

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y BIOLÓGICO DEL RÍO SANTO DOMINGO, AFLUENTE RÍO VERDE, CUENCA DEL RÍO LA VIEJA, ALTO CAUCA, COLOMBIA

Carlos A. García-Álzate^{1,2}, Paola A. Villegas-Acosta², César Román-Valencia²

Resumen

Se realizó un análisis fisicoquímico y biológico del río Santo Domingo, afluente río Verde, cuenca río La Vieja, Alto Cauca, Colombia, en 12 estaciones de muestreo durante bajas (febrero, junio y julio) y altas lluvias (abril, marzo y mayo). Se aplicaron índices de diversidad alfa como Shannon-Wiener, Dominancia, Margalef y Pielou; diversidad beta con Jaccard y diversidad gamma Schluter-Ricklefs y BMWP/Col para estimar la calidad del agua. El ANDEVA mostró diferencias significativas entre las épocas de lluvia para el oxígeno disuelto, el pH, la conductividad y la humedad relativa. Se registraron en total 12405 ejemplares de macroinvertebrados: 8177 en bajas y 4228 en altas lluvias; Ephemeroptera fue el orden más abundante para ambas épocas con el género *Baetodes*; el ANDEVA de dos factores mostró significancia de la abundancia absoluta entre épocas y zonas; el BMWP/Col indicó que la calidad del agua fue buena, a excepción de la estación 3 que presentó una calidad aceptable. Se capturaron 97 ejemplares de peces: 70 para bajas y 27 para altas lluvias; las especies de peces más abundantes fueron *Astroblepus chapmani* y *Brycon henni*. Los índices de diversidad y riqueza fueron bajos para las comunidades de macroinvertebrados y peces. La diversidad gamma para macroinvertebrados y peces fue consistente con el número de especies encontradas en el estudio. El río es oligotrófico, con tendencia a la eutroficación en ambos periodos climáticos.

Palabras clave: macroinvertebrados, peces, BMWP/Col, diversidad alfa, beta y gamma.

PHYSICAL CHEMICAL AND BIOLOGICAL ANALYSIS OF RIO SANTO DOMINGO, RÍO VERDE TRIBUTARY, LA VIEJA RIVER BASIN, ALTO CAUCA, COLOMBIA

Abstract

A physical-chemical and biological analysis of the Santo Domingo river, Verde river tributary, La Vieja river basin, Alto Cauca, Colombia, was carried out at 12 sampling stations during low rainy (February, June and July) and high rainy seasons (April, March and May). Alpha diversity indexes such as Shannon-Wiener, Dominancia, Margalef and Pielou were applied. Beta diversity indexes with Jaccard and gamma diversity Schluter-Ricklefs and BMWP / Col were applied to estimate water quality. ANOVA showed significant differences between rainy seasons for

* FR: 18-VIII-16. FA: 5-V-17

¹ Programa de Biología, Grupo de Biodiversidad del Caribe Colombiano, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia. E-mail: carlosgarciaa@mail.uniatlantico.edu.co.

² Laboratorio de Ictiología, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia. E-mail: pavillegasa@uqvirtual.edu.co, ceroman@uniquindio.edu.co.

CÓMO CITAR:

GARCÍA-ÁLZATE, C.A., VILLEGAS-ACOSTA, P.A. & ROMÁN-VALENCIA, C., 2017.- Análisis fisicoquímico y biológico del río Santo Domingo, afluente río Verde, cuenca del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 21 (1): 31-51. DOI: 10.17151/bccm.2017.21.1.3



dissolved oxygen, pH, conductivity and relative humidity. A total of 12,405 macroinvertebrates were recorded: 8,177 in low and 4,228 in high rainy season; Ephemeroptera was the most abundant order for both seasons with the genus Baetodes. The two-factor ANOVA showed significance of absolute abundance between seasons and zones. The BMWP / Col indicated that the water quality was good, except for the station 3 that presented an acceptable quality. A total of 97 specimens of fish were caught: 70 for low and 27 for high rainy season. The most abundant species of fish were *Astroblepus chapmani* and *Brycon henni*. Diversity and richness indices were low for macroinvertebrate communities and fish. Gamma diversity for macroinvertebrates and fish was consistent with the number of species found in the study. The river is oligotrophic, with a tendency to eutrophication in both rainy seasons.

Key words: macroinvertebrates, fish, BMWP/Col, high diversity, beta and gamma.

INTRODUCCIÓN

La integridad de las fuentes de agua se comprende como el mantenimiento de su estructura y función e implica conservar el balance natural de las condiciones físicas, químicas y biológicas. Con el fin de proteger y/o restaurar este hábitat es fundamental conocer su estado ecológico, particularmente cuando la condición de referencia de las corrientes se desconoce y estas están sujetas por largo tiempo a perturbaciones antrópicas (ARANGO et al., 2008). Es así como los análisis limnológicos se orientan a determinar características fisicoquímicas del agua y de sus comunidades asociadas, ya que a cada tipo de ecosistema acuático está asociada una comunidad particular de organismos (ROLDÁN & RAMÍREZ, 2008).

Las comunidades acuáticas tales como peces, algas, insectos, protozoos y otros grupos de organismos han sido recomendadas para valorar la calidad del agua. En este sentido los macroinvertebrados son el grupo más usado como indicador del estado ambiental de las quebradas y ríos por ser sensibles a los cambios en su ambiente (ALBA-TERCEDOR, 1996; ARANGO et al., 2008). Los organismos presentan adaptaciones evolutivas a determinadas condiciones ambientales y tienen límites de tolerancia a las diferentes alteraciones, lo que permite tener una cierta visión histórica de los acontecimientos ocurridos en un período y en función de la dinámica de las comunidades biológicas presentes (ARANGO et al., 2008).

En este contexto, el departamento del Quindío cuenta con una mayor cantidad de recursos naturales con relación a su tamaño. Además, de una oferta hídrica abundante. Sin embargo, sus principales fuentes acuáticas han sufrido un deterioro en su calidad y cantidad producto de la tendencia demográfica actual y del consecuente aumento de las actividades económicas, sociales y culturales (LOZANO et al., 2003). Dentro de

los impactos económicos y sociales se destacan la construcción del túnel de la Línea (carretera que une los departamentos de Quindío y Tolima) y la construcción de embalses en el departamento del Quindío, (uno de estos para el río Santo Domingo, área de estudio de este artículo).

Se reconoce que los efectos sobre el ambiente, son una de las principales consecuencias negativas de la construcción de embalses (ROSENBERG et al., 2000). El bloqueo de un río conlleva a una serie de alteraciones físicas, químicas y geológicas que pueden afectar a las tres grandes matrices ambientales (aire, suelo y agua); y de forma especial, a la biodiversidad en cualquiera de sus diferentes niveles (ecosistemas, especies y genomas) (LÓPEZ-PUJOL, 2008). Los embalses están considerados como una de las grandes amenazas de los ecosistemas y de la biodiversidad dulceacuícola (PARK et al., 2003). La alteración del flujo estacional de un río por una presa puede provocar graves consecuencias sobre la fauna acuática como, por ejemplo, la interrupción de sus rutas migratorias, la pérdida de sus lugares de desove, la fragmentación y declinación de sus poblaciones naturales (DUDGEON, 2000; NILSSON et al., 2005). En este sentido, el objetivo de este trabajo fue realizar el análisis fisicoquímico y biológico del río Santo Domingo; útil para valorar sus condiciones actuales y promover su conservación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El río Santo Domingo nace en la Cordillera Central, a casi 3500 m s. n. m., en el flanco oriental del departamento del Quindío; recorre todo el municipio de Calarcá con una longitud aproximada de 35,602 km hasta su desembocadura en el río Verde a 1170 m s. n. m., cuenca del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia. Se dividió en tres zonas: alta, media y baja (Figura 1); en cada zona se ubicaron 4 estaciones de muestreo, para un total de 12 estaciones a lo largo del río. Las recolectas de material, datos e información *in situ* se realizaron mensualmente entre febrero y julio de 2009; lo que cubre los dos períodos de lluvias —altas y bajas— para la zona objeto de estudio (Figura 2).

