

## Variación ambiental en el río Grande de Térraba y algunos de sus afluentes, Pacífico sur de Costa Rica

Gerardo Umaña-Villalobos<sup>1,2</sup> & Monika Springer<sup>1,2</sup>

1 Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, 2060 San José, Costa Rica; gumana@biologia.ucr.ac.cr; springer@biologia.ucr.ac.cr

2 Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, 2060 San José, Costa Rica

Recibido 31-I-2005. Corregido 10-III-2006. Aceptado 30-III-2006.

**Abstract: Environmental variation in the Grande de Térraba river and some of its tributaries, south Pacific coast of Costa Rica.** Río Grande de Térraba drains one of the largest basins in Costa Rica, with a growing human population. It has been deforested in its lower region for the development of agriculture, but has attracted little attention on its environmental challenges. The river was studied once in the dry and wet season for a period of four years (1999-2003). A total of 13 sites were studied along its course, from the upper middle reach to near a mangrove forest. We measured temperature, dissolved oxygen, conductivity, total hardness, turbidity, suspended solids, nitrate and phosphate, macrobenthic taxa richness and a water quality index (BMWP) in order to assess river deterioration. The level of oxygenation was high, with the exception of the lowest point (Palmar Norte), which means that organic pollution is restricted to localized areas near pollution sources. However, erosion in the agricultural lands and the loss of forest cover in the basin, produced high levels of turbidity and suspended solids at the lower reaches of the river, mainly during the rainy season. This was also reflected by a decrease in the species richness and the BMWP index value at the most affected sites. Rev. Biol. Trop. 54 (Suppl. 1): 265-272. Epub 2006 Sept. 30.

**Key words:** Tropical rivers, seasonality, environmental parameters, macroinvertebrates, species richness, water quality, Costa Rica.

El desarrollo económico suele traer consigo dificultades en otras áreas de la vida en el planeta. Es difícil pensar en un área donde se haya desarrollado una población humana sin que se haya producido algún grado de deterioro ambiental notable. En Costa Rica han existido varios frentes de colonización a partir del siglo XVII que se han desarrollado en diversos momentos de la historia, todos a partir de movimientos migratorios que se han originado en el valle central. Las personas que han protagonizado estos movimientos de colonización han traído consigo las costumbres y patrones culturales de sus pueblos de origen, los cuales no necesariamente eran propicias para un desarrollo ambientalmente armónico con las condiciones y restricciones ambientales de los lugares donde finalmente

se asentaron, provocando el deterioro ambiental mencionado.

Un caso de estos ha sido la colonización y poblamiento del valle del General, Buenos Aires y Coto Brus en la vertiente del Pacífico sur de Costa Rica. Aunque la zona ha sido habitada por los pueblos indígenas desde mucho tiempo atrás, la colonización de este valle data de finales del siglo XIX, principalmente a partir de 1856 en la región entre San Isidro y Buenos Aires (Sandner 1961). En la región del Coto Brus, la colonización se incrementa a partir de 1952 con la fundación de San Vito de Java (Weizmann 1986), aunque algunos poblados son más antiguos, como Potrero Grande (Sandner 1961). La actividad en la zona ha sido agrícola y ganadera, y el desarrollo de la población ha sido lento debido a la combinación de

factores como la lejanía y aislamiento de la zona, lo que también ha generado una falta de empleos (Sandner 1961). Sin embargo, la zona ha venido poblándose cada vez más, en el censo de 1973 habían 107,164 (5.7% del total nacional) habitantes en los cantones de Pérez Zeledón, Buenos Aires y Coto Brus. Casi treinta años después la población se había incrementado a 202,408 (5.2% del total nacional) habitantes de acuerdo al censo de 2000 (INEC 1975, 2001). Toda esta actividad ha ocasionado una fuerte deforestación de la cuenca, que para 1992 registraba sólo un 22% con cobertura de bosque natural, sin incluir zonas de páramo (ITCR 2000), mientras que un 75% del suelo era ocupado por coberturas que iban de bosque intervenido hasta áreas urbanas. El mapa de uso del suelo de 1997 (ITCR 2000) no mostraba un mejor panorama, con apenas un 27% registrado como bosque natural (sin incluir zonas de páramo). El bosque remanente se encuentra en las zonas de mayor pendiente de la cordillera.

