

## Estudio experimental para la determinación de las constantes bénticas en el Río Cauca.

Baena, Luisa Marina, Juan Pablo Silva, and Carlos Ramírez Callejas. "Estudio experimental para la determinación de las constantes bénticas en el Río Cauca." *Ingeniería de Recursos Naturales 1* (2004): 12+. *Informe Académico*. Web. 21 Sept. 2010.

Document URL

<http://find.galegroup.com/gtx/infomark.do?&contentSet=IAC-Documents&type=retrieve&tabID=T002&prodId=IFME&docId=A227461648&source=gale&srcprod=IFME&userGroupName=univalle&version=1.0>

### Resumen:

La modelación matemática es una herramienta útil para la evaluación y control de la calidad del agua de una corriente. Sin embargo, la confiabilidad de los resultados depende de la validez de la información experimental y de campo utilizada para calibrar el modelo. En el presente estudio se determinaron experimentalmente las tasas o Constantes de Demanda Béntica (Sediment Oxygen Demand SOD) en el río Cauca, tramo Salvajina en el Departamento del Cauca--La Virginia, en el Departamento de Risaralda. La selección de los sitios de muestreo se realizó mediante el análisis de la variación temporal y espacial del oxígeno disuelto y la aplicación de métodos estadísticos. La toma de muestras y su manipulación se realizó siguiendo los métodos de la EPA; Se utilizó un respirómetro de laboratorio para la determinación de las Constantes Bénticas, encontrando valores desde 0,5 g/m<sup>2</sup>.día en la zona de menor afectación hasta 15.5 g/m<sup>2</sup>.día en la zona crítica del río. Posteriormente las constantes obtenidas fueron comparadas con las de un modelo de calidad del agua.

Mathematical modeling is a useful tool for river water quality management. However, reliability of results depends on the validity of experimental and field data used for model calibration. This document presents the results of the experimental determination of the Sediment Oxygen Demand (SOD) for the Salvajina - La Virginia reach of the Cauca River in Colombia. Dissolved Oxygen (DO) temporal and spatial variation, supported on statistical analysis, was used to define sludge sampling sites. Sampling and handling of samples was made according USEPA methods. Benthic oxygen uptake constants were measured using a bench respirometer in the laboratory. The obtained values were in the range of 0.5 to 15.5 g/m<sup>3</sup>, with the higher SOD corresponding to the most polluted part of the river. The experimental constants were further compared with those applied in mathematical water quality models for the same river reach.

### PALABRAS CLAVES

ACalidad del Agua, Demanda Béntica, Demanda de Oxígeno del Sedimento.

**Texto Completo:** COPYRIGHT 2004 Universidad del Valle

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

Existen parámetros y constantes cinéticas en las ecuaciones que describen y gobiernan los procesos físicos y químicos en una corriente de agua, las cuales no siempre pueden determinarse teóricamente o por medio de una expresión matemática. Tal es el caso de la constante de desoxigenación por demanda bental - SOD, que

corresponde a la demanda de Oxígeno Disuelto -OD por la descomposición de la materia orgánica contenida en los sedimentos en un ecosistema acuático. Esta juega un papel muy importante en la depleción del oxígeno disuelto cuando se realiza un balance de oxígeno en una corriente (Caldwell, 1994).

Una buena aproximación al valor real de las constantes es imprescindible en un estudio de corrientes de agua, pues de ello dependerá la precisión de los resultados y predicciones que se efectúen de la calidad futura del agua (Salazar, 1987). Para el río Cauca, en particular, no se encuentran reportes de estudios experimentales de la demanda de oxígeno por sedimento béntico, por lo cual los resultados de este estudio fortalecen los modelos de oxígeno disuelto implementados para predecir la calidad de este cuerpo de agua.

## 1.2. Propósito y Alcances

El propósito de este artículo es presentar los resultados de las mediciones de SOD realizadas en 6 estaciones ubicadas sobre la cuenca del río Cauca en el tramo Salvajina--La Virginia. Además se describe la metodología utilizada para la selección de las estaciones de muestreo, así como los procedimientos de muestreo y montaje e implementación del método analítico a escala de laboratorio. Se incluye el diseño estadístico del experimento como un soporte para la toma de decisiones a lo largo del estudio.