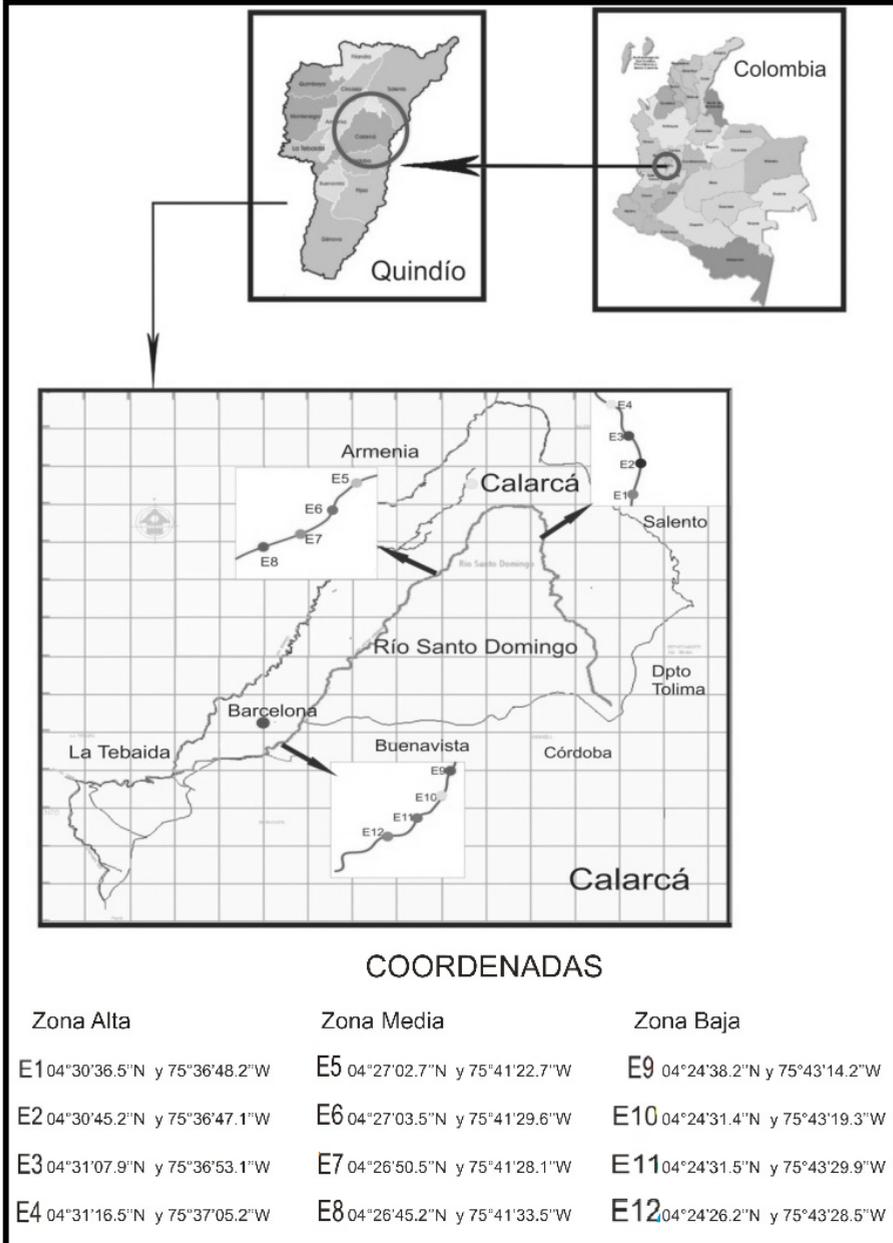


Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo y localización geográfica del río Santo Domingo, afluente de río Verde, cuenca río La Vieja, Alto Cauca, Colombia.

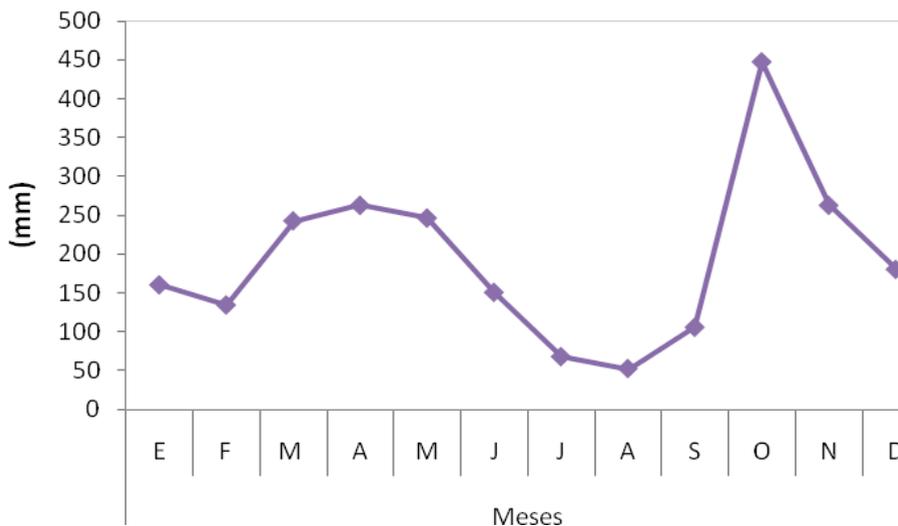


Figura 2. Precipitación promedio mensual para los años 1999-2006, estación El Jardín, río Santo Domingo.

Variables fisicoquímicas

In situ se midieron el oxígeno disuelto, porcentaje de saturación, la temperatura del ambiente y superficial del agua con un oxímetro digital Handylab Oxi/Set O2- meter, la temperatura máxima y mínima del ambiente con un termómetro de máximas y mínimas, el pH con potenciómetro Hanna HI 991001, la humedad relativa del ambiente ribereño al drenaje con termohigrómetro y la conductividad con un conductímetro HI 8733, el ancho y la profundidad con un decámetro y la velocidad de la corriente se determinó por el tiempo que tardó un objeto flotante en recorrer un metro.

Para determinar las variables químicas como la demanda biológica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), las durezas (totales, cálcicas), la alcalinidad, la acidez, la turbidez, sólidos (totales, suspendidos y disueltos) y cloruros, se tomaron muestras de agua en botellas de un litro de capacidad; se determinaron de acuerdo a la metodología recomendada por la APHA (1998), en el laboratorio de aguas de la Empresa de Servicios Públicos Multipropósitos del municipio de Calarcá, Quindío, Colombia.

Variables biológicas

Los macroinvertebrados fueron capturados por medio de redes de Surber, red de pantalla y pinzas entomológicas, teniendo en cuenta todos los biotipos del río.

Estos fueron fijados *in situ*, en alcohol al 70 %, en frascos debidamente rotulados, y trasladados al Laboratorio de Biología de la Universidad del Quindío, para su determinación con la ayuda de claves taxonómicas (ROLDÁN, 1988; DOMÍNGUEZ et al., 1992; FERNÁNDEZ & DOMÍNGUEZ, 2001; POSADA & ROLDÁN, 2003; DOMÍNGUEZ et al., 2006; DOMÍNGUEZ & FERNÁNDEZ, 2009) hasta el nivel taxonómico más bajo posible, siendo depositados en la colección de macroinvertebrados acuáticos del Laboratorio de Ictiología de la Universidad del Quindío (IUQ). La recolecta de peces se realizó con nasa, atarraya y red de arrastre como aparejo de pesca entre dos personas, con barridos a favor de la corriente, en contra y de orilla a orilla del río que cubrió todos los biotopos; los ejemplares recolectados fueron fijados en formol al 10 % y se llevaron al IUQ; en donde se identificaron con la ayuda de claves, descripciones y registros para la zona (ROMÁN-VALENCIA, 1995; ROMÁN-VALENCIA & RUIZ-C, 2007; GARCÍA-ALZATE et al., 2007; GARCÍA-ALZATE & ROMÁN-VALENCIA, 2008; MALDONADO-OCAMPO et al., 2005). Luego, se conservaron en alcohol al 70 % y se depositaron muestras representativas en la colección de peces del IUQ.

Índices de diversidad

Para las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y peces fueron aplicados los siguientes índices: para la diversidad alfa se utilizaron Margalef, Dominancia, Shannon-Wiener y equidad de Pielou; la diversidad beta se determinó con el coeficiente de similitud de Jaccard y la diversidad gamma con Schluter-Ricklefs. Los índices se calcularon con los programas Past versión 3.0 y Krebs bajo Windows.

Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) a las variables fisicoquímicas para evaluar si existían diferencias entre los períodos de bajas y altas lluvias; un análisis de variancia de dos factores con interacción para identificar si existían diferencias significativas en la abundancia de macroinvertebrados y peces entre los períodos de lluvias y las zonas de muestreo; así como una prueba t-student para determinar si existían diferencias significativas entre los índices diversidad alfa de macroinvertebrados entre los períodos de precipitación y las estaciones de muestreo. El análisis estadístico se realizó con el programa Statgraphics plus 5.1 bajo Windows.

Se aplicó el BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party score), utilizando la modificación de este índice para Colombia (ROLDÁN, 2003), para evaluar la calidad de las aguas de cada una de las estaciones de muestreo por medio de la presencia de las familias de macroinvertebrados.

RESULTADOS

Variables fisicoquímicas

Las temperaturas del agua y del ambiente presentaron un comportamiento similar, en la zona baja las temperaturas fueron más altas que en el resto de las localidades (Figura 3, Tabla 1).