Este incremento de la población sin duda significa un aumento en la presión por el uso de recursos como el agua, ya sea de consumo, para riego de las plantaciones de café, tabaco y caña, así como para los procesos agroindustriales que estos cultivos requieren, y la consecuente contaminación de los cursos de agua en la zona. El Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados ya había identificado el problema y puso en operación una planta de tratamiento de aguas del alcantarillado del casco central de la ciudad de San Isidro, así mismo, los beneficios de café han implementado lagunas o sistemas de tratamiento de sus vertidos de acuerdo a la legislación vigente. Sin embargo, hace falta una evaluación del estado de los ecosistemas riparios de la zona, pues estas medidas no son necesariamente suficientes; por ejemplo, la

planta depuradora de San Isidro no cubre toda la población de la cuenca, y los niveles de carga de DBO permitidos por la ley no logran evitar del todo el impacto sobre las comunidades de organismos acuáticos, como se ha observado en otras regiones de Costa Rica (Fernández 2002).

Por este motivo, se planteó la necesidad de hacer un diagnóstico del estado de los ecosistemas riparios de la cuenca del río Grande de Térraba y algunos de sus tributarios, desde la zona de Rivas, hasta Palmar Norte. En este trabajo se presentan los resultados de la calidad físico-química del agua y diversidad del bentos como indicador de la calidad ambiental de los ríos estudiados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Inicialmente, se seleccionaron las estaciones de muestreo de modo que se cubriera toda la cuenca del río Grande de Térraba y sus principales afluentes (Fig. 1). Por este motivo se escogieron puntos a todo lo largo de lo que se puede considerar como el eje principal de la cuenca: desde el río Chirripó Pacífico, pasando por el río General y terminando en el río Grande de Térraba. Se incluyeron además sitios

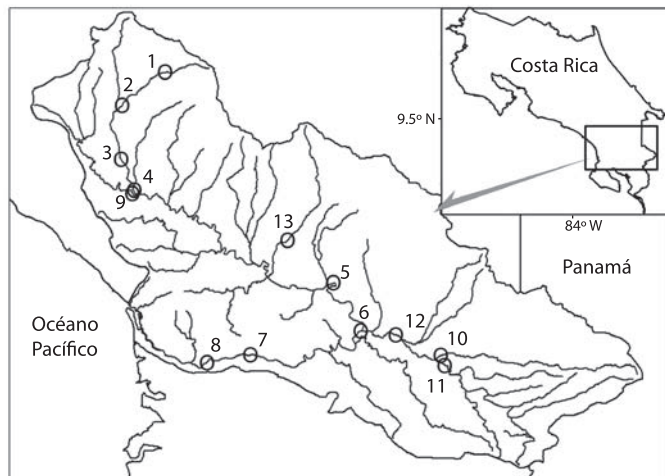


Fig. 1. Ubicación aproximada de los sitios de muestreo en la cuenca del río Grande de Térraba. 1. San Gerardo. 2. Chirripo/Rivas. 3. General Viejo. 4. General. 5. El Brujo. 6. Paso Real. 7. Caña Blanca. 8. Palmar Norte. 9. Pacuar. 10. El Cedro. 11. Coto Brus arriba (1). 12. Coto Brus abajo (2). 13. El Ceibo.

