

contaminación de las aguas superficiales de la cuenca 24: Grande de Tárcoles

MARCO A SEQUEIRA* BERNARDO CHACON**

RESUMEN

Se presenta una descripción y cuantificación de los materiales orgánicos e inorgánicos generados por el desarrollo urbano, la actividad industrial y la agrícola de toda la cuenca 24 del país (Río Grande de Tárcoles). Además se hace una proyección hasta el año 2000 sobre dicho efecto.

INTRODUCCION

La Cuenca del Río Grande de Tárcoles, formada por una serie de tributarios de gran importancia, sirve como recolectora principal de los desechos de la mayor parte de los principales centros de población del país, así como del área industrial. Estos factores, en conjunto con el futuro desarrollo de la zona, más el efecto que sobre la ecología de estas aguas puedan aportar otros factores de contaminación como el originado por la agricultura, han servido de base para la realización de un estudio en varias direcciones de esta cuenca.

En el presente trabajo se pretendió evaluar la carga contaminante originada por el efecto del desarrollo en los campos antes mencionados, y la proyección de esos valores obtenidos al año 2000; esto con el fin de conocer cuáles son y cuáles serán en un futuro las condiciones de esta cuenca y sus consecuencias en su flora y fauna, así como de las condiciones del estuario.

Conocer la realidad de la distribución poblacional a lo largo de la cuenca, el volumen de habitantes existentes dentro del área de estudio, la distribución industrial, los usos de las aguas desde las partes superiores ubicadas entre los 2000 y

1600 m.s.n.m. hasta su descarga a 0 m.s.n.m. en el estuario, (como fuente de consumo, receptora de desechos o agua de riego en la agricultura), han sido parte del presente estudio.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La cuenca hidrográfica del Río Grande de Tárcoles, identificada con la nomenclatura regional 84 y cuyo número de cuenca nacional es el 24, tiene un área de drenaje total de 2168,5 km² hasta su desagüe en el Océano Pacífico.

Para los efectos de esta investigación, la cuenca se dividió en dos regiones (Figura No. 1). La primera comprende un área de 302 km², que va desde la parte más alta (2000 a 1600 m.s.n.m.), hasta los 860 m.s.n.m. En esta zona se encuentra localizada la llamada Area Metropolitana de San José con una extensión de 170 km², donde se ubica la mayor densidad de población del país, que es de 3495 personas/km² y es a la vez el asiento del mayor desarrollo industrial, con un 76% de esta actividad en el país (3). La segunda región comprende una zona de drenaje de 1866 km² que va desde la altitud mencionada de 860 m.s.n.m. hasta la costa a 0 m.s.n.m. en el Océano Pacífico. En esta parte de la cuenca, la población está más dispersa, con una densidad de 262 personas/km² y un desarrollo industrial mucho menor. La importancia relativa de esta zona se debe a la recolección de los desechos de las subcuencas de los ríos Bermúdez, Ciruelas y Segundo (Figura No. 2).

En el recorrido realizado por la cuenca mencionada se detectó que el deterioro en la calidad de las aguas superficiales de la zona es consecuencia del vertido directo, sin tratamiento previo o con tratamientos sumamente deficientes de las aguas residuales, tanto urbanas e industriales como del sector agropecuario. Estos desechos contienen

* Laboratorio Central, Acueductos y Alcantarillados.

** CICA Escuela de Química, Universidad de Costa Rica.

grandes cantidades de microorganismos y sustancias contaminantes de origen orgánico, que hace que se alcancen valores de DBO como los mostrados en el cuadro No. 1 (4) así como de sedimentos, productos orgánicos sintéticos, plaguicidas, nutrientes y basuras. Conviene señalar además que, como producto de la contaminación indus-

trial, aparecen oligoelementos (11), cuyos efectos sobre las aguas superficiales varían dependiendo de las concentraciones de las sustancias contaminantes, de los volúmenes de las diferentes descargas y de las características de los propios cuerpos receptores.