## 1.3. Área de Estudio

El Río Cauca tiene una longitud total de 1350 Km y una cuenca hidrográfica aproximada de 63300 Km<sup>2</sup>. Nace en el sur del país en el macizo Colombiano (aproximadamente 4000 m.s.n.m), departamento del Cauca y desemboca en el Brazo de Loba en el río Magdalena, departamento de Bolívar, al norte del país.

El área de estudio comprende una parte de la cuenca del río Cauca en el tramo Salvajina--La Virginia, tiene una longitud aproximada de 460 Km con un descenso en niveles aproximado de 1000 a 900 m.s.n.m. y una velocidad media de 1 m/s. La precipitación media anual en el 89 % de área de la cuenca oscila entre 1000 y 2000 mm. A su entrada al departamento del Valle del Cauca el Río Cauca presenta un caudal de 195 m<sup>3</sup>/s; en su paso por éste recibe aportes llegando a la estación La Virginia con un caudal medio de 467 m<sup>3</sup>/s. La cuenca del río Cauca en el área de estudio está conformada por 39 subcuencas localizadas en la zona montañosa.

La calidad de las aguas superficiales de la cuenca del río Cauca se ve alterada significativamente por los vertimientos recibidos. La carga orgánica vertida al río Cauca se encuentra distribuida así: industrias 31 %, municipio de Cali 44 % y los restantes 41 municipios 25 % (CVC, 2001).

## 2. PROCEDIMIENTOS Y METODOS

### 2.1. Selección de Estaciones y Metodología de Muestreo

Para la selección de las estaciones de muestreo del sedimento béntico se utilizó la información histórica de los monitoreos de calidad del agua realizados por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca--CVC en 19 estaciones en el tramo de estudio, acogiendo la metodología indicada por la EPA para ubicación de sitios de muestreo (Mills, 1986). La determinación de la Constante de Demanda Béntica se realiza en unos pocos puntos representativos de cada tramo del río (Mills, 1986). Los puntos de muestreo no deben coincidir necesariamente con las estaciones de muestreo de la calidad del agua; en su lugar, estos deben coincidir con los sitios que mejor representen la calidad de un tramo del río. Típicamente se ubican aguas abajo de las mayores descargas, aunque el factor más importante para su ubicación son los sitios donde ocurren cambios abruptos de OD ó de Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO. En ausencia de datos de calidad del agua, la Demanda de Oxígeno por Sedimento (SOD) debe ser medida en cada tramo (Mills, 1986).

Se analizaron las concentraciones de OD en el río reportadas en los muestreos realizados por la CVC en los últimos tres años. Se realizó el análisis con OD puesto que esta es una prueba química que arroja errores muy

bajos. El análisis temporal y espacial del OD permite definir en el tramo en estudio tramos diferenciados por los niveles de OD, por lo cual se ubicó una estación en cada uno de ellos. En la tabla 1 se presentan las estaciones de muestro de sedimento béntico seleccionados y sus distancias, tomando como cero la salida del embalse de Salvajina.

El proceso de muestreo es uno de los aspectos que tienen mayores repercusiones en los resultados experimentales; las muestras deben ser tomadas sin alterar la compactación natural del lodo. Esta característica limita la validación de la metodología analítica, puesto que no es posible homogeneizar las muestras tomadas en una estación. Las muestras, de 3 a 5 cm de espesor, fueron tomadas manualmente, se depositaron en bolsas plásticas, se forraron en papel de aluminio para impedir el paso de la luz y se almacenaron en nevera a 4[grados]C. En total, durante el estudio se realizaron 17 muestreos en época de verano, durante los meses de febrero y marzo de 2003.

Las muestras se tomaron cerca de la orilla a unos 50 cm de profundidad media del agua. En un río como el Cauca sólo se encuentra sedimento béntico cerca de las orillas; en la parte central del cauce, debido fundamentalmente a la alta velocidad del flujo de aproximadamente 1 m/s, no ocurre sedimentación de lodos. Únicamente en depresiones de baja velocidad tiende a acumularse gran cantidad de material fino detrítico (Rounds, 1997). Cuando la velocidad de la corriente es mayor de 0.5 m/s, las partículas de arena, limos y arcillas son mantenidas en suspensión, mientras que a velocidades inferiores a 0.18 m/s los sólidos orgánicos tienden a sedimentarse (Salazar, 1987). En sondeos realizados por la CVC en 1992 utilizando una draga Ekman en el centro de la corriente en el tramo Hormiguero--Anacaro y en la estación Paso de la Torre por la CVC y la Universidad del Valle en mayo de 2003 se confirmó que en la parte central del cauce solo se encuentra arena gruesa y gravas.

