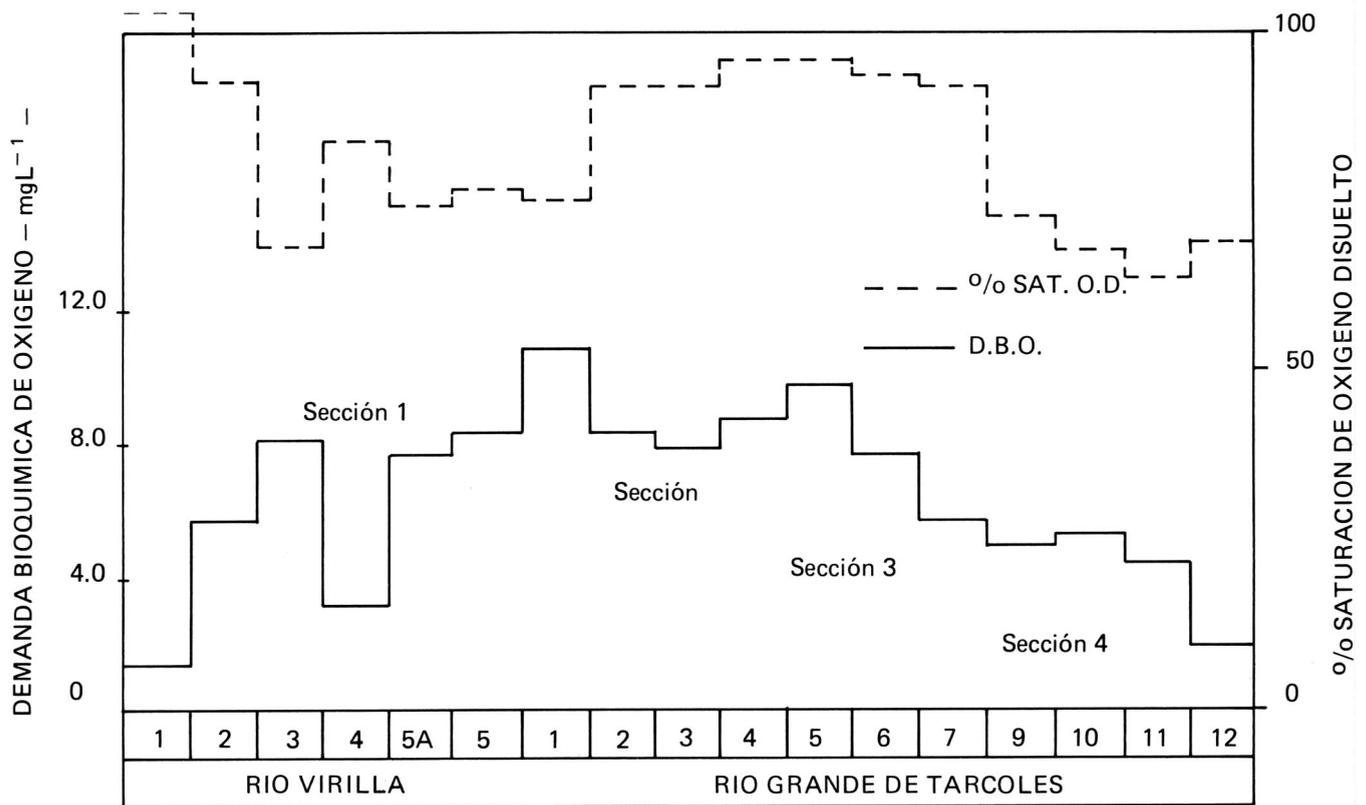


FIGURA No. 3. Relación de la mediana de la demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (% SAT. O.D.), para el I Semestre de 1982.