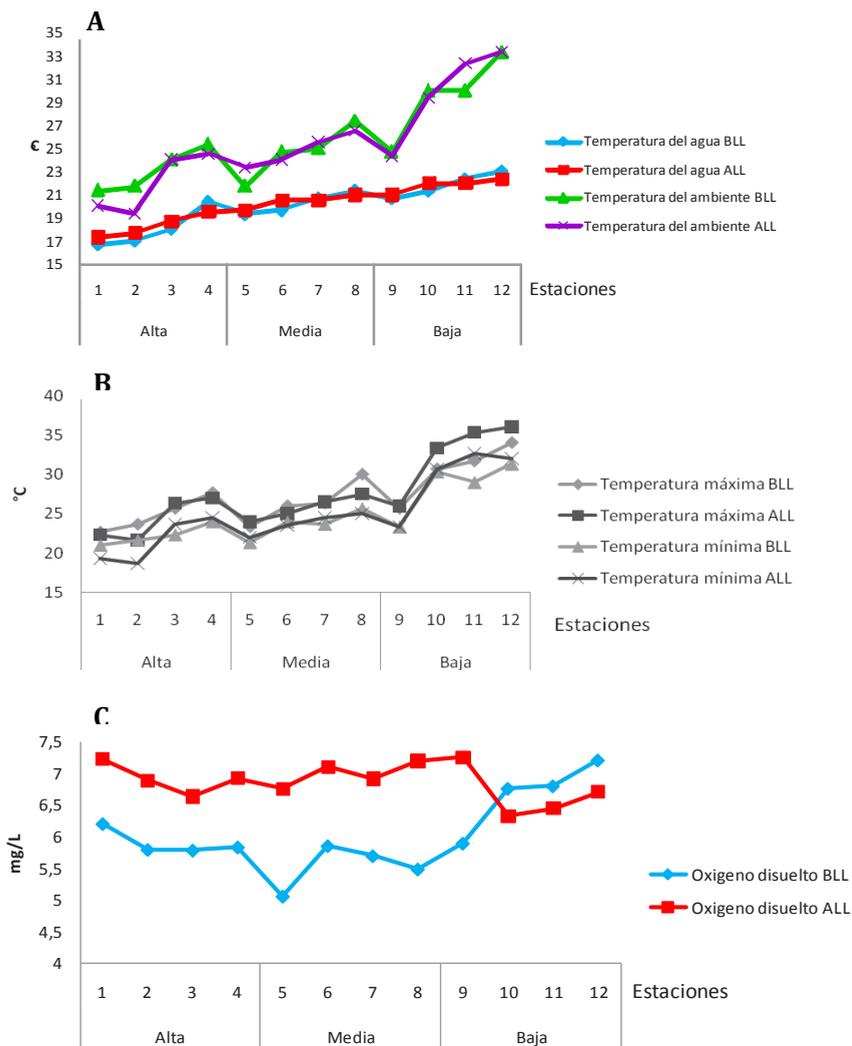


Figura 3. Variación de A. temperatura ambiente y del agua; B. temperatura máxima y mínima; C. oxígeno disuelto (mg/l) en el río Santo Domingo en bajas (BLL) y en altas lluvias (ALL).

Tabla 1. Variables fisicoquímicas del río Santo Domingo

Época	Bajas Lluvias (febrero, junio, julio)			Altas Lluvias (marzo, abril, mayo)		
	Alta	Medio	Baja	Alta	Medio	Baja
Variabes/Zonas						
Corriente (m/s)	1,38 (1,30-1,55)	1,3 (1,17-1,56)	1,51 (1,37-1,75)	1,27 (0,95-1,54)	1,11 (0,99-1,21)	1,28 (1,19-1,41)
Ancho (m)	8,82 (4,08-13,23)	13,74 (7,35-21,57)	22,18 (13,77-39,7)	9,79 (5,00-14,6)	16,28 (8,27-23,85)	31,08 (24,9-44,07)
Profundidad (m)	0,48 (0,43-0,51)	0,89 (0,37-1,18)	0,47 (0,40-0,56)	0,43 (0,35-0,55)	0,99 (0,48-1,39)	0,55 (0,47-0,72)
Fondo	Rocoso-Arenoso	Rocoso-Arenoso	Rocoso-Arenoso	Rocoso-Arenoso	Rocoso-Arenoso	Rocoso-Arenoso
Color	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Marrón	Marrón	Marrón
Oxígeno disuelto (mg/l)	5,9 (5,78-6,20)	5,52 (5,05-5,69)	6,67 (5,89-7,21)	6,91 (6,63-7,22)	6,99 (6,75-7,19)	6,68 (6,32-7,25)
Saturación de oxígeno (%)	70,01 (67,87-71,60)	67,58 (60,60-71,07)	85,13 (74,57-94,47)	75,10 (74,5-76,33)	79,82 (72,07-84,10)	76,28 (74,07-79,20)
pH	8,02 (7,99-8,07)	8,03 (7,93-8,19)	8,00 (7,97-8,03)	7,64 (7,45-7,85)	8,02 (7,66-8,18)	7,77 (7,63-7,89)
Temperatura del agua (°C)	18,00 (16,67-20,33)	20,25 (19,33-21,33)	21,83 (20,67-23,00)	18,29 (17,33-19,50)	20,42 (19,67-21)	21,83 (21-22,33)
Conductividad (µS/cm)	710,96 (695,67-725,00)	716,58 (5,81-778,33)	815,17 (566,00-938,67)	571,75 (406,00-645,67)	449,92 (366,67-493,50)	554,75 (379,00-660,67)
Humedad Relativa (%)	67,42 (54,67-74,33)	64,33 (56,67-69)	61,33 (54,33-72,00)	57,88 (55,5-60,33)	55,21 (50,00-63,33)	50,67 (43,33-69,67)
Temperatura del ambiente (°C)	23,08 (21,33-25,33)	24,67 (21,67-27,33)	29,50 (24,67-33,33)	21,96 (19,33-24,50)	24,83 (23,33-26,50)	29,83 (24,33-33,33)
Temperatura máxima (°C)	24,92 (22,67-27,67)	26,42 (23,33-30)	30,50 (25,67-34,00)	24,33 (21,67-27,00)	25,75 (24,00-27,50)	32,67 (26,00-36,00)
Temperatura mínima (°C)	22,25 (21,00-24,00)	23,67 (21,33-25,67)	28,50 (23,33-31,33)	21,54 (18,67-24,50)	23,75 (22,00-25,00)	29,67 (23,33-32,67)
DBO (mg/l)	1,51	1,87	2,32	0,49	0,94	2,31
DQO (ppm)	139,06	199,76	138,76	132,44	135,82	140,53
Alcalinidad (mgCaCO3/l)	131,33	121,33	116,67	126	87	88
Acidez (mgCaCO3/l)	14	14,67	10,67	15	11	11
Cloruros (mg Cl/l)	16,35	27,66	32,04	15,00	26,03	17,52
Dureza cálcica (mgCaCO3/l)	118,33	91,67	104,67	119	82	87
Dureza total (mgCaCO3/l)	116,33	130,67	127,33	144	83	74
Sólidos disueltos (mg/l)	78,67	90	130,33	53	440	102
Sólidos suspendidos (mg/l)	192	84,33	80,67	47	250	88
Sólidos totales (mg/l)	270,67	174,33	211	100	690	190
Turbidez (NTU)	22,57	21,29	25,54	8,07	676,00	91,30

Nota: el valor mínimo y máximo en paréntesis.

Por su parte, la temperatura superficial del agua fue más estable con respecto a la ambiental. Esta variable fluctuó entre 16,67 a 23 °C y 17,33 a 22,33 °C en bajas y altas lluvias, respectivamente; mientras que la temperatura ambiente varió entre 21,33 a 33,33 °C y 19,33 a 33,33 °C en bajas y en altas lluvias, respectivamente (Figura 3, Tabla 1). Las temperaturas máxima y mínima presentaron datos relativamente homogéneos en ambas épocas, el promedio fluctuó en bajas lluvias entre 24,92 a 30,5 °C y 22,25 a 28,35 °C, respectivamente; mientras que en altas lluvias de 24,33 a 32,67 °C para la máxima y 21,54 a 29,67 °C para la mínima (Figura 3A, Tabla 1).

El oxígeno disuelto (Figura 3C) y el porcentaje de saturación en bajas lluvias fueron menores que en altas lluvias; en bajas lluvias el promedio osciló de 5,52 a 6,67 mg/l para el oxígeno disuelto y de 67,58 a 85,13 % para la saturación de oxígeno; mientras que en altas lluvias fue de 6,68 a 6,99 mg/l y de 75,10 a 79,82 %, respectivamente; en general las concentraciones de estas variables fueron altas (Tabla 1).

