

Caracterización de las variables fisicoquímicas de la calidad del agua en el embalse de Betania

Silvia Cristina Carrera¹-Oscar Eduardo Daza²

¹Dinamizadora SENNOVA del Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila,

²Técnico Investigador del Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila

Resumen

La piscicultura en jaulas se ha convertido en una actividad económicamente viable y socialmente importante durante los últimos 15 años en el embalse de Betania. El objetivo del presente estudio fue caracterizar las condiciones fisicoquímicas de calidad de agua en diez puntos del embalse entre los años 2013-2015. Para la obtención de las muestras de agua se utilizó una botella Van Door, posteriormente se efectuó la determinación de los parámetros fisicoquímicos in situ tomando las muestras a una profundidad de 20 cm, utilizando un equipo Multiparamétrico YSI 556 que tomara las lecturas de oxígeno disuelto mg/L y % de saturación de oxígeno disuelto, Temperatura °C, pH, conductividad μ /cm. La muestra de Amonio mg/L, Nitrito, Alcalinidad y Dureza se tomaron con equipo fotómetro YSI 9500, La medida de la transparencia del agua, se tomó con el disco Secchi. Todos estos análisis se basaron siguiendo los procedimientos de APHA 1998. Los análisis inferenciales de dos factores, mediante el modelo lineal general, ANOVA de medidas repetidas y la prueba de Kruskal-Wallis como alternativa no paramétrica, $p \leq 0,05$. Los valores promedios y sus respectivas desviaciones estándar, de las variables fisicoquímicas encontrados fueron los siguientes: La Temperatura (°C) $26,2 \pm 0,5$, el Oxígeno Disuelto (mg/L) $5,9 \pm 0,5$, Porcentaje de Oxígeno Disuelto $72,7 \pm 6,6$, pH $8,0 \pm 0,2$, Amonio (mg/L) $0,090 \pm 0,021$, Nitrito (mg/L) $0,035 \pm 0,006$, Alcalinidad (mg/L) $41,5 \pm 3,6$, Dureza (mg/L) $48,7 \pm 3,2$, Conductividad (μ s/cm) $167,4 \pm 21,2$ y la Transparencia (cm) $88,3 \pm 6,5$.

Palabras Clave: Calidad de agua, embalse de Betania, variables fisicoquímicas.

Abstract

Fish cage culture became economically viable and socially important during the last 15 years in the economy activity Reservoir Betania and has become the second most important economic source, after the electrical power generation. The objective of the present study was to characterize some physicochemical variables of water quality in ten points of the Betania reservoir (Huila- Colombia) between the years 2013-2015. In order to obtain the water samples, a Van Door Bottle was used, and the on-site physicochemical parameters were determined by taking the samples at a depth of 20 cm using a YSI 556 Multiparametric equipment to take the dissolved oxygen readings (mg/L) and the percentage dissolved oxygen saturation, Temperature (°C), pH and its conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$). The sample of Ammonium (mg/L), Nitrite, Alkalinity and its Hardness were taken with the equipment photometer YSI 9500. The measure of the Transparency of the water was taken with the Secchi disk. All of these analyzes were based on APHA 1998 procedures. Inferential analyzes of two factors, using the general linear model, repeated measures ANOVA and the Kruskal-Wallis test as a non-parametric alternative, $p \leq 0.05$. The average values and their respective standard deviations of the physicochemical variables were: Temperature (°C) 26.2 ± 0.5 , Dissolved Oxygen (mg/L) 5.9 ± 0.5 , Percentage of Dissolved Oxygen 72.7 ± 6.6 , pH (Units) 8.0 ± 0.2 , Ammonium (mg/L) 0.090 ± 0.021 , Nitrite (mg/L) 0.035 ± 0.006 , Alkalinity (mg/L) 5 ± 3.6 , Hardness (mg/L) 48.7 ± 3.2 , Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 167.4 ± 21.2 and Transparency (cm) 88.3 ± 6.5 .

Keywords: Betania reservoir, physicochemical variables, water quality.

Introducción

La calidad del agua está relacionada con las características físicas, químicas y biológicas (incluidas las bacteriológicas) y estas determinan el estado de salud de cualquier ecosistema acuático (Venkatesharaju et al., 2010). El seguimiento de estos parámetros es fundamental para identificar la magnitud y el origen de cualquier contaminación. Estas características pueden identificar ciertas condiciones para la ecología de los organismos vivos y sugiere estrategias apropiadas de conservación y manejo (Thirupathaiah et al., 2012).