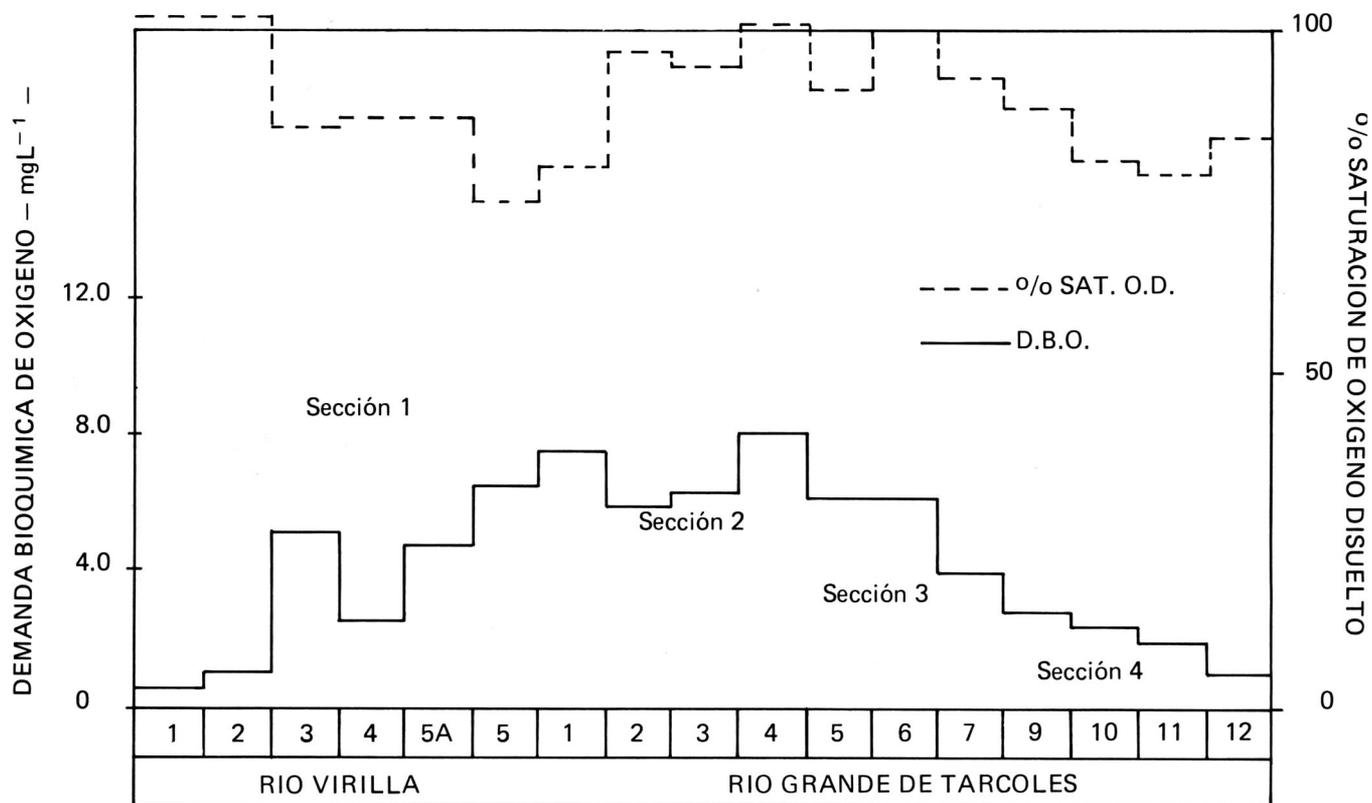


FIGURA No. 4. Relación de la mediana de la demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.) y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (% SAT. O.D.), para el II Semestre de 1982.

RESULTADOS Y CONCLUSION

Para efecto de una mejor evaluación de las diferencias o semejanzas en la comparación de

resultados con el modelo semestral y modelo cuatrimestre-bimestre, se dividió los 93 km de estudio en cuatro secciones cuyas características se indican en el Cuadro No. 1.

CUADRO No. 1. Características de las secciones comprendidas desde V-1 a TA-12 en el río Virilla y Grande de Tárcoles.