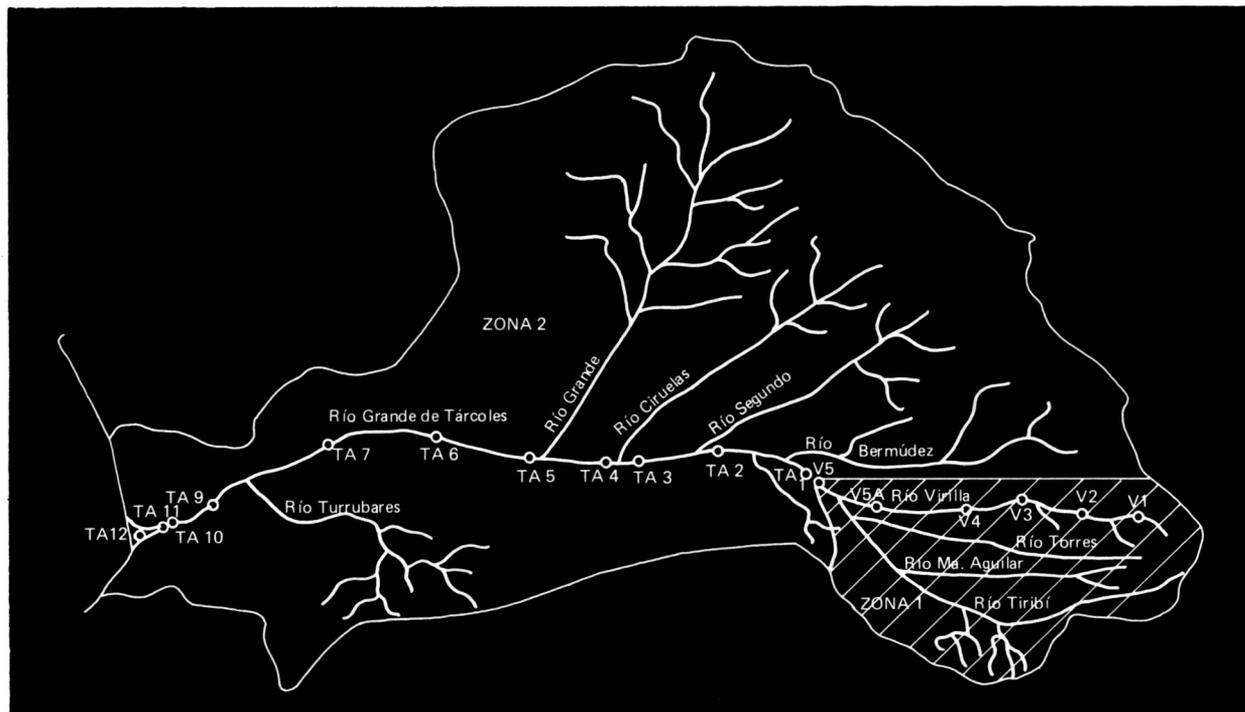


FIGURA No. 1. Zonas de la cuenca y estaciones de muestreo del río Grande de Tárcoles para el período de estudio 1980 – 1982.

VARIABLE AGUA SUPERFICIAL	D.B.O. mgL ⁻¹			%o Saturación de O.D.		
	MIN.	MED.	MAX.	MIN.	MED.	MAX.
Río Chagüite	1,3	13	93	55	69	85
Quebrada Cangrejos	24	86	158	4,6	40	71
Río Pío	1,0	24	129	30	63	80
Río Pirro	4,9	134	840	16	56	82
Río Bermúdez	4,9	164	817	0	49	89
Río Ipís	1,0	1,8	3,7	76	88	82
Río Damas	7,8	53	386	0	38	63
Río Ciruelas	3,2	11	32	43	75	91
Río Segundo	4,0	29	125	20	50	81
Quebrada Rivera	4,2	11	29	21	63	83
Río Tiribí	4,3	30	52	17	65	89
Río Torres	17	31	41	50	68	85
Río Ocloro	82	126	201	0	3,7	50
Río María Aguilar	14	27	58	31	74	86
Río Virilla	5,0	11	48	48	74	90
Río Grande Tárcoles(TA1)	5,7	18	22	31	78	95
Río Grande Tárcoles(TA5)	2,8	8,4	19	82	98	105
Río Grande Tárcoles(TA11)	1,0	3,9	9	19	83	97

CUADRO No. 1. Valor mínimo, mediano y máximo de la D.B.O. y porcentaje de saturación de O.D. de los principales tributarios de la cuenca 24.