Lo contrario se observó con la conductividad, que presentó registros más altos en bajas que en altas lluvias. Estos fueron fluctuantes en ambos períodos, para las bajas lluvias los promedios oscilaron desde 710,96 a 815,17 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y para altas lluvias desde 449,92 a 571,75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 4A, Tabla 1). El pH fue básico con fluctuaciones entre 8 a 8,03 y de 7,64 a 8,02, en bajas y en altas lluvias, respectivamente. Sin embargo, los valores del pH en altas lluvias fueron más fluctuantes que en bajas lluvias (Figura 4B, Tabla 1). El ANDEVA mostró diferencias significativas entre los períodos de lluvias para las variables anteriormente mencionadas (pH: $F= 8,71$, $p= 0,0074$; conductividad: $F= 23,73$, $p= 0,0001$ y oxígeno disuelto: $F= 17,73$, $p= 0,0004$).

La demanda química de oxígeno (DQO) fue relativamente estable en todas las zonas, a excepción de la parte media en bajas lluvias que presentó un dato de 199,76 ppm; mientras que la demanda biológica de oxígeno (DBO_5) presentó diferentes valores en ambas épocas y en diferentes zonas, los más altos se presentaron en la parte baja en ambas épocas (2,32 mg/l en bajas lluvias y 2,31 mg/l en altas lluvias) y el mínimo se registró en la parte alta con 0,49 mg/l para la época de altas lluvias (Tabla 1). En general, los datos de la DBO_5 fueron bajos con respecto a los de la DQO. La alcalinidad fue más alta en bajas lluvias con respecto a la de altas; se presentaron los datos más altos en la parte alta de ambos períodos de lluvias (131,33 mg CaCO_3/l y 126 mg CaCO_3/l en bajas y altas lluvias, respectivamente) y el mínimo se presentó en la época de altas lluvias con 87 mg CaCO_3/l ; la acidez presentó valores diferentes en todas las zonas en ambas épocas, su máximo registro fue en la zona alta con 15 mg CaCO_3/l en altas lluvias y el mínimo en la parte baja con 10,67 mg CaCO_3/l en bajas lluvias (Tabla 1).

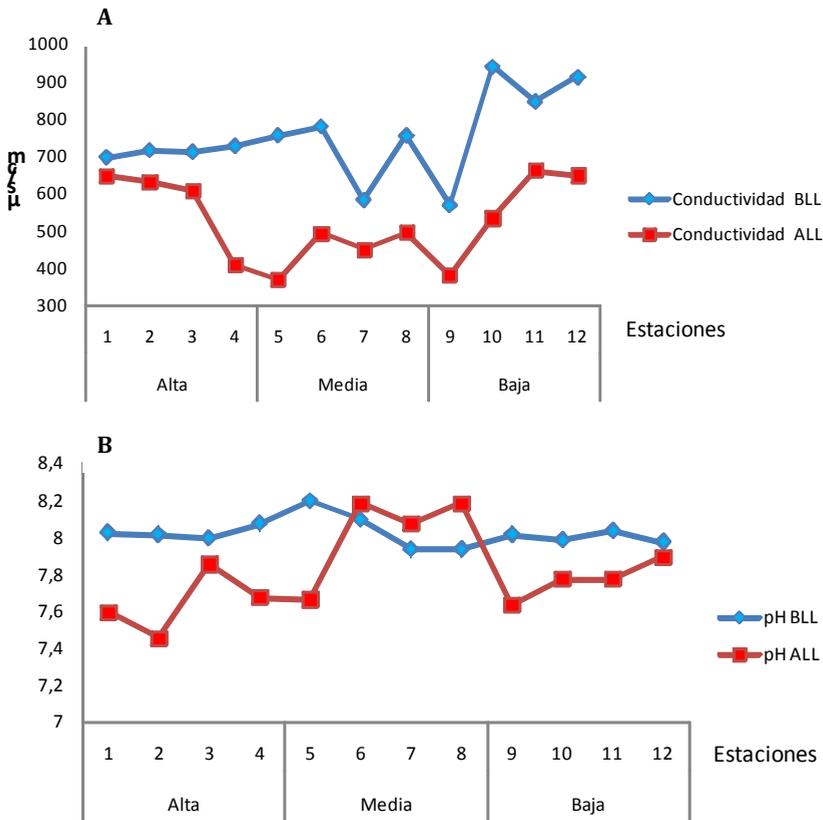


Figura 4. Variación en **A.** la conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$); en **B.** el pH en el río Santo Domingo en bajas (BLL) y en altas lluvias (ALL).

En cuanto a las durezas cálcicas se observó que los valores más altos se presentaron en la zona alta del río en ambas épocas con $118,33 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ y $119 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ en bajas y altas lluvias, respectivamente, y el más bajo fue de $82 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ en la parte media en altas lluvias. Igualmente las durezas totales presentan el mismo comportamiento con el dato más alto en zona alta en altas lluvias con $144 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$, mientras que en el mismo período climático se muestra el registro bajo con $74 \text{ mgCaCO}_3/\text{l}$ en la zona baja (Tabla 1). Con respecto a las durezas totales se pudo determinar, que el río Santo Domingo presentó aguas muy productivas y duras.

Los sólidos disueltos fueron mayores que los suspendidos para ambas épocas, a excepción de la parte alta en bajas lluvias, y oscilaron entre $78,67$ a $130,33 \text{ mg/l}$ en bajas lluvias y 53 a 440 mg/l en altas lluvias para los disueltos; mientras que los suspendidos entre $80,67$ a 192 mg/l y 47 a 440 mg/l para bajas y altas lluvias, respectivamente. Los sólidos totales fluctuaron entre $174,33$ y $270,67 \text{ mg/l}$ en bajas y en altas lluvias

de 100 a 690 mg/l, siendo este último el más alto reportado. Los cloruros fueron altos en todo el estudio, siendo mayor en bajas que en altas lluvias; oscilaron entre 16,32 a 32,04 mgCaCO₃/l en bajas lluvias y entre 15 a 26,03 mgCaCO₃/l (Tabla 1).

Comunidades biológicas

Macroinvertebrados

Se recolectaron 12405 individuos (8177 para bajas y 4228 para altas lluvias) agrupados en 8 ordenes, 26 familias y 38 géneros para bajas lluvias (Tabla 2) y 8 ordenes, 26 familias y 36 géneros para altas lluvias (Tabla 3). El orden más abundante para ambas épocas fue Ephemeroptera (4884 en bajas y 2750 en altas lluvias). El género con mayor abundancia relativa fue *Baetodes*, para ambas épocas (36,90 % y 39 % en bajas y altas lluvias, respectivamente), seguido de *Camelobaetidius* con 19,51 % y *Leptonema* con 11,68 % (Tablas 2 y 3).

Tabla 2. Abundancia absoluta (A.B) y Abundancia relativa (A.R.) de macroinvertebrados del río Santo Domingo en bajas lluvias.

Bajas Lluvias (febrero, junio, julio)																
			Estaciones													
Orden	Familia	Género	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	A.B.	A . R %
Coleoptera	Chrysomelidae (L)		1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,01
	Elmidae	<i>Cyloepus</i>	0	24	20	8	4	3	2	5	0	2	3	1	72	0,88
		<i>Disersus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	4	0,05
		<i>Heterelmis</i>	56	97	28	25	23	27	9	18	6	2	3	1	295	3,61
	Macrelmis (L)	<i>Macrelmis</i> (L)	7	0	0	0	0	5	1	1	2	0	0	1	17	0,21
		<i>Macrelmis</i> (A)	0	0	4	3	2	4	0	0	0	0	0	0	13	0,16
	Psephenidae	<i>Psephenops</i>	0	0	4	0	0	3	0	23	0	0	0	0	30	0,37
Ptilodactylidae	<i>Achyarsus</i>	1	0	3	1	1	5	2	4	0	0	1	3	21	0,26	
Staphylinidae (L)		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,01	
	(A)	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	1	5	0,06	
Diptera	Blepharoceridae	<i>Limonicola</i>	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	5	0,06
	Chironomidae		24	5	10	24	72	25	37	40	0	3	7	18	265	3,24
	Empididae	<i>Chelifera</i>	1	1	0	0	2	2	1	2	2	1	0	1	13	0,16
		<i>Hemerodromia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0,02
	Muscidae	<i>Limnophora</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,01
	Psychodidae	<i>Maruina</i>	0	13	0	7	0	2	22	43	0	0	0	0	87	1,06
	Simuliidae	<i>Simulium</i>	0	1	1	0	191	229	36	31	0	0	42	6	537	6,57
	Tabanidae	<i>Tabanus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,01
	Tipulidae	<i>Hexatoma</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,02
		<i>Tipula</i>	1	1	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7	0,09
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i>	0	2	0	0	3	0	0	0	1	0	0	4	10	0,12
		<i>Baetodes</i>	505	344	786	314	199	326	237	124	109	8	43	22	3017	36,90