SECCION	LONGITUD km	ESTACIONES	GRADIENTE m/km	CAUDAL PROMEDIO m ³ /5			
				ENE a ABR	MAY a JUN	JUL a OCT	NOV a DIC
1	16	de V1 - a TA - 1	17	0.65	3,9	3,0	2,2
2	27	de TA-1 a TA-5	22	5	25	29	22
3	24	de TA-5 a TA-7	9	30	78	107	93
4	25	de TA-7 a TA-12	2	31	80	109	92

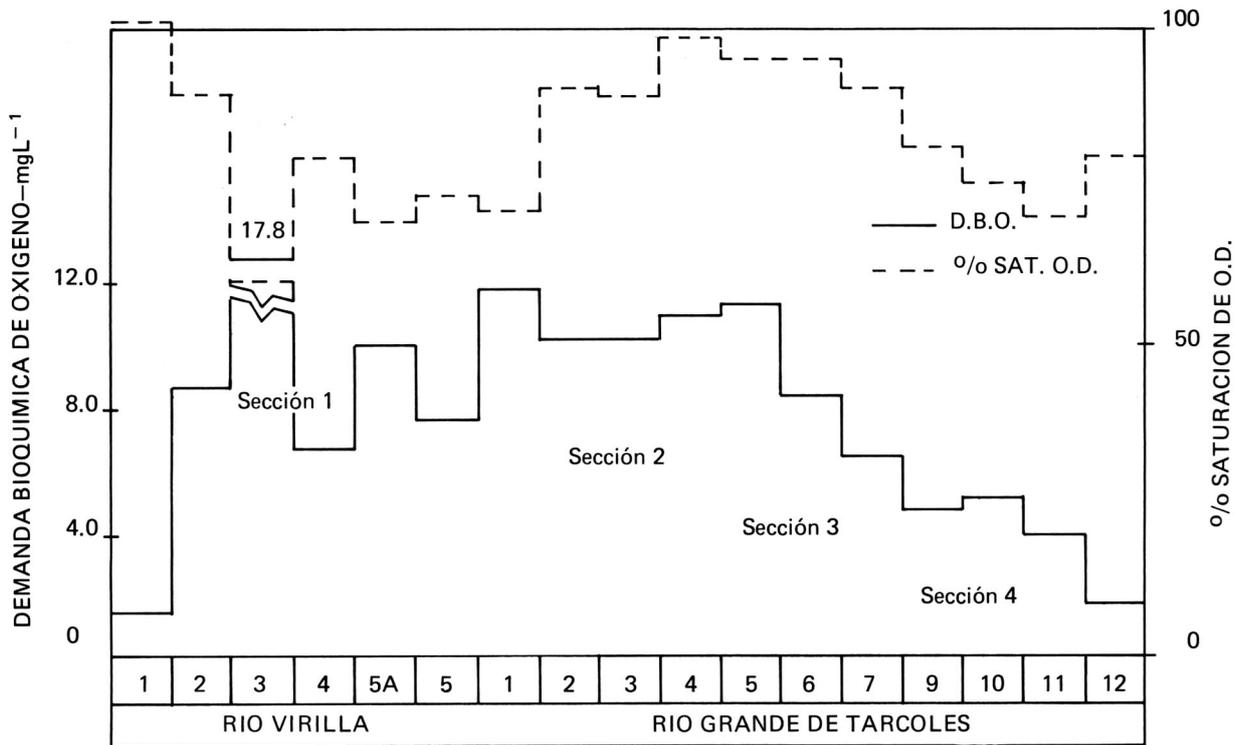


FIGURA No. 5. Relación de los promedios de la D.B.O. y el % SAT. de O.D., para el cuatrimestre E-F-M-A-1982.