METODOLOGIA

Este trabajo, que es parte de una investigación exhaustiva de la cuenca 24, se programó en dos partes fundamentales:

1. Evaluación química de los contaminantes.
2. Estudio sobre la distribución territorial y usos de las aguas de la cuenca y subcuencas de mayor importancia.

Para esta segunda parte, que es a la que nos referimos en este artículo, se realizó un reconocimiento de la zona para evaluar el desarrollo urbano e industrial. Se hicieron proyecciones y comparaciones en este campo. Se investigaron algunas industrias en especial, a fin de poder obtener resultados reales que permitieran hacer proyecciones estadísticas.

En el aspecto agrícola se investigó intensamente sobre usos del terreno, tipo de cultivo, prácticas agrícolas, consumo de insumos, etc.

En cuanto a los análisis químicos necesarios, se emplearon los métodos propuestos por American Water Works Ass. (AWWA) (1); tanto para la preservación como para el análisis. Los resultados obtenidos se trataron estadísticamente y corresponden a un período de estudio de 30 meses en 50 estaciones de muestreo.

DISCUSION Y RESULTADOS

Desarrollo urbano

En los alrededores de la cuenca (Zona 1) encontramos asentados los centros de población más importantes de las provincias de San José, Alajuela y Heredia, con una tasa de crecimiento de 2,45 anual (3). Esto indica que el número de habitantes comprendidos en el área cubierta aumenta con una tasa mayor con respecto al crecimiento poblacional del país; tal y como se muestra en el Cuadro No. 2.

Puede notarse que en 1972, el 45% de la población se localizó dentro de la cuenca, mientras que en el año 2000, el tamaño de la población llegará a alcanzar un valor cercano al 52%. Si se considera que los desechos cloacales de una persona alcanzan una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de 54 g/día (6), con estas proyecciones de población se alcanzarán niveles de 95000 kg/día

en el año 2000, mientras que en 1972 era de 44000 kg/día, para toda la cuenca. Esto demuestra que el contenido de materia orgánica irá en aumento en las aguas superficiales, originando un efecto negativo en la calidad de estas masas de agua, si es que no se emplea algún sistema de tratamiento. Los desechos domésticos, que constituyen una de las mayores fuentes de contaminación, debido a los grandes volúmenes de aguas cloacales producidas, son en su mayor parte recolectadas por los sistemas actuales de alcantarillado sanitario.

CUADRO No. 2. Comparación de aumento de la población de la cuenca con respecto a la población del país.

AÑO PROVINCIA	1972		1982		2000	
	No. Habitantes	%	No. Habitantes	%	No. Habitantes	%
San José	508 855	27,9	683 844	29,5	1 164 168	34,0
Alajuela	212 554	11,6	259 098	11,2	370 046	11,0
Heredia	104 739	5,7	140 755	6,0	239 614	7,0
Total Provincias	826 148	45,2	1 083 686	46,7	1 773 828	52,0
Total Costa Rica	1 825 605		2 319 733		3 377 458	

Solamente con analizar la población del área metropolitana (Cuadro No. 3) se puede observar en forma clara cómo la demanda bioquímica de oxígeno, determinada por el mismo método de cálculo, tendrá un incremento de aproximadamente 20000 kg/día, para el año 2000, pues pasará de 32088 kg/día en 1982 a 51309 kg/día en el año 2000, lo que repercute en una disminución del oxígeno disuelto si es que las descargas se hicieran directamente.