Bajas Lluvias (febrero, junio, julio)																	
Orden	Familia	Género	Estaciones												A.B.	A. R %	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Coleoptera	Chrysomelidae (L)		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,01
		<i>Camelobaetidius</i>	76	108	167	155	3	27	36	73	21	21	10	17	714	8,73	
		<i>Mayobaetis</i>	2	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0,06	
		<i>Nanomis</i>	14	23	18	2	0	21	20	7	10	11	5	3	134	1,64	
		<i>Prebetodes</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,01	
		<i>Varipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0,02	
Leptohiphidae	<i>Leptohyphes</i>		52	102	69	37	36	121	38	55	114	59	116	66	865	10,58	
		<i>Tricorythodes</i>	0	0	0	0	0	4	0	3	3	7	3	0	20	0,24	
Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>		9	6	3	4	4	18	3	11	8	17	9	24	116	1,42	
Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,01	
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalis</i>	23	14	12	5	5	17	6	3	7	10	10	24	136	1,66	
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	5	4	0	0	10	0,12	
		<i>Progomphus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,01	
	Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	5	1	0	5	13	0,16	
		<i>Dythemis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,01	
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneturia</i>	4	3	5	1	5	2	0	1	1	1	0	2	25	0,31	
Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phyllocius</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,02	
	Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>	0	0	0	0	7	22	5	3	1	0	0	13	51	0,62	
Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>		14	16	46	62	24	27	10	37	0	3	14	3	256	3,13	
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>		24	14	31	12	146	101	23	117	133	84	145	125	955	11,68	
		<i>Smicridea</i>	53	67	25	265	16	5	2	7	15	2	4	2	463	5,66	
		A.B.	870	844	1239	926	745	1002	490	612	448	238	420	343	8177		

Nota: A= adulto y L= larva.

Tabla 3. Abundancia absoluta (A.B) y Abundancia relativa (A.R.) de macroinvertebrados acuáticos del río Santo Domingo en altas lluvias.

Altas Lluvias (marzo, abril, mayo)																	
Orden	Familia	Género	Estaciones												A.B. Individuos	A.R %	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Coleoptera	Dyopidae (L)		1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0,07	
		Elmidae	<i>Cylloepus</i>	5	20	33	10	2	3	0	4	4	2	0	0	83	1,96
			<i>Disersus</i>	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	4	0,09
			<i>Heterelmis</i>	10	37	70	24	10	3	11	8	0	9	0	0	182	4,30
			<i>Macrelmis</i> (L)	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0,09
Lampiridae (L)		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,02		
Psephenidae	<i>Psephenops</i>		0	0	0	0	0	3	0	16	0	0	0	19	0,45		
Ptilodactylidae	<i>Achlytarsus</i>		3	2	2	6	1	1	3	1	1	2	0	0	22	0,52	
Staphylinidae (L)			0	2	0	2	0	0	0	0	0	1	0	5	0,12		

Altas Lluvias (marzo, abril, mayo)																
			Estaciones												A.B. I n - d i - v i - d u - o s	A.R %
Orden	Familia	Género	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Diptera	Blepharoceridae	<i>Limonicola</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	4	0,09
		<i>Paltostoma</i>	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	3	0,07
	Chironomidae		2	20	1	1	19	31	12	71	10	3	9	3	182	4,30
	Empididae	<i>Hemerodromia</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3	0,07
		Psychodidae	<i>Clognia</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0,05
	Psychodidae	<i>Maruina</i>	0	2	0	1	0	17	3	47	0	0	0	0	70	1,66
		Simuliidae	<i>Simulium</i>	0	0	1	1	54	22	4	22	16	8	5	2	135
	Tipulidae	<i>Molophilus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,02
		<i>Tipula</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,02
	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	4
<i>Baetodes</i>			110	143	204	190	172	160	52	241	108	93	30	19	1522	36,00
<i>Camelobaetidius</i>			3	18	24	14	82	123	89	167	140	20	130	15	825	19,51
<i>Mayobaetis</i>			0	0	4	6	0	0	0	0	1	0	0	0	11	0,26
<i>Nanomis</i>			2	4	10	0	2	13	0	1	6	0	2	0	40	0,95
<i>Varipeis</i>			0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0,05
Leptohyphidae		<i>Leptohyphes</i>	5	12	13	7	21	40	43	46	15	15	15	5	237	5,61
		<i>Tricorythodes</i>	0	2	0	0	3	4	0	3	1	2	0	0	15	0,35
Leptophlebiidae		<i>Thraulodes</i>	1	1	1	0	2	16	9	8	2	2	5	2	49	1,16
Hemiptera		Naucoridae	<i>Limnocois</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,02
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	4	6	6	4	4	1	7	17	4	4	9	0	66	1,56
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0	1	5	0,12
	Gomphidae	<i>Progomphus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	5	0,12
	Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>	0	0	0	0	1	0	2	1	3	2	2	0	11	0,26
		<i>Dythemis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,02
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	2	5	5	3	0	0	3	3	5	2	2	0	30	0,71
Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,02
	Glossosomatidae	<i>Mortoniella</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,02
	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	0	1	4	6	7	11	12	20	0	8	2	1	72	1,70
	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	19	29	23	25	61	36	60	64	70	130	42	11	570	13,48
		<i>Smicridea</i>	0	13	3	0	0	4	1	2	2	7	3	0	35	0,83
Leptoceridae	<i>Oecetis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,02	
A.B.			171	320	405	300	443	500	316	744	392	318	260	59	4228	

Nota: L= larva.

El ANDEVA de dos factores con interacción mostró que la abundancia tuvo diferencias significativas para las épocas ($F= 25,59$, $p= 0,0001$) y entre las zonas ($F= 10,20$, $p= 0,0011$).

La diversidad alfa fue mayor en bajas lluvias. Para esta los valores máximos se presentaron en la estación 3 para la Dominancia (0,4273) y la estación 8 para los índices de Shannon-Wiener (3,5) y de Pielou (0,773), para el índice de Margalef fue la estación 6 (3,618). Mientras que para altas lluvias los máximos se presentaron en la estación 1 para la Dominancia (0,4331), en la estación 6 para los índices de Shannon-Wiener (3,1) y Margalef (3,862) y la estación 12 para el índice de Pielou (0,7985) (Tabla 4).

Tabla 4. Índices de diversidad biológica de macroinvertebrados acuáticos para el río Santo Domingo.

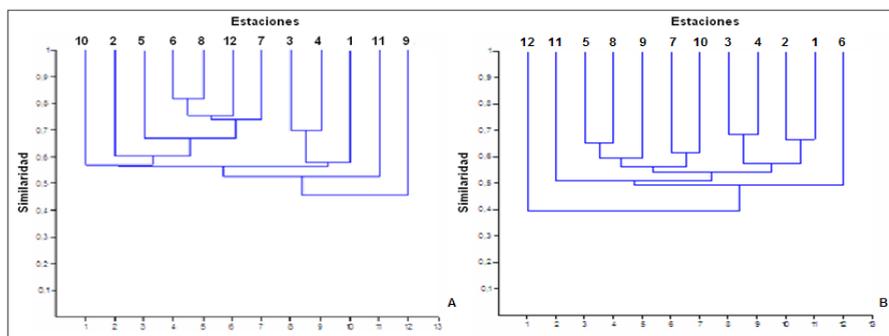
Época	Índices diversidad biológica alfa						
	Estaciones	Riqueza	Abundancia	Dominancia	Shannon-Wiener	Margalef	Pielou
Bajas lluvias (febrero, junio, julio)	1	20	870	0,3589	2,38	2,807	0,5504
	2	20	844	0,2194	2,88	2,82	0,6526
	3	21	1239	0,4273	2,08	2,808	0,4731
	4	17	926	0,2327	2,55	2,342	0,6233
	5	19	745	0,1899	2,83	2,722	0,6663
	6	26	1002	0,1873	3,05	3,618	0,6486
	7	18	490	0,2634	2,77	2,744	0,664
	8	23	612	0,1184	3,5	3,429	0,773
	9	22	448	0,217	2,72	3,44	0,6084
	10	19	238	0,2057	2,92	3,289	0,6872
	11	20	420	0,2194	2,77	3,146	0,64
	12	22	343	0,1914	2,53	3,597	0,6897
Altas lluvias (marzo, abril, mayo)	1	16	171	0,4331	2,1	2,917	0,5261
	2	19	320	0,2363	2,88	3,12	0,6778
	3	17	405	0,2993	2,47	2,665	0,6053
	4	15	300	0,4198	2,12	2,455	0,5433
	5	17	443	0,2239	2,66	2,626	0,651
	6	25	500	0,184	3,1	3,862	0,6667
	7	20	316	0,1669	3,06	3,301	0,708
	8	21	744	0,1825	3,01	3,025	0,6842
	9	20	392	0,2399	2,58	3,182	0,5977
	10	22	318	0,262	2,67	3,645	0,5992
	11	16	260	0,2963	2,48	2,698	0,6208
	12	9	59	0,2157	2,53	1,962	0,7985

En general, la equitabilidad fue alta e indicó que hubo una baja dominancia. Según la prueba t-student (Tabla 5) para los índices de diversidad, estos no presentaron diferencias significativas entre las épocas (altas y bajas lluvias). Sin embargo los índices de Dominancia, Shannon-Wiener y Pielou mostraron diferencias significativas entre las estaciones ($T = 3,22$, $p = 0,0279$ para dominancia; $T = 5,12$, $p = 0,0045$ para Shannon-Wiener y $T = 3,72$, $p = 0,0165$ para Pielou).