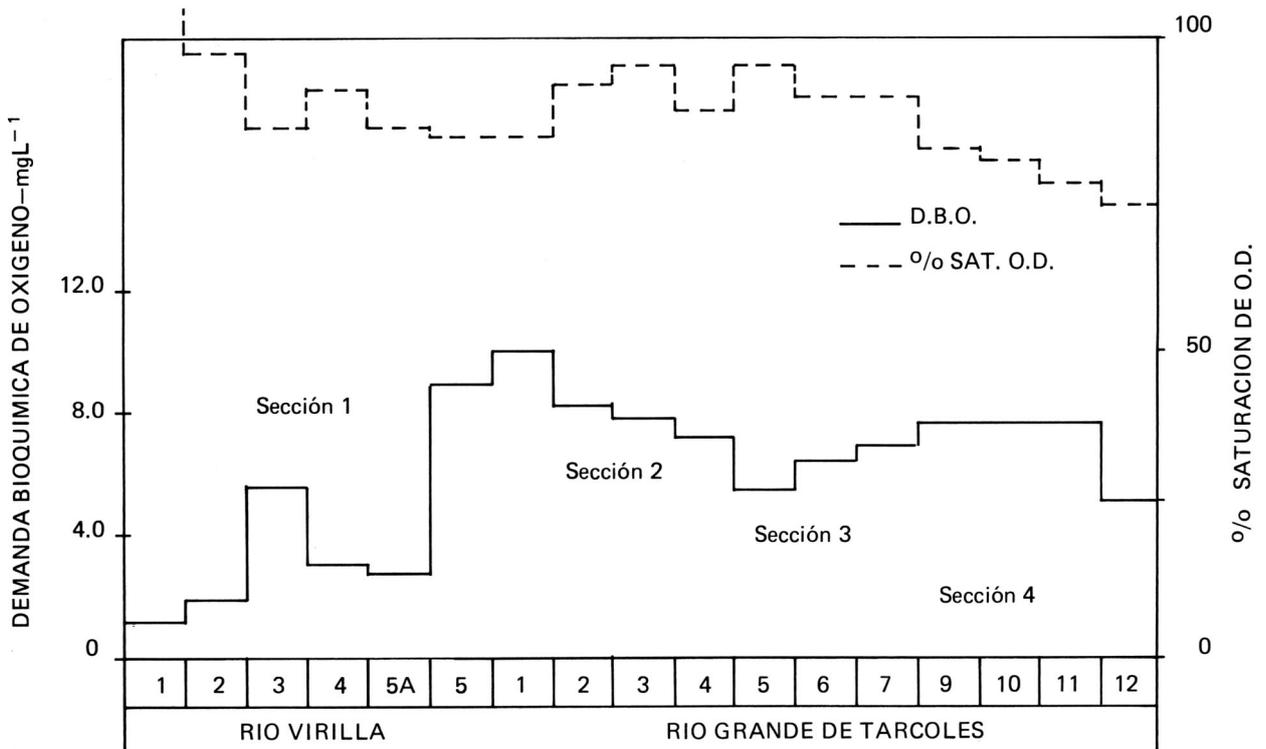


FIGURA No. 6. Relación de los promedios de la D.B.O. y el % SAT. de O.D., para el bimestre M-J-1982.