CUADRO No. 3. Comparación de la población del Área Metropolitana con respecto a la población del país.

Año	1972		1982		2000 *	
Cantón	No. habitantes	%	No. habitantes	%	No. habitantes	%
Central	215 441	11,8	267 247	11,5	417 606	12,3
Curridabat	15 591	0,8	19 862	0,9	32 066	1,0
Tibás	35 602	1,9	44 612	1,9	70 358	2,1
Alajuelita	22 364	1,2	30 797	1,3	54 895	1,6
Desamparados	68 096	3,7	92 791	4,0	165 850	4,9
Moravia	18 206	1,8	23 435	1,0	38 375	1,1
Montes de Oca	33 633	1,8	40 347	1,7	59 536	1,8
Goicoechea	60 376	3,3	75 148	3,3	111 484	3,3
Total Área Metropolitana	469 309	25,5	594 239	25,6	950 170	28,1
Total Costa Rica	1 825 605		2 319 733		3 377 458	

* Proyección calculada para fines de este estudio

Efecto de la actividad industrial

El desarrollo industrial de nuestro país se ha llevado a cabo casi totalmente dentro de la cuenca hidrográfica en estudio, con énfasis en la zona No.1 definida en esta investigación, como se puede ver en el Cuadro No. 4. Dentro de este tipo de industria, la química está localizada en un 76% (9) en la zona No. 1, trayendo esto como consecuencia la contaminación con metales pesados, como cromo, cobre, plomo, zinc, en algunos puntos de los ríos María Aguilar, Torres, Tiribí y Virilla, cuyos valores máximos encontrados se pueden observar en el Cuadro No. 5. Estos metales no permanecen en solución, sino que están pasando a formar parte de los sedimentos y junto con ellos son transportados hasta el estuario, en la desembocadura del Río Grande de Tárcoles, con el peligro potencial de que lleguen a ser incorporados en la cadena alimentaria, en donde los productores primarios son el vehículo inicial para que lleguen hasta los seres vivos superiores dando esto lugar al fenómeno de biomagnificación.

CUADRO No. 4. Localización de industrias en la cuenca del río Grande de Tárcoles con respecto al total del país.

Provincia	No. Industrias	% Costa Rica	% Cuenca
San José	1440	50,1	50,1
Alajuela	482	16,8	16,8
Heredia	225	7,8	7,8
Cartago	304	10,6	
Guanacaste	158	5,5	
Puntarenas	166	5,8	
Limón	95	3,3	
Costa Rica	2870	100	74,7

CUADRO No. 5. Valores máximos de metales pesados obtenidos en algunos de los principales ríos de la Cuenca del Grande de Tárcoles.

Río	Metal (mgL ⁻¹)				
	COBRE	CROMO	PLOMO	CADMIO	ZINC
María Aguilar	0,26	0,22	0,36	+	0,83
Tiribí	0,24	0,34	0,12	+	2,72
Torres	0,12	3,21	++	+	1,88
Virilla	0,15	+++	++	+	1,86
Grande Tárcoles	0,33	0,15	0,18	+	1,45

+ No se detectaron valores de cadmio total superiores a 0,012 mg L⁻¹
 ++ No se detectaron valores de plomo total superiores a 0,08 mg L⁻¹
 +++ No se detectaron valores de cromo total superiores a 0,10 mg L⁻¹

CUADRO No. 6. Principales ríos de la Cuenca 24 que reciben descargas de beneficios de café.

Río	Provincia	Meses en que recibe descarga ⁽¹⁾					
		Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Bermúdez	Heredia	174 26	82 56	281 35	613 12	513 24	429 29
Pirro	Heredia	187 51	135 27	685 21	945 32	536 42	39 16
Pío	San José				111 55	390 29	213 12
María Aguilar	San José				65 51	119 25	187 21
Damas	San José			72 30	206 15	68 23	39 14
Tiribí	San José				108 34	331 25	121 14
Chagüite	San José					214 30	288 23
Segundo	Alajuela				75 37	55 50	64 31
Ciruelas	Alajuela						70 68

(1) Valor promedio mensual

CUADRO No. 7. Población equivalente parcial y total aproximada de algunas actividades industriales en la cuenca del río Grande de Tárcoles.