Tabla 5. Prueba de t-student para índices de diversidad biológica de macroinvertebrados para el río Santo Domingo, cuenca río La Vieja, Alto Cauca, Colombia.

Índices	Épocas		Estaciones	
	T	P	T	p
Dominancia	0,63	0,436	3,22	0,0279
Shannon-Wiener	0,62	0,4412	5,12	0,0045
Margalef	0,32	0,5766	1,78	0,1686
Pielou	0	0,9957	3,72	0,0165

El índice de Jaccard fue mayor entre las estaciones 6 y 8 ($I_j = 0,82$ en bajas lluvias) y entre la estación 3 y 4 ($I_j = 0,68$ en altas lluvias) debido a los efemerópteros y tricópteros compartidos entre estas cuatro estaciones; mientras que las estaciones 9 para bajas lluvias y la 12 para altas lluvias fueron las que registraron mayor diferencia dado que comparten pocos géneros con las demás estaciones (Figura 5A y B).

**Figura 5.** Dendrogramas de similitud del coeficiente de Jaccard de macroinvertebrados en las épocas de **A.** bajas y **B.** altas lluvias del río Santo Domingo, cuenca del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia.

La diversidad gamma fue de 50 géneros, aproximándose al número total el río Santo Domingo con 49 géneros de macroinvertebrados.

El BMWP/Col, del río Santo Domingo, presentó un rango de 101 a 150. Esto significa que las aguas son de calidad buena, con aguas muy limpias a limpias, a excepción de la estación 3 que presentó una calidad de agua aceptable con aguas ligeramente contaminadas. En general, las aguas de este ecosistema se pueden clasificar como oligotróficas con tendencia a la eutrofización (Figura 6).

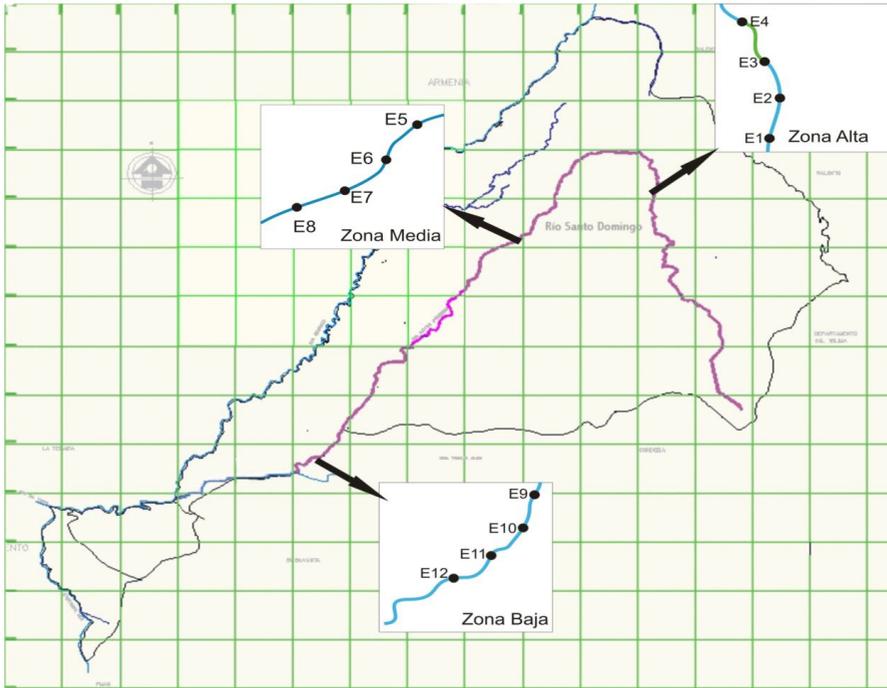


Figura 6. Valores del BMWP/Col, según las clases de calidad del agua en el río Santo Domingo.

Peces

Se recolectaron 97 individuos (70 para bajas lluvias y 27 para altas lluvias) agrupados en cinco familias, seis géneros y seis especies (Tabla 6).

Tabla 6. Abundancia absoluta (AB) y Abundancia relativa (AR) de peces del río Santo Domingo, cuenca río La Vieja, Alto Cauca, Colombia.

Familia	Género	Especie	Época		Bajas Lluvias (febrero, junio, julio)						Altas Lluvias (marzo, abril, mayo)					
			Alta		Media		Baja		Alta		Media		Baja			
			AB	AR	AB	AR	AB	AR	AB	AR	AB	AR	AB	AR		
Astroblepidae	<i>Astroblepus</i>	<i>A. chapmani</i>	2	66,7	3	100,0	2	3,1	0	0,0	2	50,0	0	0,0		
Loricariidae	<i>Chaetostoma</i>	<i>C. fischeri</i>	0	0,0	0	0,0	29	45,3	0	0,0	1	25,0	6	30,0		
Trichomycteridae	<i>Trichomycterus</i>	<i>T. caliense</i>	0	0,0	0	0,0	25	39,1	3	100,0	0	0,0	2	10,0		
Characidae	<i>Brycon</i>	<i>B. henni</i>	1	33,3	0	0,0	8	12,5	0	0,0	1	25,0	8	40,0		
	<i>Bryconamericus</i>	<i>B. caucanus</i>	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	15,0		
Lebiasinidae	<i>Lebiasina</i>	<i>sp.</i>	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	5,0		
Total			3	100,0	3	100,0	64	100,0	3	100,0	4	100,0	20	100,0		

La especie más abundante fue *Astroblepus chapmani* en bajas lluvias en la zona alta y media (66,7 % y de 100 %, respectivamente); mientras que en la zona baja fue *Chaetostoma fischeri* (45,3 %). En altas lluvias, en la zona alta del río Santo Domingo, encontramos a *Trichomycterus caliense* siendo la única especie que se recolectó; mientras que en la zona media *A. chapmani* con un 50 % y en la zona baja *Brycon henni* con un 40 %, fueron las más abundantes. La zona baja, fue donde se recolectó la mayor cantidad de ejemplares (64 y 20 ejemplares para bajas y altas lluvias, respectivamente). Con respecto a ello el ANDEVA indicó que no hubo diferencias significativas entre las épocas, zonas y la interacción entre estas. Los índices de diversidad biológica fueron bajos. Con respecto a la riqueza de peces se observó que tanto altas como bajas lluvias presentaron baja riqueza. En bajas lluvias la zona media y en altas lluvias la zona alta, presentaron una Dominancia alta de 1; mientras que la equitabilidad en estas zonas, fue de 0 (Tabla 7). Debido al bajo número de individuos, la diversidad beta y gamma con el índice de Jaccard no se pudieron calcular.

Tabla 7. Índices de diversidad biológica de peces para el río Santo Domingo, cuenca río La Vieja, Alto Cauca, Colombia.

Época	Zona	Riqueza	Abundancia	Dominancia	Shannon-Wiener	Margalef	Equitabilidad
Bajas lluvias (febrero, junio, julio)	Alta	2	3	0,5556	0,918	0,9102	0,9183
	Media	1	3	1	1	0	0
	Baja	4	64	0,3745	1,79	0,7213	0,7892
Altas lluvias (marzo, abril, mayo)	Alta	1	3	1	1	0	0
	Media	3	4	0,375	1,75	1,443	0,9464
	Baja	5	20	0,285	2	1,335	0,8651

DISCUSIÓN

Las variables fisicoquímicas fueron óptimas para caracterizar el ambiente acuático. Estas registraron poca variación en el río Santo Domingo. Para GARCÍA-ALZATE et al. (2007), los bajos coeficientes de variación se deben posiblemente a la posición geográfica y localización topográfica de los ambientes de alta montaña neotropical, en donde las variaciones son muy leves. Es por ello, que los cambios en precipitación y temperatura del aire en las cuencas hidrográficas tienen efecto sobre la vegetación, el suelo y el agua. Para este caso, producto de las perturbaciones climáticas (BLANCO et al., 2003). Lo anterior, pudo causar el cambio en la abundancia de macroinvertebrados; ya que los ecosistemas lóticos dependen de estas variables (físicas y químicas) puesto que determinan las condiciones ambientales, tróficas y reproductivas de los hábitats (MACHADO & ROLDÁN, 1981; ROMÁN-VALENCIA et al., 2005; GARCÍA-ALZATE et al., 2010).