CUADRO 1  
*Datos geográficos de cada sitio*

Nombre	Río	Altitud msnm	Latitud	Longitud	Area de cuenca (km <sup>2</sup> )	
San Gerardo	SG	General	1320	9°27'46.8" N	83°35'31.0" W	104.4
Chirripó	Ch	General	870	9°25'00.6" N	83°38'52.6" W	158.4
Rivas*	Ri	General	822	9°24'21.7" N	83°39'22.1" W	196.4
General Viejo*	GV	General	675	9°21'40.4" N	83°39'43.4" W	340.0
General*	GL	General	500	9°15'47.5" N	83°37'48.7" W	500.0
Pacuar*	Pc	General	495	9°15'18.1" N	83°37'52.0" W	379.6
Coto arriba*	CBu	Coto Brus	320	8°56'50.5" N	83°04'16.4" W	358.0
El Cedro	Ced	Coto Brus	305	8°57'11.5" N	83°04'19.5" W	375.6
Ceibo	Ce	General	250	9°08'47.1" N	83°22'24.8" W	246.0
El Brujo*	Br	General	140	9°05'25.0" N	83°16'02.2" W	2622.4
Coto abajo*	CBd	Coto Brus	99	8°59'50.0" N	83°11'48.1" W	1151.2
Paso Real*	PR	Grande de Térraba	95	9°00'19.4" N	83°13'15.5" W	4336.8
Caña Blanca*	CBI	Grande de Térraba	22	8°57'22.8" N	83°24'47.1" W	4900.8
Palmar Norte	PN	Grande de Térraba	18	8°57'19.6" N	83°27'30.7" W	4956.8

\* Sitios que se visitaron con mayor frecuencia.

en dos afluentes principales, el río Pacuar y el Coto Brus. En el cuadro 1 se presentan algunos parámetros geográficos de cada sitio.

Los muestreos de campo se hicieron en dos fechas por año, una en época seca y otra en época lluviosa. Se trató de cubrir todas las estaciones en el menor tiempo posible para reducir la variación temporal entre sitios en una misma fecha de muestreo. Esto motivó que se limitara el número de lugares visitados a nueve (identificados con un asterisco en el Cuadro 1), eliminándose algunos que se visitaron al inicio pero que agregaban poca información al panorama general que se pretendía tener de la cuenca.

Durante las giras de campo se hicieron mediciones de los siguientes parámetros: temperatura, oxígeno disuelto con un medidor YSI modelo 52, pH, alcalinidad y dureza con un equipo marca Hach. Además se tomaron muestras de agua para la determinación de sólidos totales en suspensión por diferencia de peso del material retenido en filtros prepesados de fibra de vidrio GF/C, turbidez mediante la determinación de la absorbancia a 450 nm en un espectrofotómetro Shimadzu UV-160A (Lind 1979),

conductividad con un conductímetro marca La Motte y nutrientes: amonio, nitrato, fosfato en el Laboratorio de Química Marina del CIMAR de acuerdo con las metodologías estándar (APHA 1980, Strickland & Parsons 1972). Las muestras para nutrientes se filtraron en el campo utilizando filtros de fibra de vidrio prepesados, y se guardaron tanto el filtro como el agua en una nevera a 4°C para su traslado al laboratorio. Los filtros utilizados eran prepesados a peso constante y se utilizaron para la determinación de los sólidos totales en suspensión. Además se realizaron recolectas de macroinvertebrados bentónicos utilizando coladores de mano y pinzas para atrapar los insectos que se separaban del fondo levantando piedras y revisando otros sustratos tales como hojarasca sumergida, raíces, etc., con un tiempo total de colecta por sitio de una hora. Los organismos recolectados se preservaron inmediatamente en alcohol de 70° y se identificaron hasta género en el Museo de Zoología de la Universidad de Costa Rica, donde quedaron depositados. Con el material se hizo una estimación de la riqueza de taxa observada, identificando los

organismos al máximo nivel posible. Con estos datos se calculó el índice de calidad de aguas, Biological Monitoring Working Party (BMWP) (Chapman 1996) modificado para Costa Rica por M. Springer (MINAE-Salud 2004) por sitio y fecha y luego se calculó un promedio por sitio. El análisis detallado de la composición de especies se presentará en otra publicación.

Con la información de todos los sitios se realizó un análisis de componentes principales (PCA) con base a los promedios por sitio de cada parámetro estimado, con el fin de observar más claramente la relación entre las variables e identificar patrones de variación en toda la cuenca.