El cultivo en jaulas se ha convertido en una actividad económicamente viable y socialmente importante durante los últimos 15 años en la economía del embalse de Betania y se ha convertido en la segunda actividad económica en importancia después de la generación de energía eléctrica (Hidrosfera LTDA, 2003). Sin embargo, esta actividad ha crecido a un ritmo muy elevado, lo que ha provocado una eutrofización acelerada en determinadas zonas de la presa, y lo más preocupante es que las autoridades medioambientales encargadas de la orientación carecen de las herramientas de control. Estos altos niveles de alimentos sin medir dan como resultado una acumulación de desechos que se arrojan al medio ambiente hasta el punto en que la tasa de purificación natural del cuerpo de agua se vuelve insuficiente para mantener el equilibrio y así iniciar el proceso de eutrofización. Así, el fenómeno de la eutrofización es un gran enemigo de los embalses por los problemas que ocasionan en la generación hidroeléctrica y el acortamiento de la vida útil del embalse (Roldán-Pérez, 2003).

Este fenómeno puede conducir a una disminución de la producción en términos de biomasa, una disminución de la biodiversidad, con fuertes fluctuaciones de oxígeno disuelto, dióxido de carbono y pH en el ciclo día-noche, generando una alta demanda bioquímica de oxígeno y aparición de masas de densa vegetación acuática y de algas, entre otras características, que se pueden traducir fácilmente como condiciones no aptas para la producción pesquera (Roldán & Ramírez, 2008).

Por otro lado, está la expansión de la energía, donde el estado colabora para la construcción de grandes proyectos hidroeléctricos en convenio con entidades nacionales e internacionales de carácter privado y estatal, donde surgen tensiones entre poblaciones locales y capitales externos, descomponiendo los procesos productivos y cadenas culturales construidas social e históricamente (Salcedo & Cely, 2015).

En el embalse de alta montaña Agua Fría de Venezuela a unos 1720 msnm se determinaron las principales características fisicoquímicas del agua mediante muestreos mensuales (enero-diciembre de 2001) en tres localidades. Se registró una estratificación térmica estable durante todo el período de estudio, lo que permitió la clasificación del reservorio como criterio de meridiano monomítico (Lewis, 1983) para lagos tropicales, hubo condiciones anóxicas en el hipolimnion del embalse, que persistieron de mayo a octubre.

El reservorio tenía una salinidad baja, reflejada en sus bajos valores de conductividad ($<500 \mu\text{S} / \text{cm}$). Las aguas tenían un carácter ligeramente alcalino ($\text{pH} > 7,0$). Se detectaron bajas concentraciones de nutrientes, especialmente fósforo, por lo que el reservorio podría ser clasificado como ultraoligotrófico, según los criterios de Salas y Martino (Salas & Martino 1991) para lagos tropicales.

Los primeros estudios de las características fisicoquímicas (variaciones de oxígeno disuelto, temperatura, pH y CO_2) del Embalse de Betania (Duque & Donato, 1988) mostraron que la productividad se concentra en aguas intermedias y aproximadamente a 1 m de profundidad. El estrato intermedio corresponde al nivel de entrada de los ríos Yaguará y Magdalena, lo que produce una alta demanda bioquímica de oxígeno, observada en el aumento de CO_2 . Esta investigación tiene como objetivo caracterizar las variables fisicoquímicas del embalse de agua Betania.