Actividad	Total en la cuenca	Entrada		Efluente		Población equivalente parcial	Población equivalente aproximada P/actividad
		D.B.O. mgL ⁻¹	O.D. mgL ⁻¹	D.B.O. mgL ⁻¹	O.D. mgL ⁻¹		
Bebidas	23	580	0,0	278	0,0	2 800	226 444
		264	5,75	110	0,0	1 422	
				7 500	0,0		
Curtimbres	12			322	0,0		
				210	0,0		
Mataderos	6	6 495	0,0	1 470	0,0	7 056	42 336
Alimentos	519	6 625	0,0	3 300	0,0	2 644	850 641
		2 660	0,0	2 040	0,0	1 194	
		1 445	0,0	1 290	0,0	1 080	
				3 583	2,8	11 465	
Papel	15	145	0,0	166	0,0	13 944	153 384
Ingenios de Café	50			820	0,0		2 552 000
				360	3,6		
		2 050	0,0	870	0,0	51 040	

Población equivalente total aproximada

3 824 805

CUADRO No. 8. Uso de la tierra en la región del Valle Central Occidental de 1973.

Actividad	Montes y Bosques en Explotación	Montes y Bosques no en Explotación	Charrales y Tacotales	Cultivos permanentes	Tierra labranza	Pastos y potreros	Otros
Extensión km ²	80,7	250,2	120,3	447	93,7	1 275,8	25,4
o/o Uso	3,5	10,9	5,2	19,5	4,1	55,6	1,1
Total km ²			2 293,1				

Por otro lado la industria del café, con el 61^o/o de los beneficios del país ubicados dentro de la cuenca (9), genera en el procesamiento del grano una contaminación orgánica de gran magnitud y en forma estacional, que ocasiona valores altos en la D.B.O. y disminuye el contenido de oxígeno disuelto (saturación: 30^o/o) en las aguas superficiales que reciben las descargas de los beneficios, como se puede observar en el Cuadro No. 6. Este tipo de contaminación se lleva a cabo, principalmente, en los meses de setiembre a febrero, en algunos puntos de los ríos de la parte alta de la cuenca. En las inspecciones de campo realizadas durante estos meses, se logró comprobar la presencia de olores fétidos en las corrientes de agua por las condiciones pobres de oxígeno disuelto, lo que perjudica la degradación eficaz de la materia orgánica por los microorganismos aerobios.

Entre las otras industrias que descargan en esta área y cuyos desechos han sido evaluados, aparecen algunas importantes en el Cuadro No. 7. Se insertan los datos de O.D. y D.B.O. del agua cruda y del efluente del agua tratada para aquellos casos en que se dispone de planta de tratamiento. También aparecen los cálculos de la población equivalente parcial de cada industria y de la población equivalente total, que nos permiten hacer una estimación de la carga orgánica generada por cada actividad específica.

Efecto de la actividad agrícola

La cuenca del Río Grande de Tárcoles se encuentra ubicada, casi en su totalidad, en la región

agrícola conocida con el nombre de Valle Central Occidental.

En el Cuadro No. 7 se indican los usos de la tierra de esta región en la cual el 23,6^o/o corresponde a los cultivos permanentes y a tierras de labranza (7).

En el Cuadro No. 9 se hace un detalle del tipo de agricultura que emplea en sus sistemas de irrigación las aguas de los ríos ya mencionados. Cabe hacer notar que en los estudios que se han realizado sobre la influencia de la contaminación fluvial en la actividad hortícola de la zona (2, 14) se ha encontrado una reducción de un 45^o/o en el proceso de germinación así como una reducción de tamaño en ciertos tipos de productos, como es el caso del tomate (13) por la utilización de estas aguas en sus sistemas de irrigación.