## RESULTADOS

Los datos físico químicos revelaron poca diferencia entre los sitios de muestreo en algunas variables como oxígeno disuelto, pH, alcalinidad y dureza. Se nota, como era de esperar, un aumento en la temperatura conforme se baja a lo largo de la cuenca ( $F_{12,63} = 9.921$ ,  $\alpha < 0.01$ ) (Fig. 2a). La conductividad también varió significativamente entre sitios, presentando valores más altos en el río Pacuar y en Palmar Norte/Caña Blanca ( $F_{12,63} = 2.346$ ,  $\alpha < 0.05$ ) que en el resto de las estaciones de muestreo (Fig. 2b).

Los sólidos totales en suspensión fueron el parámetro que mostró mayor variabilidad por sitio de muestreo. La variabilidad fue mucho mayor en la zona media a baja de la cuenca que en las zonas altas (Fig. 3a). Los mayores valores corresponden a los muestreos de la época lluviosa, periodo para el cual se detectaron diferencias significativas entre los sitios ( $F_{12,24} = 3.240$ ,  $< 0.05$ ). Los lugares con mayores valores de sólidos totales en suspensión fueron El Brujo, Paso Real, Caña Blanca/Palmar Norte. Un patrón de variación similar se observa en la turbidez (Fig.

3b), con diferencias significativas entre las estaciones en los muestreos de época lluviosa ( $F_{12,24} = 4.806$ ,  $\alpha < 0.01$ ).

Los datos de nutrimentos revelaron valores altos en algunos de los sitios. El nitrato se observó con valores altos en General, Pacuar, El Ceibo y El Brujo. Las diferencias no fueron significativas para la época lluviosa cuando se incluyen en el análisis todos los sitios visitados ( $F_{12,37} = 0.557$ ,  $\alpha > 0.05$ ) (Fig. 4), lo cual se debe a la alta variabilidad que los sitios mostraron en los cuatro años de muestreo. El fosfato mostró valores altos solamente en el río Pacuar.

La mayor riqueza de taxa por recolecta se obtuvo en los sitios de mayor altitud y de aguas menos turbias, como San Gerardo, Chirripó y Cedro. Estos sitios también fueron los sitios de mayor valor del índice BMWP (Cuadro 2). Por otro lado los sitios de menor riqueza de especies y valor del índice fueron Caña Blanca y Palmar Norte, que corresponden a los de menor altitud y mayor turbidez y sólidos en suspensión. De acuerdo a los rangos de valores del índice propuestos en el decreto de "Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales" (MINAE-Salud 2004), los sitios San Gerardo, Chirripó, y Cedro se pueden considerar como de aguas limpias (Clase I), los sitios, Rivas, General Viejo, General, Ceibo, y Coto Brus arriba Paso Real se pueden considerar como

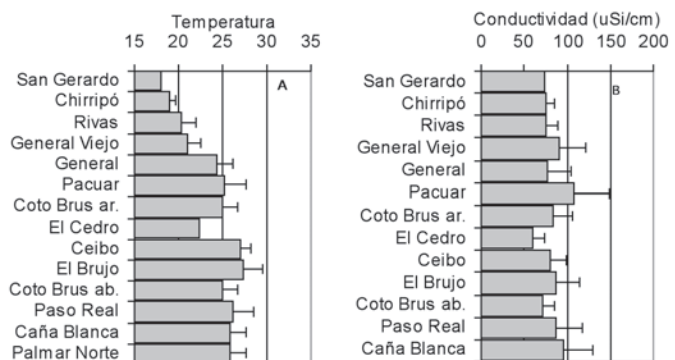


Fig. 2. Variación de (A) la temperatura y (B) la conductividad entre los sitios de muestreo y la época del año. Los valores son promedios más una desviación estándar. En ambos casos tanto el sitio como la época mostraron diferencias significativas (Ver texto).