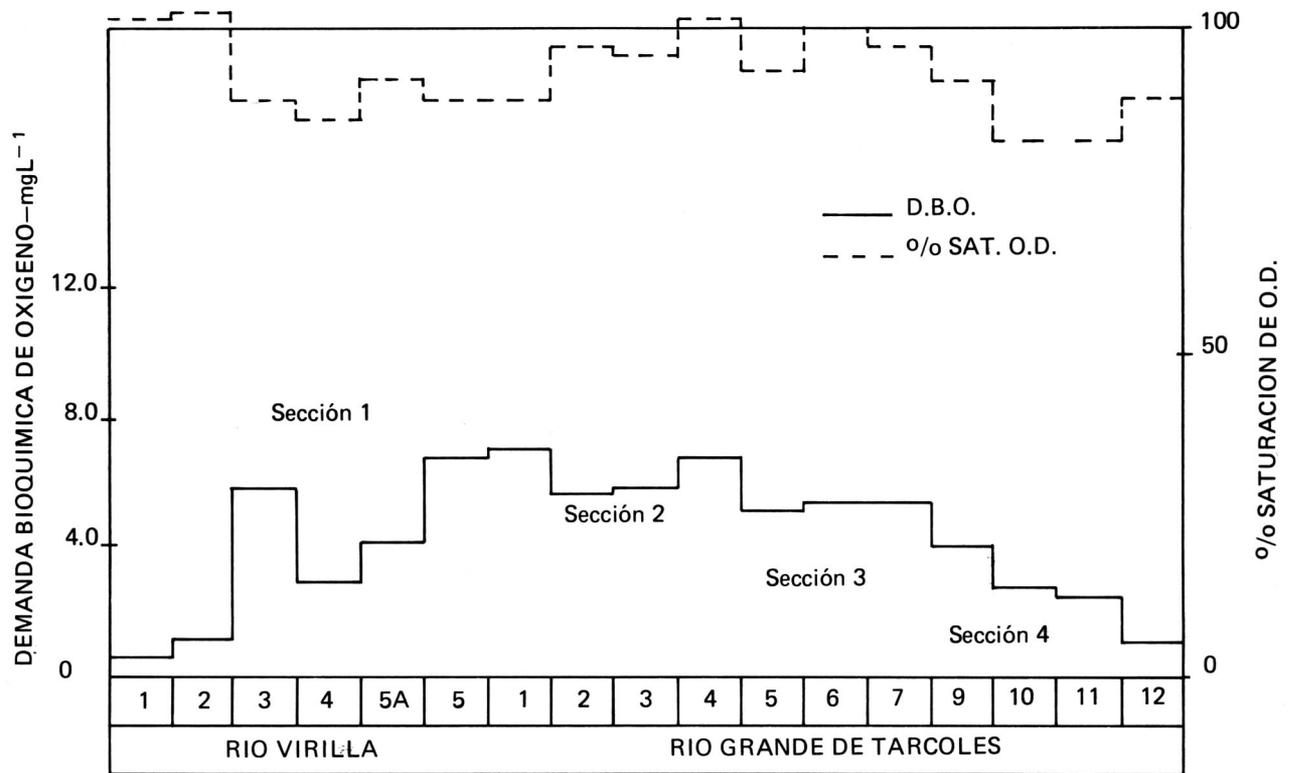


FIGURA No. 7. Relación de los promedios de la D.B.O. y el % SAT. de O.D., para el cuatrimestre JL-A-S-O-1982.