La temperatura superficial del agua mostró pocas fluctuaciones en todo el estudio, lo cual otorga estabilidad al ambiente para el desarrollo de los organismos acuáticos. Esto concuerda con MACHADO & ROLDÁN (1981), quienes indican que los organismos acuáticos de las zonas tropicales viven en medios en los que la temperatura varía muy poco; de ahí que sus respuestas fisiológicas se alteran fácilmente con cambios bruscos. En el trópico, donde la luz y la temperatura son relativamente estables en el curso del año, las variaciones estacionales de los organismos acuáticos dependen del efecto que tienen las altas y bajas lluvias en el volumen del agua transportado; lo cual, a su vez, influye en las condiciones y en los tipos y la diversidad de los hábitats disponibles (ROLDÁN, 1992).

Otra variable que afecta el ambiente acuático es el oxígeno disuelto, en donde los valores en bajas lluvias fueron menores que en altas lluvias. Existen diferencias significativas para ambas épocas tal como lo observaron GARCÍA-ALZATE et al. (2007). Esto indica que en bajas y altas lluvias se alteran de forma distinta el oxígeno de los cuerpos de agua. Las concentraciones más bajas de oxígeno disuelto y porcentaje de saturación se presentaron en las zonas alta y media en época de bajas lluvias debido posiblemente al lixiviado de fertilizantes o agroquímicos utilizados para la agricultura en la zona, así como a la quebrada El Salado afluente del río Santo Domingo que está fuertemente influenciada por las obras del túnel de la Línea en la vía Calarca-Cajamarca.

La DBO_5 se registró menor en ambas épocas que la DQO debido a que el número de compuestos oxidados químicamente es mayor a los oxidados biológicamente (ROLDÁN, 1992); igual a lo que fue observado por GARCÍA-ALZATE et al. (2007), para las quebradas Villa Paola y Doña Juana. La DQO fue mucho mayor que la DBO_5 debido a la contaminación que se presenta por las obras de la construcción del túnel de la Línea, ya que genera incorporación de compuestos del cemento y una gran cantidad de materia orgánica resistente o refractaria a la descomposición biológica.

Para MACHADO & ROLDÁN (1981) el pH no debe ser menor de 4,5 ni mayor a 8,5, ya que son las concentraciones límites para la supervivencia de la mayoría de los organismos acuáticos. En este estudio se encontraron valores que oscilan entre 7, 6 y 8, correspondiendo a los óptimos para el desarrollo de los organismos acuáticos; coincidiendo con POSADA et al. (2000) y GARCÍA-ALZATE et al. (2008). Esta variable está íntimamente relacionada con la alcalinidad; así, que aguas con pH alto pueden indicar una alcalinidad alta (ROLDÁN & RAMÍREZ, 2008). En este estudio se encontró que el pH tiende a hacer básico, por lo que la alcalinidad es alta y la acidez tiende a disminuir como resultado del sistema buffer del agua.

La conductividad en los ecosistemas acuáticos tropicales está más relacionada con la naturaleza geoquímica del terreno y su concentración varía principalmente con las épocas de altas y bajas lluvias, así como con su estado trófico (ROLDÁN & RAMÍREZ,

2008). La conductividad presentó altas concentraciones, y atípicas, para ecosistemas de alta montaña neotropical; las cuales fueron mayores de 300 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a lo largo del río, lo que es un serio indicio del efecto secundario y negativo de la construcción del túnel de la Línea; que vierte de manera indirecta a través de la quebrada El Salado sus desechos al río Santo Domingo. La diversidad de organismos, probablemente, haya sido afectada por la alta conductividad y las altas concentraciones de cloruros. Esto debido a que las altas diversidades de especies corresponden, a menudo, a bajas conductividades y bajas cantidades de cloruros (MACHADO & ROLDÁN, 1981; ROLDÁN & RAMÍREZ, 2008).

En este estudio, la abundancia de la comunidad de macroinvertebrados se vio afectada por la estacionalidad de las lluvias. Para QUIÑONES et al. (1998) la diversidad depende de la pluviosidad de la zona, que ocasiona un aumento del río y arrastre o lavado de sustratos, siendo los macroinvertebrados llevados río abajo. Con relación a la comunidad de macroinvertebrados, esta fue similar a la reportada por otros estudios en la cuenca alta del río Cauca (BLANCO et al., 2003; BERNAL et al., 2006; GARCÍA-ALZATE et al., 2007; GARCÍA-ALZATE et al., 2008; RIVERA-USME et al., 2008; GARCÍA-ALZATE et al., 2010). El orden más abundante fue Ephemeroptera, siendo un grupo que presenta una alta exigencia en la calidad de las aguas susceptibles a ser ocupadas por ellos; por tal motivo, este se muestra sensible a la misma; por tanto, su presencia suele estar relacionada a una buena calidad del agua (GALLARDO-MAYENCO, 2003; ROLDÁN & RAMÍREZ, 2008).

La ictiofauna de agua dulce, en su conjunto, se adapta mejor en aguas eutróficas, profundas y en sitios con variedad de hábitats en los que se presenta una mayor diversidad (TORRES et al., 2006). Es por ello que encontramos muy baja diversidad y abundancia de peces en el río Santo Domingo, ya que presenta muy poca profundidad y sus aguas son oligotróficas con tendencia a la eutroficación. Según ROMÁN-VALENCIA et al. (2005), quienes realizaron análisis biológicos de peces en el Alto Cauca, las especies de peces que se encontraron en el río son características de ambientes intervenidos; al igual que los análisis fisicoquímicos muestran que la calidad del hábitat es de aguas oligotróficas propias de alta montaña.

Una de las especies de peces más abundante fue la Sabaleta *B. henni*. Especie que es de las más frecuentes en pequeños ríos y quebradas que tienen su origen en la Cordillera Central de Colombia y atraviesan las zonas cafeteras del país (PINEDA-SANTIS et al., 2007). Además, ROMÁN-VALENCIA (2001) afirma que las especies *T. caliense* y *A. chapmani* son abundantes en todas las cuencas hidrográficas del Alto Cauca; planteando que son especies que habitan principalmente en pequeñas quebradas de tipo primario y secundario, pero que en cuencas más grandes se encuentran en menor proporción; igualmente realiza una descripción del hábitat donde se desarrollan estas especies, lo que coincide con lo encontrado en el presente trabajo.

Una de las especies que se encontró con menor abundancia fue *B. caucanus*, en la parte baja de río, hallándose en vegetación aledaña asociada a remansos. Lo anterior, coincide con ROMÁN-VALENCIA et al. (2008) quienes afirman que esta especie se localiza en remansos, charcos y lugares con vegetación ribereña.

Para 2003, se presentó un proyecto para la realización de un embalse en el río Santo Domingo (Calarcá, departamento del Quindío). Este proyecto tenía dos sitios específicos para su construcción: el primero se ubicaba en la parte alta con una presa que mediría 100 m, la cual obtendría un volumen de embalse de 6,3 millones de m³ y un espejo de agua con un área de 18 hectáreas. Por tanto, para obtener un embalse razonable en esta zona se requeriría de una presa muy alta. Así, desde el punto de vista ambiental, se inundarían bosques nativos y se afectarían quebradas con un alto valor paisajístico y biológico. El segundo sitio se encontraría en la parte baja del río, que mediría 50 m, con un volumen de embalse de 14,9 millones de m³ y un espejo de agua con un área de 91 hectáreas. En este lugar, el embalse inundaría tierras utilizadas para la agricultura y la ganadería. El represar el río Santo Domingo implicaría un impacto sobre la población que debe relocalizarse y a la vez cambiar sus hábitos de vida. Asimismo, como es un ecosistema natural, causaría un problema ambiental que afectaría la presencia y distribución de los organismos a lo largo del río y tendría un efecto negativo sobre la diversidad. Tal como lo afirman ROLDÁN & RAMÍREZ (2008), en Colombia, no se realizan estudios previos para saber que impactos ambientales se generan con la construcción de un embalse en un ecosistema acuático, por lo que este trabajo puede ser tenido como base o línea de base para futuras estrategias de conservación en la cuenca del río Santo Domingo y sus afluentes relacionados.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Multipropósito Calarcá, por facilitar el laboratorio de aguas para las pruebas químicas. A la Universidad del Quindío, programa de Biología, por el préstamo de equipos y laboratorios. A María del Carmen Zúñiga (Universidad del Valle), que verificó algunas determinaciones en macroinvertebrados. Este artículo se benefició de las correcciones de Gabriel Roldán Pérez (Universidad Católica de Oriente).