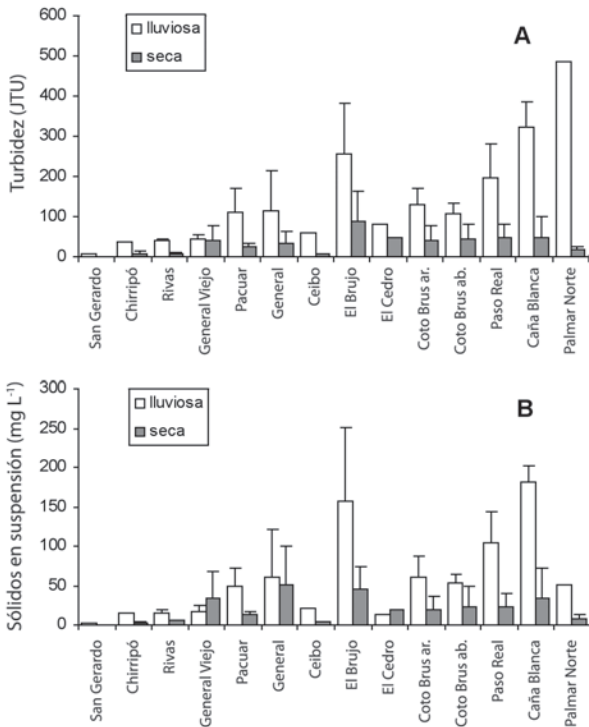


Fig. 3. Variación de (A) la turbidez y (B) los sólidos totales en suspensión (TSS) en las diferentes estaciones de muestreo a lo largo de la cuenca del río Grande del Terraba en época seca y lluviosa. Los valores son promedios más una desviación estándar. En el texto se menciona el resultado del análisis de variancia para estos datos. En ambos casos el análisis mostró que las diferencias entre estaciones y época del año son altamente significativas.

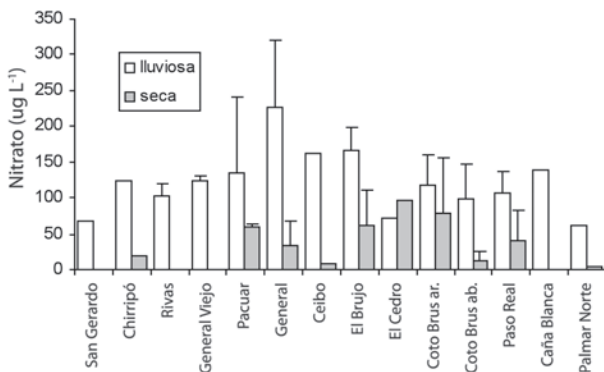


Fig. 4. Variación del nitrato ( $\mu\text{g N-NO}_3\cdot\text{l}^{-1}$ ) en los diferentes sitios de muestreo a lo largo del río Grande de Terraba. Las barras representan promedios más una desviación estándar.

poco contaminados (Clase II), y los sitios Pacuar, Brujo, Paso Real, Coto Brus Abajo, Caña Blanca y Palmar Norte como sitios Contaminados o Muy contaminados (Clases III y IV).

El resultado del análisis de componentes principales (PCA) con base a los promedios de cada sitio para las variables altitud, temperatura, oxígeno disuelto, dureza, conductividad, alcalinidad, turbidez, sólidos en suspensión, nitrato y fosfato, riqueza de especies e índice BMWP, mostró que los primeros dos ejes explican un 72.5% de la variancia total (Fig. 5). Las variables se agruparon en dos grupos, un primer grupo formado por las variables que se correlaciona positivamente con temperatura, turbidez y sólidos en suspensión, y en forma negativa con la altitud, riqueza de especies y el índice BMWP. El segundo lo forman el oxígeno disuelto, que se correlaciona negativamente con conductividad, dureza y alcalinidad. No obstante las variables biológicas se relacionaron positivamente con el oxígeno disuelto y negativamente con la dureza y la conductividad. Las variables nitrato y fosfato no se relacionaron con los grupos anteriores, aunque el nitrato mostró una alta relación con el eje 2 del PCA. Los sitios estudiados se alinearon a lo largo de un eje oblicuo a los ejes principales, los sitios de mayor altitud y menor turbidez y además de mayor diversidad y valor del índice BMWP se ubicaron a la izquierda del gráfico (ej. San Gerardo) y los sitios de menor altitud y mayor turbidez se ubicaron a la derecha (ej. Caña Blanca y Brujo), de acuerdo a la orientación de estas dos variables, lo cual indica que el primer eje explica la mayor parte de la variación entre los sitios. El sitio de Palmar Norte se sale del grupo principal, debido a su baja concentración de oxígeno, baja diversidad y mayor conductividad.