## 2.2. Montaje e Implementación del Método Analítico

Para la determinación experimental de las constantes bénticas se utilizaron dos tipos de respirómetro de laboratorio, rectangular y cilíndrico, sellados herméticamente con papel autoadherente. En el respirómetro rectangular, consistente en una cámara de vidrio con dimensiones internas 0.20 x 0.20 x 0.08 m, con agitador de paleta en vidrio y plástico PTF y un sensor de oxígeno marca Horiba referencia U-10, colocados a 4 y 5 cm del fondo, se realizaron los ensayos preliminares para la determinación de condiciones y definición de variables experimentales y se estandarizaron las condiciones de velocidad de agitación y tiempo de análisis. Establecidas las condiciones se implementó una batería de 5 respirómetros cilíndricos de 15.5 cm de diámetro y 18 cm de profundidad.

Se logró homogeneidad sin causar suspensión del sedimento béntico con una agitación de 15 a 20 rpm, midiendo continuamente la turbiedad con un sensor de una sonda multiparámetro marca Horiba, referencia U10. Utilizando azul de metileno como trazador se determinó el tiempo requerido para alcanzar mezcla completa en 2 minutos.

Durante todos los ensayos se monitoreó la temperatura al principio y al final del experimento. En las pruebas de montaje del método analítico, la temperatura fue monitoreada continuamente, verificando que permaneciera en el rango de la temperatura ambiente [+ ó -] 2[grados]C (Nolan, 1979). Los valores obtenidos fueron estandarizados a 20[grados]C con  $e$  de 1.065, utilizando la ecuación de Vant Hof Arrhenius (Bowie, 1985, Chapra, 1997).

Para determinar la linealidad del método analítico se midió el consumo de OD durante 4 horas en dos muestras de lodo en la margen derecha de la estación Paso de la Torre, fraccionadas en 4 submuestras de diferentes áreas. Los coeficientes de regresión lineal obtenidos al graficar área de lodo contra variación de la concentración de OD en el respirómetro fueron de 0.98 y 0.88.

Para verificar las condiciones de sellado del respirómetro, se llenó con agua desoxigenada, tratada con 5 g de

sulfito de sodio, observándose al cabo de 4 horas que se mantuvo el OD inicial de 0.0 mg/l. Se corrieron 8 blancos, para los que se obtuvieron reducciones de OD entre 0.05 y 0.09 mg/l, por lo que no es necesario corregir los resultados obtenidos en los ensayos (Rounds, 1997).

Se determinó experimentalmente el tiempo máximo de almacenamiento del lodo. Los resultados indicaron que las muestras pueden ser almacenadas refrigeradas a 4[grados]C y en la oscuridad por un período de 7 días para obtener un nivel de confianza del 99% y en las mismas condiciones por 15 días para obtener resultados analíticos con un nivel de confianza del 97%. Estos resultados coinciden con lo propuesto por Lee (1999), quien sugiere analizar las muestras en un tiempo inferior a una semana y almacenarlas por un tiempo máximo de 15 días.

En la determinación del SOD el oxígeno se monitorea usualmente en períodos entre 4 y 24 horas (Nolan, 1979). En este experimento se determinó la demanda béntica en períodos de 4 horas. En estudios recientes (Hu, 2001; Chau, 2002) también se ha monitoreado el SOD en este mismo tiempo. Otros autores (Caldwell, 1995; Rounds 1997; US EPA, 2001; Wood, 2001) indican que es posible determinar la constante de demanda béntica en un tiempo de dos horas obteniéndose resultados similares.

El agua utilizada en el análisis fue aireada hasta obtener una concentración de oxígeno cercana al 70% de saturación (Nolan, 1979). El agua fue introducida lentamente a la cámara y dejándose deslizar sus paredes para evitar la perturbación del sedimento. Al completar el llenado la cámara, se selló y después de un lapso de 2 minutos, en el cual se sedimenta las partículas pequeñas que alcanzan a suspenderse, se registraron las primeras lecturas de OD, temperatura y tiempo.