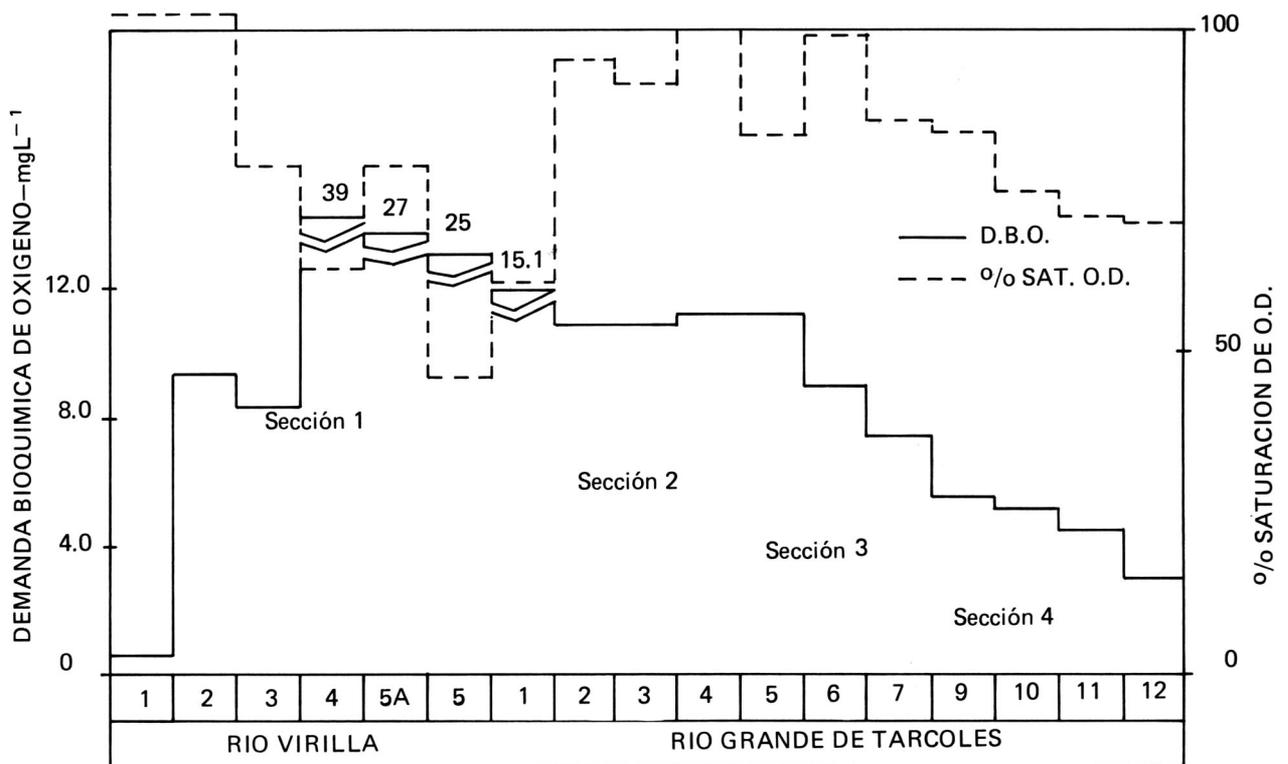


FIGURA No. 8. Relación de los promedios de la D.B.O. y el % SAT. de O.D., para el bimestre N-D-1982.

Las Figuras No. 3 y No. 4 muestran los valores de la mediana semestral para 1982 mientras que las Figuras No. 5, No. 6, No. 7 y No. 8 muestran los valores promedio para el modelo cuatrimestre—bimestre para el mismo año. Es importante indicar aquí que se han obtenido observaciones muy similares, para estos períodos, en los años 81 y 82.

Al evaluar la Figura No. 3 con la No. 4 observamos que la D.B.O. siempre es mayor para el primer semestre que para el segundo semestre, en todas las secciones. Con respecto al $\%$ de saturación O.D. se observa como es afectado en las secciones 1 y 4, presentando el efecto más adverso en el primer semestre ya que se alcanzan disminuciones promedio de 40% en la saturación, especialmente en la estaciones V-3, V-5, TA-1 y prácticamente toda la sección 4.

En las Figuras No. 3 y No. 5 se observa la diferencia que existe en el área bajo la curva de la D.B.O., siendo más alta, 28% en total, en la Figura No. 5 comparativamente con la Figura No. 3. Esto nos indica que el cuatrimestre ENE—FEB—MAR—ABR es uno de los períodos más adversos, para estas aguas superficiales, a lo largo de los 92 km de estudio. Refiriéndonos al $\%$ saturación O.D. se puede observar como el perfil de la curva mantiene el mismo comportamiento, presentando valores cercanos al 100% únicamente en la parte alta de la cuenca, V-1, y en las secciones 2 y 3. La recuperación observada en el $\%$ saturación de O.D. en las secciones 2 y 3 se debe más que todo al gradiente, 22 m/km y 9 m/km respectivamente, que favorece una alta aereación de la corriente. Esta aereación no es suficiente para la D.B.O. transportada puesto que el $\%$ saturación O.D. vuelve a disminuir bruscamente en la sección 4.

Con las Figuras No. 4 y No. 7 podemos observar que prácticamente el área bajo la curva, de la D.B.O., del segundo semestre es igual a la del cuatrimestre de invierno, la diferencia total es 4% mayor el área de la Figura No. 4 comparativamente con la Figura No. 7. Este hecho es muy significativo ya que nos indica que los meses de NOV—DIC no participan en el cálculo de la mediana semestral. Un análisis del cálculo de la mediana para el segundo semestre demostró que el 80% de sus valores, a lo largo de los 92 km de estudio, fue obtenido por los

resultados de JUL—AGO—SET y OCT. En lo referente al $\%$ saturación de O.D. se observa aproximadamente el mismo perfil de variación alrededor del 100% de saturación; esto confirma que la mediana semestral del segundo semestre tiene un valor muy parecido al promedio del cuatrimestre JUL—AGO—SET—OCT, en las cuatro estaciones.