CUADRO 2

Valores de BMWP (modificado para Costa Rica) por sitio

Sitio	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
SanGerardo	110.0	0.0	--	--
Chirripó	122.0	11.2	107	134
Rivas	81.3	38.9	26	124
Gen. Viejo	78.3	15.6	63	106
General	61.4	27.4	32	118
Pacuare	56.6	15.2	30	77
Coto arriba	72.0	16.9	52	106
Cedro	113.0	9.0	104	122
Ceibo	60.0	10.0	50	70
Brujo	58.8	16.1	43	96
Coto abajo	55.8	9.8	40	68
Paso Real	48.0	11.4	31	68
CañaBlanca	37.0	24.0	14	84
Palmar N	42.3	13.1	26	58

## DISCUSIÓN

El río Grande de Térraba presenta aguas (ICE 1987) que son ligeramente duras ( $36 \pm 16$  mg  $\text{CaCO}_3$  / L), aunque es posible que en algunas partes de la cuenca la dureza del agua sea alta debido a la presencia en la zona media de la cuenca de depósitos de carbonatos provenientes de sedimentos marinos depositados a partir del mioceno (Tournon & Alvarado 1997) que fueron expuestos por la acción orogénica que dio origen a la Cordillera de Talamanca que los diferentes autores coinciden en que se consolidó en el Plioceno superior (Castillo 1993, Montero 2000).

Los datos obtenidos muestran que los ríos presentan niveles de oxigenación adecuados. En un estudio de la cuenca del río Grande de Tárcoles, Silva-Benavides (1996) encontró que pese a la fuerte contaminación de ese río, que desagua la ciudad de San José, los niveles de oxígeno no llegaron a ser críticos en los puntos de muestreo y el río logra recuperarse un poco conforme se acerca a la costa, sobre todo en la

época lluviosa. No se descarta la posibilidad de que existan sitios que reciben impactos que provocan la anoxia al menos ocasionalmente en algunos tramos de los ríos de la cuenca, pero esto parece ser que si ocurre es un fenómeno muy localizado. El río parece poseer aún una buena capacidad de reoxigenación y logra absorber estos impactos por ahora.

De los parámetros analizados, los que mejor reflejan el grado de deterioro de la cuenca han sido la turbidez y los sólidos en suspensión así como la riqueza taxonómica y el índice BMWP. Estos presentan una alta variabilidad en los sitios de mayor problema, de manera que la turbidez y los sólidos en suspensión aumentan en la época lluviosa en mayor proporción en los tramos más afectados por el deterioro de la cuenca. Esto va de acuerdo con lo que se ha observado en otros estudios (Silva-Benavides 1996, Umaña 1998).

Es interesante notar que aunque la turbidez y los sólidos totales suelen estar correlacionados, se observan pequeñas diferencias en su comportamiento. Por ejemplo, en Palmar Norte se observaron valores altos de turbidez, mayores a los observados en Caña Blanca, situado a pocos kilómetros de distancia aguas arriba de Palmar Norte. Ambos sitios muestran diferente pendiente del cauce, siendo mayor en Caña Blanca que en Palmar Norte. La cantidad de sólidos en suspensión es al contrario, mayor en Caña Blanca que en Palmar Norte. Es decir, hay una sedimentación de los materiales más gruesos en el tramo entre ambos sitios. Esto parece ocurrir en varios sectores a lo largo del río, por ejemplo, se observa un comportamiento similar entre El Brujo y Paso Real.