Utilizando la pendiente de la curva de OD contra tiempo, el volumen de agua sobrenadante y el área superficial de sedimento, se calcula la demanda béntica (SOD) mediante la expresión:

Donde:  $SOD = ([OD.sub.i] - [OD.sub.f] - DBO) * V/A * ([t.sub.2] - [t.sub.1])$

OD<sub>i</sub> = OD inicial del agua (en el tiempo t<sub>1</sub> )

OD<sub>f</sub> = OD final del agua (en el tiempo t<sub>2</sub> )

DBO = Demanda Bioquímica de oxígeno del agua sobrenadante

V = Volumen del respirómetro

A = Área de respiración

t<sub>2</sub> = Tiempo final

t<sub>1</sub> = Tiempo inicial

### 3. DISEÑO ESTADÍSTICO DEL EXPERIMENTO

Se utilizó la estadística como herramienta para definir el tipo de agua a utilizar en el ensayo (del río o de laboratorio) y la margen del río en la cual tomar las muestras. Se empleó el paquete estadístico SPSS v.11 y en el análisis de varianza se fijó un nivel de significancia de 5 %>. Se realizaron análisis de SOD a una muestra de lodo de la estación Hormiguero utilizando ambos tipos de agua. Con el análisis de varianza se encontró que estadísticamente no existen diferencias significativas para ambos tipos de agua. Posteriormente se debió decidir la margen del río donde se deberían tomar las muestras de sedimento. El análisis de varianza mostró que en las estaciones de Hormiguero, Mediacanoa y Anacaro, estadísticamente resulta igual tomar las muestras de lodo en cualquiera de las márgenes del río. En las estaciones de Paso de la Torre y Guayabal existen diferencias significativas, por lo que los lodos de cada margen se trabajan como grupos de muestras

independientes. Se exceptuó la estación La Balsa, donde por las condiciones geomorfológicas del río únicamente es posible tomar muestras en la margen izquierda.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las mediciones aparecen consolidados en la tabla 2 y en la Figura 1. Estos indican variabilidad de las mediciones en una misma estación, que según Rounds (1997), se debe a la heterogeneidad del lecho de sedimento. Además, debido a la naturaleza heterogénea del sedimento, el análisis de error muestra que la variación en calidad en un sitio de muestreo es mucho más alta que la incertidumbre del método analítico (Rounds, 1997). La simple inspección visual revela una gran variación en la calidad del lodo en una misma estación de muestreo, se observan áreas con macroinvertebrados bénticos (tubifex) y consistencia gelatinosa de los lodos y áreas contiguas, separadas algo más de un metro, con sedimento arenoso.

Los coeficientes de variación de las mediciones en una misma estación están en el rango de 12 a 46 %, similares a los encontrados por Rounds (1997) en el río Tualatin entre 19 y 31 % y los reportados por Rathbun (1997) de estudios realizados en el río Rouge en el rango de 9 al 48 %. El error de los resultados se encuentra entre 1 y 4 %, debido a que se trabajó un alto número de réplicas.

[FIGURA 1 OMITIR]

El mayor coeficiente de variación y la mayor desviación estándar se presentaron en la estación Mediacanoa, donde a la vez se encontró la más alta demanda béntica y una alta densidad de tubifex y

##### 4.1 Comparación con Estudios Similares

Los rangos de SOD obtenidos en este estudio son similares a los hallados en numerosas corrientes. En 1984 Ward realizó mediciones en 9 estaciones del canal Houston; los resultados reportaron valores en el rango de 0.7 a 4.2 g/m<sup>2</sup>.día. En 1995 la USGS (Caldwell, 1995) realizó estudios en 15 estaciones del río Willamette encontrando valores entre 1.5 y 4.1 g/ m<sup>2</sup>.día. En 1997 la USGS (Rounds, 1997) reportó estudios realizados durante 4 años en 20 estaciones en la cuenca del río Tualatin en los cuales se determinaron valores de SOD entre 0.5 y 3.6 g/m<sup>2</sup>.día y en los tributarios en el rango de 0.3 a 12.7 g/m<sup>2</sup> día. En febrero de 1997, Rathbun publicó un estudio llevado a cabo en 9 estaciones del río Rouge, los resultados se encuentran en el rango de 0.97 a 5.41 g/m<sup>2</sup> día. En el año 2002, Miller reportó estudios realizados en el 2001 en 3 estaciones del río Piscataquis, con valores de SOD que oscilan entre 1.07 y 2.58 g/m<sup>2</sup> día.

##### 4.2. Variación Espacial del SOD y su Relación con el OD

El comportamiento del OD es muy similar en todos los monitoreos realizados por la CVC entre 1997 y 2001. Al graficar los datos de OD de julio de 2002, época de verano, contra la demanda béntica de cada estación (Figura 2), se observa un comportamiento opuesto entre éstos.