REFERENCIAS

- ALBA-TERCEDOR, J., 1996.- Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA). APHA, 1998.- *Standard Methods for Examination of Water and Sewage and Wastewater*. APHA.
- ARANGO, M.C., ÁLVAREZ, L.F., ARANGO, G.A., TORRES, O.L. & MONSALVE, A.J., 2008.- Calidad de agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia. *Rev. EIA*, 9: 121-141.
- BERNAL, E., GARCÍA, D., NOVOA, M. & PINZÓN, A., 2006.- Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados de la quebrada Paloblanco, cuenca del río Otún (Risaralda, Colombia). *Acta. Biol. Colomb.*, 11 (2): 45-59.
- BLANCO, J., VÁSQUEZ, G., RAMÍREZ, J. & NAVARRETE, A., 2003.- Variación de algunos parámetros fisicoquímicos en el río Pescador, Valle de Cauca, durante el ciclo del niño (1997/1998) y la niña (1998/1999). *Actual. Biol.*, 25 (78): 59-69.
- DOMÍNGUEZ, E., HUBBARD, M.D. & PETERS, W., 1992.- Clave para ninfas y adultos de las familias y géneros de Ephemeroptera (Insecta) sudamericanos. *Biología Acuática*, 6: 5-32.

- DOMÍNGUEZ, E., MOLINERI, C., PESCADOR, M.L., HUBBARD, M.D. & NIETO, C., 2006.- *Ephemeroptera of South America*. PENSOFT.
- DOMÍNGUEZ, E. & FERNÁNDEZ, H.R., 2009.- *Macroinvertebrados bentónicos suramericanos: sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo.
- DUDGEON, D., 2000.- Large-scale hydrological changes in tropical Asia: Prospects for riverine biodiversity. *BioScience*, 50: 793-806.
- FERNÁNDEZ, H.R. & DOMÍNGUEZ, E., 2001.- *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Universidad Nacional de Tucumán.
- GALLARDO-MAYENCO, A., 2003.- Distribución espacial de los efemerópteros (Insecta: Ephemeroptera) en dos cuencas mediterráneas a diferentes altitudes. *Zool. Baetica*, 13/14: 93-110.
- GARCÍA-ALZATE, C.A., ROMÁN-VALENCIA, C., VANEGAS-RÍOS, A. & ARCILA-MESA, D., 2007.- Análisis fisicoquímico y biológico comparado en dos quebradas de alta montaña neotropical. *Revista de Investigaciones de la Universidad del Quindío*, 17: 57-80.
- GARCÍA-ALZATE, C.A. & ROMÁN-VALENCIA, C., 2008.- *Hyphessobrycon ocaosensis* sp. n. (Teleostei, Characidae) una nueva especie para el Alto Cauca, Colombia. *Animal Biodiversity and Conservation*, 31 (2): 11-23.
- GARCÍA-ALZATE, C.A., ROMÁN-VALENCIA, C., LOPER, D., GONZÁLEZ, M. & SIMUNOVIC, M., 2008.- Physico-Chemical and Biological Variables of San José Creek, Otún River Drainage/Upper Cauca, Colombia. *Revista de Investigaciones de la Universidad del Quindío*, 18: 38-48.
- GARCÍA-ALZATE, C.A., ROMÁN-VALENCIA, C., GONZÁLEZ, M. & BARRERO, A.M., 2010.- Composición y variación temporal de la comunidad de insectos acuáticos (insecta) en la quebrada Sardineros, afluente río Verde, Alto Cauca, Colombia. *Revista de Investigaciones de la Universidad del Quindío*, 21: 21-28.
- LÓPEZ-PUJOL, J., 2008.- Impactos sobre la biodiversidad del embalse de las Tres Gargantas en China. *Ecosistemas*, 17 (1): 134-145.
- LOZANO, G., ZAPATA, M.A. & PEÑA, L.E., 2003.- *Modelación de corrientes hídras superficiales en el departamento del Quindío Colombia*. Universidad del Valle.
- MACHADO, T. & ROLDÁN, G., 1981.- Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. *Actual. Biolog.*, 10 (35): 3-16.
- MALDONADO-OCAMPO, J., ORTEGA-LARA, A., USMA-OVIEDO, J.S., GALVIS-VERGARA, G., VILLA-NAVARRO, F.A., VÁSQUEZ-GAMBOA, L., PRADA-PEDREROS, S. & ARDILA-RODRÍGUEZ, C., 2005.- *Peces de los Andes de Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- NILSSON, C., REIDY, C.A., DYNESIUS, M. & REVENGA, C., 2005.- Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science*, 308: 405-408.
- PARK, Y.-S., CHANG, J., LEK, S., CAO, W. & BROSE, S., 2003.- Conservation strategies for endemic fish species threatened by the Three Gorges Dam. *Conservation Biology*, 17: 1748-1758.
- PINEDA-SANTIS, H., ARBOLEDA, L., ECHEVERRY, A., URCUQUI, S., PAREJA, D., OLIVERA, M. & BUILES, J., 2007.- Caracterización de la diversidad genética en el pez *Bricon henni* (Characiformes: Characidae) en Colombia central, por medio de marcadores RAPD. *Rev. Biol. Trop.*, 55 (3-4): 1025-1035.
- POSADA, J. & ROLDÁN, G., 2003.- Clave ilustrada y diversidad de las larvas de tricóptera en nor-occidente de Colombia. *Caldasia*, 25 (1): 169-192.
- POSADA, J.A., ROLDÁN, G. & RAMÍREZ, J.J., 2000.- Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Rev. Biol. Trop.*, 48 (1): 59-70.
- QUIÑONES, M.L., RAMÍREZ, J.J. & DÍAZ, A., 1998.- Estructura numérica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos derivados de la zona del ritual del río Medellín. *Actual. Biol.*, 20 (69): 75-86.
- RIVERA-USME, J.J., CAMACHO-PINZÓN, D.L. & BOTERO-BOTERO, A., 2008.- Estructura numérica de la entomofauna acuática en ocho quebradas de departamento del Quindío-Colombia. *Acta. Biol. Colomb.*, 13 (2): 133-146.
- ROLDÁN, G., 1988.- *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. COLCIENCIAS, Universidad de Antioquia.
- ROLDÁN, G., 1992.- *Fundamentos de la limnología neotropical*. Universidad de Antioquia.
- ROLDÁN, G., 2003.- *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/col*. Universidad de Antioquia.
- ROLDÁN, G. & RAMÍREZ, J.J., 2008.- *Fundamentos de limnología neotropical*. 2ª edición. Universidad de Antioquia.
- ROMÁN-VALENCIA, C., 1995.- Lista anotada de los peces en la cuenca del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia. *Bol. Ecológica: Ecosistema Tropicales*, 29: 11-22.
- ROMÁN-VALENCIA, C., 2001.- Ecología trófica y reproductiva de *Trichomycterus caliense* y *Astroblepus chapmani* (Pisces: Siluriformes) en el río Quindío, Alto Cauca, Colombia. *Rev. Biol. Trop.*, 49 (2): 657-666.
- ROMÁN-VALENCIA, C. & MUÑOZ, A., 2001.- Ecología trófica y reproductiva de *Bryconamericus caucanus* (Pisces: Characidae). *Boll. Mus. Reg. Sci. Nat.*, 18 (2): 459-467.
- ROMÁN-VALENCIA, C., CADAVID, J.C., VANEGAS, J. & ARCILA, D., 2005.- Análisis de algunas variables físicas, químicas y biológicas en tres quebradas de la Cuenca Alta del Río Cauca, Colombia. *Revista de Investigaciones de la Universidad del Quindío*, 15: 83-96.
- ROMÁN-VALENCIA, C. & RUIZ-C, R., 2007.- Una nueva especie de pez del género *Hemibrycon* (Characiformes: Characidae) del Alto Río Atrato, noroccidente de Colombia. *Caldasia*, 29 (1): 75-85.
- ROSSENBERG, D.M., MCCULLY, P. & PRINGLE, C.M., 2000.- Global-scale environmental effects of hydrological alterations: Introduction. *BioScience*, 50: 746-751.
- TORRES, Y., ROLDÁN, G., ASPRILLA, S. & RIVAS, T.S., 2006.- Estudio preliminar de algunos ambientales y ecológicos de las comunidades de peces y macroinvertebrados acuáticos en el río Tutunendo, Chocó, Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 30 (114): 67-76.