La variabilidad estacional de los nitratos indican que este compuesto aumenta durante la época lluviosa, lo cual ha sido observado en otras cuencas (Silva-Benavides 1996). Este hecho se debe a que el nitrato es fácilmente lavado de los suelos por la escorrentía superficial, por lo que su concentración aumenta durante la época de mayor precipitación. Otros parámetros químicos mostraron la tendencia al contrario, en particular la dureza y la conductividad, debido a que la concentración es

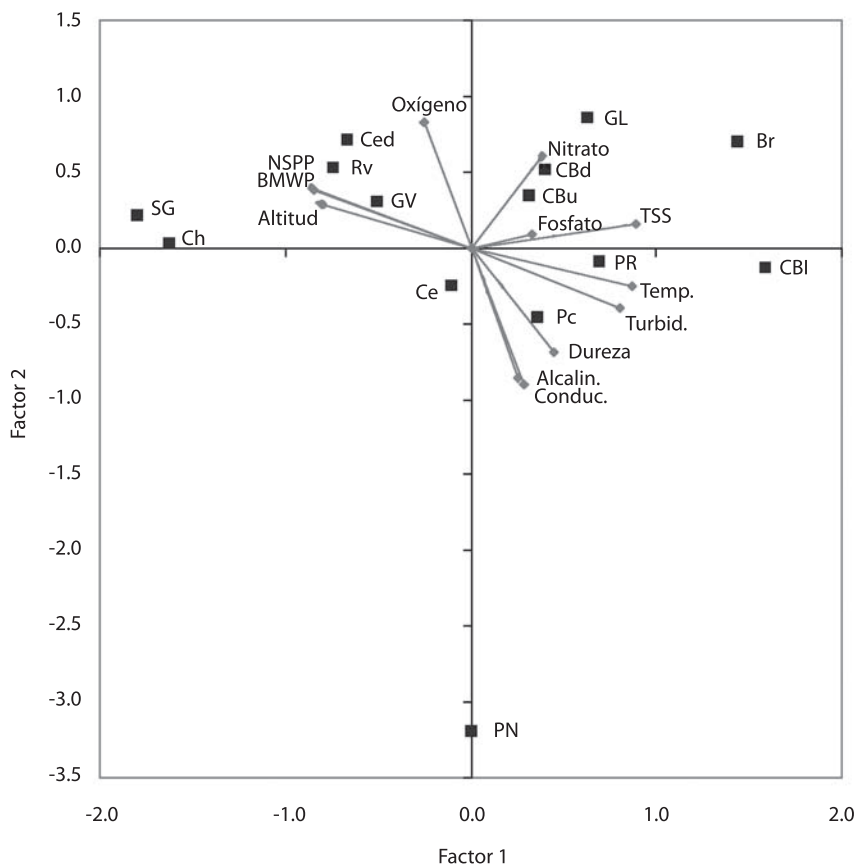


Fig. 5. Primeros dos ejes resultado del análisis de componentes principales, mostrando las cargas de las variables y los valores de los casos analizados. Los dos ejes explican un 72.5% de la variancia total. (Ver Cuadro 1 para acrónimos de los sitios).

diluida durante la época lluviosa, ya que el agua de lluvia que escurre superficialmente no ha tenido tiempo de entrar en contacto con las rocas y disolver iones, cómo si ocurre con el agua del flujo base, que proviene del desagüe de los acuíferos.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al financiamiento de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, concedido al Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), proyecto No. 808-A0-065. Agradecemos a Ramsa Chávez, Cindy Fernández, Rolier Lara, Yurlandy Gutiérrez,

Silvia Carvajal, Eddy Gómez y Minor Alfaro por su invaluable labor en la toma y procesamiento de muestras de este trabajo.