[FIGURA 2 OMITIR]

Esta relación ratifica lo reportado por numerosos autores con relación al rol que juegan los sedimentos de fondo en el balance de oxígeno de una corriente. En el estudio realizado por la USGS (Caldwell, 1995) se estimó que entre el 15 y el 30 % del consumo de oxígeno es causado por la demanda béntica en los períodos de bajo caudal. Hu (2001) y Chau (2002) reportan que el SOD en ciertos cuerpos de agua representa más del 50 % de la demanda total de oxígeno cuando se realiza un balance de oxígeno.

##### 4.3. Comparación con los valores de SOD utilizados en un modelo de Calidad del río Cauca.

En el año 2001, en el marco del Proyecto PMC, la Universidad del Valle realizó la modelación de la calidad

del agua del río Cauca en el tramo Salvajina--La Virginia, mediante el nivel 1 del modelo MIKE 11. Como punto de partida también se calibró el modelo QUAL II. (Universidad del Valle, 2001). En la Figura 3 se comparan los valores de demanda béntica utilizados para calibrar los modelos con los valores mínimo, medio y máximo de SOD encontrados experimentalmente en el presente estudio. En términos generales, los valores de SOD utilizados en la calibración del Modelo MIKE 11 son similares a los máximos experimentales y los utilizados para calibrar el QUAL II están del orden de los valores promedios experimentales.

[FIGURA 3 OMITIR]

## 5. CONCLUSIONES

En el presente estudio se determinaron las Constantes Bénticas a nivel de laboratorio en el río Cauca con valores que varían desde 0.5 g/m<sup>2</sup>día en la zona de menor afectación hasta 15.5 g/m<sup>2</sup>día en la zona crítica del río (Mediacanoa). Estos valores determinados experimentalmente son similares a los valores empíricos utilizados para la calibración de modelos en el mismo río y están en el mismo orden de magnitud de los encontrados por varios investigadores en corrientes con similares grados de contaminación y deterioro.

Los resultados del estudio fortalecen la aplicación de los modelos de oxígeno disuelto utilizados para predecir la calidad del río Cauca dado que no se encuentran reportes anteriores de estudios experimentales de la demanda de oxígeno producida por sedimento béntico. La modelación matemática en el agua del río Cauca se constituye entonces en una herramienta de mayor precisión para ser utilizada con fines de seguimiento y control por las entidades ambientales, a la vez que la metodología analítica desarrollada puede ser aplicada a otras corrientes, contribuyendo al conocimiento del estado de los recursos hídricos del país, con lo cual se favorece el desarrollo de futuros estudios de modelación de calidad de agua.

\* Recibido: Enero 2004

\* Aceptado Febrero 2004

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bowie G. L. et al, (1985). Rates, Constants and Kinetics Formulations in Surface water Quality Modelling (2 ed). Environmental Protection Agency, EPA/600/3-85/040.

Caldwell J. M., Doyle M. C. (1995). Sediment oxygen demand in the lower Willamette river, Oregon 1994. U.S. Geological Survey Water Resources Investigations Report 95-4196. Portland, Oregon.

Chapra S. C. (1997), Surface Water--Quality Modelling. MacGraw-Hill. Singapore

Chau K. W. (2002). Field measurements of SOD and sediment nutrient fluxes an a land-locked embayment in Hong Kong. *Advances in Environmental Research*, 6 (2002), 135-142. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC (2001), La Huella Ecológica en el Valle del Cauca, Santiago de Cali.

Hu W. F., Lo W., Chua H., Sin S. N., Yu P. H. F. (2001). Nutrient release and sediment oxigen demand in a eutrophic land-locked embayment in Hong Kong. *Environment International* 26 (2001), 369-375.

James I. D. (2002). Modelling pollution dispersion, the ecosystem and water quality in coastal waters: a review. *Environmental modelling & software*, 17 (2002), 363-385.

Lee G. F., Jones R. A., (1999). Oxygen demand of US Waterway sediments. G. Fred Lee & Associates, El Macero, CA.

Miller D., (2001). Piscataquis river data report. Land & Water Bureau, División of Environmental

Assessment. Department of Environmental Protection. State of Maine.

Mills W. B., et al, (1986). Stream Sampling for Waste Load Allocation Applications, Handbook. EPA/625 /6.86/013. U. S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, DC.