Del Cuadro No. 10 podemos afirmar que los cultivos predominantes en la cuenca del Río Grande de Tárcoles son el café y la caña de azúcar, ya que estas dos actividades ocupan el 79,2^o/o de la extensión total de tierra en uso.

CUADRO No. 9. Actividades agrícolas y extensión en la Región del Valle Central Occidental en 1973.

ACTIVIDAD	Extensión km ²	ACTIVIDAD	Extensión km ²
Arroz	9,3	Banano	0,74
Maíz	26,7	Plátano	0,75
Frijol	15,5	Guineo	1,2
Camote	0,8	Piña	1,3
Papa	0,3	Naranja	0,62
Yuca	1,1	Papaya	0,04
Tabaco	1,8	Coco	0,08
Ajo	0,04	Sorgo	1,2
Cebolla	1,2	Aguacate	0,51
Repollo	0,7	Café	312,7
Tomate	2,8	Cacao	0,01
Lechuga	0,05	Elote	0,36
Remolacha	0,01	Caña de Azúcar	125,7
Zanahoria	0,07	Vainica	0,12

Estos cultivos requieren del combate de malas hierbas, hongos e insectos y otros, con plaguicidas, que han sido clasificados por organismos de salud a nivel mundial, como contaminantes del ambiente pues su nivel de toxicidad es agudo o crónico(10) para los seres vivos. Es así que, como consecuen-

cia de la actividad agrícola de esta cuenca los residuos de estos compuestos están siendo arrastrados hasta los ríos, lo cual está produciendo un considerable aumento de la contaminación, que al final destruirá en forma irremediable los ecosistemas acuáticos.

Además, la cantidad de abono que se adicionó en el período comprendido entre el 1 de mayo de 1972 y el 30 de abril de 1973 es de 18704 y 4966 toneladas para los cultivos de café y caña de azúcar respectivamente (7). Si tomamos estas cantidades como base y las proyectamos por un período de 10 años llegamos a obtener cantidades para estos cultivos del orden de 187000 y 49700 toneladas respectivamente. Con base en dicha proyección se hizo un estudio para evaluar el impacto en el ambiente acuático del posible exceso del residuo de nutrientes que pudiera estar incorporándose a las aguas superficiales por la escorrentía. (6)

Los usos que se le dan a las aguas superficiales de la cuenca del río Grande de Tárcoles hacen que tengamos tres regiones bien definidas.

La primera región: comprendida entre los 2500 y los 1500 m.s.n.m. En esta región el agua es utilizada como fuente de abastecimiento de agua potable con tratamiento convencional, como fuente de irrigación y en el despulpado y lavado del café.

La segunda región: comprendida entre los 1500 m.s.n.m. y los 900 m.s.n.m. y en la que las aguas superficiales son utilizadas como vehículo de transporte para los desechos líquidos y (o) sólidos generados en el área y como fuente de irrigación de cultivos intensivos de hortalizas de gran importancia en la dieta de los habitantes de la zona 1 y lugares circunvecinos. Las aguas utilizadas para irrigación en esta zona, sobrepasan ya los valores establecidos como máximos para la calidad de aguas de uso agrícola. (2) También se utilizan para el despulpado y lavado del café.

La tercera región: ubicada desde las 900 m.s.n.m. hasta la costa, en la que las aguas son utilizadas para la producción de energía hidroeléctrica, conducción de todos los desechos y para irrigación. En el caso de las aguas utilizadas para irrigación, se presenta nuevamente el problema que se mencionó en la segunda región.

CONCLUSIONES

El principal problema de contaminación de las aguas en la cuenca del Río Grande de Tárcoles, está constituido por las descargas de materia orgánica, tanto urbana (que alcanzan cifras cercanas a las 58 toneladas/día), como a las de origen industrial, en donde los beneficios de café aportan 137 toneladas/día entre los meses de setiembre y febrero. Las otras actividades en números conservadores contribuyen con 69 toneladas/día durante todo el año, pues la capacidad instalada puede generar 14 toneladas por día.