Para el bimestre de transición verano—invierno, Figura No. 6, se observa como el área bajo la curva de la D.B.O. tiene un valor menor, en las secciones 1, 2 y 3 con respecto al valor de la mediana del primer semestre y al valor promedio del cuatrimestre de verano, Figura No. 3 y No. 5 respectivamente. Este fenómeno, no se observa en la sección 4, lejos de disminuir, la D.B.O. aumenta con respecto a los demás períodos definidos en este estudio; 66% mayor que el primer semestre, 180% mayor que el segundo semestre, 63% mayor con respecto al cuatrimestre de verano, 121% mayor con respecto al cuatrimestre de invierno y 39% mayor que el bimestre de transición invierno—verano. Esto hace sugerir que la carga orgánica en este período, se ve aumentada a lo largo de estos 25 km, por el arrastre de los materiales sedimentados en los cauces de las aguas superficiales, provocado por el cambio brusco del grado de turbulencia con las primeras lluvias de mayo y junio. El $\%$ saturación O.D., en este período, tiene un perfil de comportamiento similar al del primer semestre y al cuatrimestre de verano, Figura No. 3 y No. 5 respectivamente.

En el bimestre de transición invierno—verano Figura No. 8, se observa todo lo contrario con respecto al bimestre verano—invierno (Figura No. 6,) a pesar de tener caudales muy semejantes. Las secciones 1, 2 y 3 muestran que el área bajo la curva de la D.B.O., siempre es mayor, que sus respectivas del modelo semestral o del modelo cuatrimestre—bimestre. Esto significa que el bimestre NOV—DIC constituye el período más crítico en cuanto a transporte de carga orgánica biodegradable, aumentada ésta por la intensificación del procesamiento del grano de café en esta zona de estudio (4). La sección 4 muestra un área bajo la curva, de la D.B.O., mayor que todos los períodos mencionados excepto para el bimestre verano—invierno, donde es 39% menor. Con respecto al $\%$ saturación O.D. se puede

observar como en este período, alcanza los valores más críticos del año. Esta curva adquiere un perfil similar al valor medio del primer semestre y del cuatrimestre de verano, a pesar de que el caudal ha aumentado entre 150^o/o a 200^o/o.

Al hacer un balance de masa aproximada, para la salida y entrada de la carga orgánica, en cada sección definida en este estudio, con el modelo cuatrimestre—bimestre, se obtienen los resultados que se indican en el Cuadro No. 2 para todo el período de investigación.

cuatrimestre—bimestre aunque en las Figuras No. 3, No. 4, No. 5, No. 6, No. 7 y No. 8 se observa, algunas veces disminución comparativa de la D.B.O. entre estaciones de muestreo de esta sección.

c. En la sección 3 se observa que el transporte de carga orgánica, biodegradación, dilución y/o sedimentación está influenciado por el modelo cuatrimestre—bimestre. Para los cuatrimestres de mínimo caudal (verano) hay disminución de carga orgánica, entre TA—5 y TA—7, por cuanto es el

CUADRO No. 2. Relación de masas de la D.B.O. en kg/h en las estaciones V—1, V—5, TA—4, TA—5 y TA—7 del río Virilla y Grande de Tárcoles 1980 — 1983.