Nolan P. M., Jonson A. F., (1979). A method for measuring sediment oxygen demand using a bench model benthic respirometer. Environmental Protection Agency, U.S EPA Region I Library. Boston.

Rathbun J. E., Aryan S. G., Mercer G. W. (1997). Technical Memorandum 1996 Sediment Oxygen Demand Studies RPO-MOD-TM16.00. Rouge River Wet Weather Demonstration Project. Wayne County, Michigan.

Rounds S. A., Doyle M. C. (1997). Sediment oxygen demand in the Tualatin river basin, Oregon 1992 - 96. Geological Survey Water Resources Investigations Report 97-4103. Portland, Oregon.

Salazar A. Á., (1987) Contaminación de Recursos Hídricos Modelos y Control. Asociación de Ingenieros Sanitarios de Antioquia AINSA, Medellín.

U.S. EPA. (2001). Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses, Technical Manual. EPA 823-B-01-002. U. S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.

Universidad del Valle--CVC (2001). Modelación Matemática del río Cauca tramo Salvajina--La Virginia Proyecto PMC, Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente, Santiago de Cali.

Ward G. H., (1984). The measurement of benthic oxygen demand in the Houston Ship Channel. Journal WPCF, vol 56, N 2. 183-191.

Wood T. M. (2001). Sediment oxygen demand in Upper Klamath and Agency Lakes, Oregon 1999. U.S. Geological Survey Water Resources Investigations Report 01 -4080. Portland, Oregon.

Luisa Marina Baena A., M.Sc.

Ingeniera Química

Corporación Autónoma Regional del Valle del

Cauca-CVC-Colombia.

Juan Pablo Silva, M.Sc.

Profesor Asistente

Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y

del Ambiente. EIDENAR

Universidad del Valle-Colombia.

Carlos Ramírez Callejas, M.Sc.

Profesor Titular

Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y

del Ambiente. EIDENAR

Universidad del Valle-Colombia.

## AUTORES

Luisa Marina Baena Alvarez M.Sc. Ingeniero Químico, vinculada con la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC, estudios la Universidad del Valle, Cali, Colombia, Especialista en Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Universidad del Valle, Cali, Colombia Maestría en Ingeniería, Master en Ingeniería de puertos y Costas, CEDEX, Ministerio de Fomento, Ministerio del Medio Ambiente, Madrid, España, 2000. luisa-marina.baena@cvc.gov.co

Carlos Ramírez Callejas, M.Sc. Carlos Alberto Ramirez C. M.Sc. Profesor Titular, Director Área de Hidráulica Fluvial y Marítima de la Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente EIDENAR Universidad del Valle. caramir@univalle.edu.co

Juan Pablo Silva V. M.Sc. Ingeniero Químico, Profesor Asistente Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente EIDENAR, Maestría en Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Coordinador Postgrado en ingeniería Sanitaria y Ambiental Universidad del Valle. pablosil@mafalda.univalle.edu.co

Tabla 1. Estaciones de Muestreo de Sedimento Béntico

Estación	Distancia [Km]
Paso de La Batsa	27.4
Puente Hormiguero	113.5
Paso de La Torre	170.8
Meodiacanoa	230.9
Guayabal	
Anaoaro	416.5

tabla 2. SOD (g/m<sup>2</sup> día) de laboratorio medida en sedimentos del río Cauca

Estación	La Balsa	Hormiguero	Paso de La	Paso de La
			Torre-- Margen Derecha	Torre-- Margen Izquierda
No Datos	18	15	29	14
Media	2.750	1.402	5.115	2.330
Mínimo	1.081	1.001	1.896	1.699
Máximo	4.604	1.82	8.466	2.846
Desv.E standar	0.981	6.243	1.749	0.279
Mediana	2.916	1.391	5.336	2.369
CV (%)	36	17	34	12
Error (%)	4	2	2	1
Confiabilidad	99	99	99	99

  

Estación	Medlacanoa	Guayabal--	Guayabal--	Anacaro
		Margen Derecha	Margen Izquierda	
No Datos	20	21	25	24
Media	7.274	1.937	2.223	1.686
Mínimo	4.130	1.1 41	0.556	6.801
Máximo	15.481	2.714	3.562	2.483
Desv.E standar	3.368	6.411	0.742	0.505
Mediana	6.144	1.889	2.379	1.750



CV (%)	46	21	33	30
Error (%)	4	2	2	2
Confiabilidad	99	99	99	99

**Número de Documento:**A227461648

---