Ya existe evidencia de la presencia de metales pesados (11) originados en su mayoría por la actividad industrial que se desarrolla en la cercanía de los principales ríos del Area Metropolitana.

Se recomienda que se tomen medidas:

- a.— para evaluar los desechos industriales,
- b.— para decidir el tipo de tratamiento que debe aplicarse antes de que los residuos sean vertidos en las aguas de la cuenca,
- c.— para velar porque aquellos que disponen ya de planta de tratamiento de desechos, dispongan de un adecuado control,

De acuerdo con los valores mostrados en el Cuadro No. 1, se puede observar que la contaminación de la cuenca en estudio alcanza valores altos debiéndose notar que el porcentaje de saturación de O.D. está bastante por debajo del 100%/o.

AGRADECIMIENTO

Deseamos expresar nuestro agradecimiento al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados y a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica quienes han patrocinado varios de los estudios que han servido de base para obtener estos resultados que nos permiten cuantificar la situación de la cuenca 24.

LITERATURA CONSULTADA

1. APHA, AWWA, WPCF. **Standard methods for the examination of water and waste water.** 14 ed. Washington, 1975. pp. 95, 132, 278, 443, 460, 543.

2. Cordero, A.; Chacón B. y Rodríguez, A. *Contaminación del Río Bermúdez, Alajuela, Agronomía Costarricense*. v3 (2): 109–113, 1979.
3. Cruz, N. *Prevención y control de la contaminación de las aguas en el Area Metropolitana*. En: "**Contaminación Ambiental**". Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 1982. p. 43.
4. Chacón, B. y Sequeira, M. *Estado actual de la Contaminación por materia orgánica del Tárcoles y sus principales Tributarios*. Escuela de Química. Documento de trabajo, inédito.
5. Chanlett, E. **La Protección del medio ambiente**. Madrid: Instituto de estudios de administración local. Madrid, 1976. p. 178.
6. Gómez, F.R. **Balance de nutrientes nitratos y fosfatos en masa de agua en movimiento en el Altiplano Central de Costa Rica**. Tesis de Licenciatura. San José: Universidad de Costa Rica, Escuela de Química, 1983.
7. Costa Rica. Ministerio de Economía, Industria y Comercio. Dirección General de Estadística y Censos. **Censos Nacionales de 1973**, Agropecuario 7. Regiones Agrícolas. San José, 1975. p. 107 158.
8. Ministerio de Economía, Industria y Comercio. Dirección General de Estadística y Censos. **Población de la República de Costa Rica por provincias, cantones y distritos. Estimación al 1º de enero de 1979**. San José, 1979. pp. 3–14 y 18–20.
9. Costa Rica. Ministerio de Salud. Programa de Saneamiento ambiental (PRONASA). **Informe sobre la preparación del programa de Control de la Contaminación del Agua. Primera Fase**. San José, 1981. p. 73, 82–84.
10. Moore, J.W. y Moore, E.A. **Environmental chemistry**. New York: Academic Press, 1976. p. 453–462.
11. Sequeira, M., Ramírez, J.M. y Chacón, B. Contaminación por oligoelementos en la Aguas Superficiales. Escuela de Química, U. de C.R. Documento de trabajo inédito.
12. México. Subsecretaría de Planeación, Dirección General de usos de Agua y Prevención de la Contaminación. **Manual del Curso "Técnicas de muestreo y análisis de campo"**. México, 1978. pp. 21 26; y 48–50.
13. Salas, W., Chacón, B., y Rodríguez, A. *Efecto de agua de río contaminada en el cultivo del tomate en condiciones hidropónicas*. **Agronomía Costarricense**. v.4 (1): 115–118, 1980.
14. Salas, W. y otros. *El uso de aguas contaminadas en la irrigación de la vainica (Phaseolus vulgaris L). Estudio preliminar de sus consecuencias*. **Ingeniería y Ciencia Química**. 1981.