#### RESUMEN

El río Grande de Térraba drena una de las cuencas de mayor tamaño en Costa Rica, la cual presenta una creciente población humana y que ha sido deforestada en gran parte de la zona baja para el desarrollo de la agricultura. El río se estudió semestralmente por espacio de cuatro años (1999-2003). Ubicamos 13 estaciones a lo largo del río, desde las zonas altas hasta la llanura cerca de su llegada al manglar. Mediciones temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, dureza, turbidez, sólidos en suspensión, nitrato y fosfato, riqueza de especies del macrobentos y un índice de calidad del agua (BMWP), para determinar el grado de deterioro del río. Los niveles de oxigenación del agua fueron altos,

por lo que la posible contaminación orgánica producto de la actividad humana en la zona aún no logra extenderse a todo lo largo río. Sin embargo hay un deterioro por exceso de turbidez y sólidos en suspensión, al menos durante la época lluviosa, lo cual se refleja en una disminución de la riqueza de especies y en el valor del índice BMWP en las zonas más alteradas de acuerdo a los parámetros anteriores. Este problema se agrava hacia la zona baja de la cuenca y refleja una alta tasa de erosión de los suelos, por efecto de la pérdida de cobertura boscosa.

**Palabras clave:** ríos tropicales, estacionalidad, parámetros ambientales, macroinvertebrados, riqueza de especies, calidad del agua, Costa Rica.

## REFERENCIAS

- APHA. 1992. Standard methods for the examination of waters and wastewater. American Public Health Association, Washington, DC, EEUU. 981 p.
- Castillo, R. 1993. Geología de Costa Rica, una sinopsis. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 309 p.
- Chapman, D. 1996. Water quality assessment. A guide to the use of biota, sediments and water environmental monitoring. UNESCO – WHO – UNEP & SPON, Londres. 626 p.
- Fernández, L. 2002. Uso de insectos acuáticos como bioindicadores de la calidad de agua de ríos utilizados por beneficios de café en la provincia de Alajuela, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 69 p.
- ICE. 1987. Boletín de calidad físico-química del agua. No. 2. Of. Hidrología, Instituto Costarricense de Electricidad, San José, Costa Rica. 111 p.
- ICE. 1990. Boletín hidrológico. No. 18. Instituto Costarricense de Electricidad, San José, Costa Rica. 162 p.
- INEC. 1975. Censo de población de Costa Rica 1973. Instituto Nacional de Estadística y Censos, San José, Costa Rica.
- INEC. 2001. Censo de población de Costa Rica 2000. Instituto Nacional de Estadística y Censos, San José, Costa Rica.
- ITCR. 2000. Atlas de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica (disco compacto).
- Lind, T.O. 1979. Handbook of common methods in limnology. C. V. Mosby, St. Louis, Missouri, EEUU. 199 p.
- MINAE-Salud. 2004. Borrador de decreto: “Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales”. MINAE – Ministerio de Salud, San José, Costa Rica.
- Montero P., W. 2000. Geotectónica, p. 115-132. *In* P. Denyer & S. Kussmaul (recopiladores) Geología de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Sandner, G. 1961. Aspectos geográficos de la colonización agrícola en el Valle del General. Instituto Geográfico Nacional, San José, Costa Rica. 65 p.
- Silva-Benavides, A.M. 1996. The use of water chemistry and benthic diatom communities for qualification of a polluted tropical river in Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44: 395-416.
- Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Fish. Res. Bd. Can. Bull.* 167: 310 p.
- Tournon, J. & G. Alvarado. 1997. Mapa geológico de Costa Rica, con folleto explicativo. Tecnológica de Costa Rica, Cartago, Costa Rica; escala 1:500000.
- Umaña, G. 1998. Characterization of some Golfo Dulce drainage basin rivers (Costa Rica). *Rev. Biol. Trop.* 46 Suppl. 6:1-12.
- Weizmann, H.G. 1986. Emigrantes a la conquista de la selva: estudio de una colonización en Costa Rica, San Vito de Java. Comité intergubernamental para las migraciones, Ginebra, Suiza. 59 p.