PERIODO	AÑO	ENTRADA	ENTRADA	ENTRADA SECCION 3		ENTRADA
		SECCION 1 V—1	SECCION 2 V—5	TA—4	TA—5	SECCION 4 TA—7
N-D	1980	33	815	1 516	2 221	2 614
		10	443	1 220	3 060	3 024
E-F-M-AB	1981	4	367	820	1 570	1 063
M-J		24	745	1 328	1 775	1 794
JL-A-S-O		9	826	829	1 505	2 034
N-D		16	675	1 441	3 833	2 074
E-F-M-AB	1982	3	209	713	1 098	645
M-J		17	1 157	1 451	2 336	2 857
JL-A-S-O		7	462	1 077	1 647	1 325
N-D		5	1 224	1 290	3 225	2 238
E-F-M-AB	1983	2	248	1 044	1 606	626
M-J		13	976	1 258	2 462	1 521

Del Cuadro No. 2 se deduce:

- Que la salida de la carga orgánica de la sección 1, es siempre mayor que la entrada independientemente del modelo cuatrimestre—bimestre. Este aumento de carga orgánica es producido por los desechos generados en el Area Metropolitana, de San José, que transporta el río Virilla, Tiribí, Torres y María Aguilar (5).
- Para la sección 2 se mantiene la tendencia mencionada. Aumenta la carga orgánica por los desechos transportados por el río Bermúdez, Segundo y Ciruelas antes de TA—4 y por el río Grande de Atenas antes de TA—5. Este aumento de carga orgánica, es independiente del modelo

período con flujo menos turbulento, dando oportunidad a que gran parte de la materia orgánica suspendida sedimentable pase a formar parte de los sedimentos. Es importante anotar que el tiempo de retención, para esta sección es comparativamente el más alto con respecto a los otros períodos; ésto da más tiempo para que la materia orgánica sufra cierto grado de biodegradación.

En los bimestres transición de verano—invierno se observa una tendencia de aumento de carga orgánica, entre TA—5 y TA—7, posiblemente motivado por el arrastre de materia orgánica al producir, las primeras lluvias el lavado de los terrenos y también, en gran parte, por el arrastre de los materiales orgánicos sedimentados.

Para los cuatrimestres de máximo caudal

(invierno) se observa una tendencia de aumento de carga orgánica. Este aumento puede deberse a que el río es tan dinámico, en estas condiciones, que evita la sedimentación ya que no existe una biodegradación de la materia orgánica porque el tiempo de retención es el más pequeño de todos los períodos.

En los bimestres de transición invierno-verano se aprecia disminución de carga orgánica porque al disminuir el caudal disminuye el grado de turbulencia y se favorece la sedimentación. Además gran parte del caudal es de escorrentía, con bajo contenido de materia orgánica.

CONCLUSIONES

- No existe biodegradación sensible, de la materia orgánica, a lo largo de 36 km de recorrido, entre V-2 y TA-5 de las secciones 1 y 2.
- El transporte de carga orgánica, biodegradación, dilución, sedimentación, etc., está influenciado por el modelo cuatrimestre-bimestre, en el trayecto de 49 km, entre TA-5 y TA-12, de las secciones 3 y 4.
- La biodegradación de la materia orgánica se

lleva a cabo en mayor proporción en las secciones 1 y 4, ya que son los tramos que más deficiencia de oxígeno disuelto presenta.

- Se puede deducir que la disminución del O_2 saturación O.D., en la sección 4, además de ser por la biodegradación de la materia orgánica, se debe al proceso de nitrificación de estas aguas.

BIBLIOGRAFIA

1. Chacón, B., Sequeira, M. *Comportamiento de la Carga Orgánica en la cuenca 24: Virilla-Tárcoles, Costa Rica. Tecnología en Marcha* 7 (3) 1984. pp. 27-34.
2. APHA, AWWA, WPCF. **Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho.** 16 ed. Washington, 1980.
3. ICE, **Registro Hidrológico.**
4. Sequeira, M., Chacón, B. *Contaminación de las aguas superficiales de la cuenca 24: Grande Tárcoles. Tecnología en Marcha* 7 (2) 1984. pp. 37-44.

adquiera nuestras últimas novedades en ciencia y tecnología

ET EDITORIAL TECNOLÓGICA DE COSTA RICA

contaminación ambiental

introducción a la lógica

SISTEMA INTERNACIONAL DE PESOS Y MEDIDAS

FLORA APÉRCIA TEÓRICA

TECNOLOGÍA