Materiales y métodos

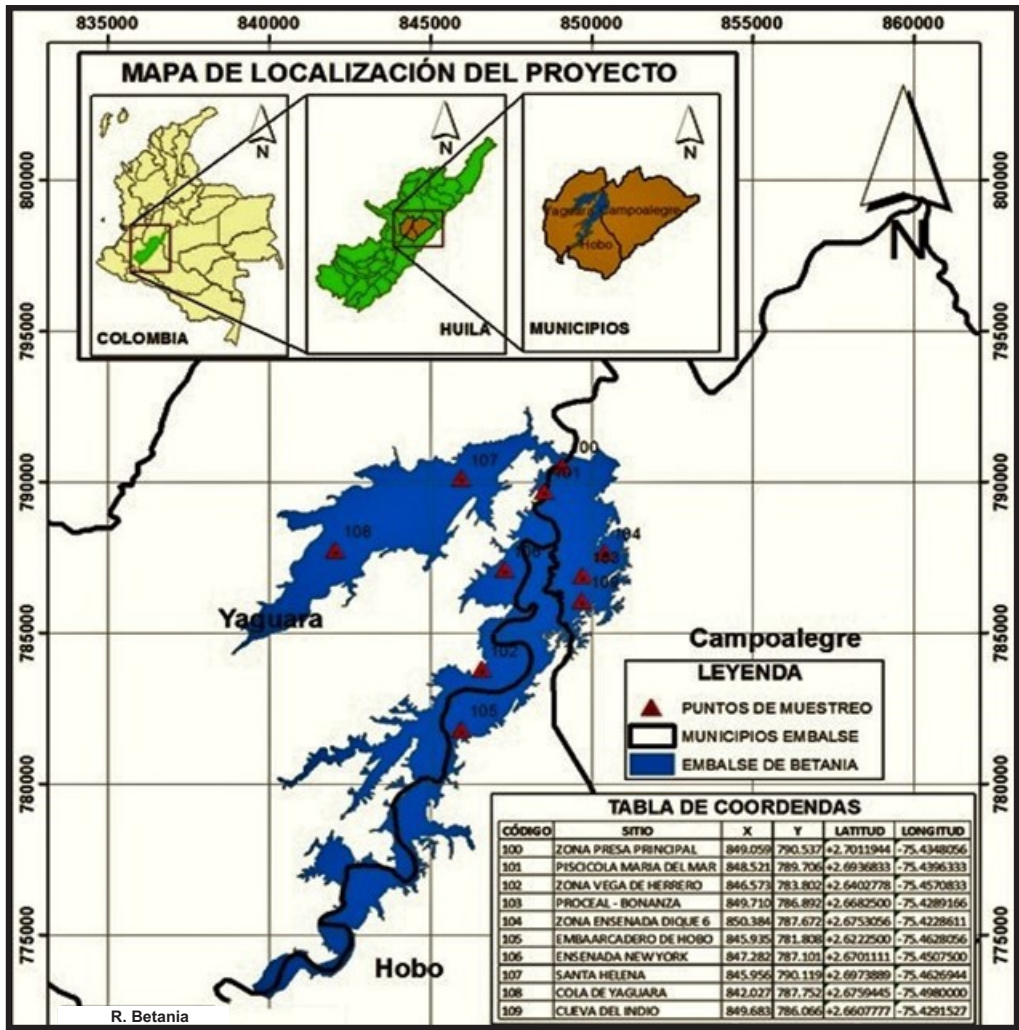
Ubicación y área de muestreo: El embalse de Betania se ubica al suroeste del Departamento del Huila, a 35 Km de la ciudad de Neiva, con una extensión aproximada de 7.400 Ha. Tiene una altura de 557 m.s.n.m, temperatura promedio de 28°C y se ubica entre los municipios de Yaguará, Campoalegre y Hobo. Para el desarrollo de la presente investigación se seleccionaron diez (10) puntos de muestreo, distribuidos de la siguiente manera: un (1) punto en la cola de la presa, seis (6) puntos en el sub embalse Magdalena dos (2) puntos en el sub-Yaguará -presa y un (1) último punto en la Presa Principal. De los diez (10) puntos muestreados, seis (6) pertenecen a parajes históricos de Betania S.A. ESP utilizados previamente en su propio plan de monitoreo; Los cuatro (4) restantes fueron incluidos debido a la influencia de los proyectos de piscicultura que están presentes en estas áreas (Figura 1).

Análisis de laboratorio in situ: Para la obtención de las muestras de agua se utilizó un botella Van Door, y se determinaron los parámetros fisicoquímicos a la vista tomando las muestras a una profundidad de 20 cm utilizando un equipo Multiparamétrico YSI 556 para tomar las lecturas de oxígeno disuelto mg / L y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, la temperatura ($^\circ\text{C}$), el pH y su conductividad ($\mu\text{S} / \text{cm}^3$). La muestra de Amonio (mg / L), Nitrito (mg / L), la Alcalinidad (mg / L) y la Dureza (mg / L) se tomaron con el equipo fotómetro YSI 9500, la medida de la Transparencia (cm) del agua, se tomó con el disco Sechi. Todos estos análisis se basaron en los procedimientos de APHA de 1998.

Análisis de los datos: Los resultados descriptivos e inferenciales de cada una de las variables en estudio se muestran mediante tablas y figuras. Presentado en resultados univariados de la media, el error estándar y el intervalo de confianza del 95% con estimaciones de límite inferior y superior. Los análisis inferenciales de dos factores se realizaron utilizando contrastes multivariados donde se realizaron comparaciones pareadas

utilizando el modelo lineal general, ANOVA de medidas repetidas y un ajuste para las comparaciones de las medias marginales estimadas mediante el método de Bonferroni. O la prueba de Kruskal-Wallis como alternativa no paramétrica al análisis de la varianza de (k) muestras independientes cuando no se cumplen algunos de los supuestos básicos de ese análisis. La diferencia entre los valores medios se consideró significativa al nivel $p \leq 0.05$.

Figura 1
Ubicación y área de los puntos de muestreo en el embalse de Betania



Resultados

Los valores promedio de las variables fisicoquímicas embalse de Betania (Huila), desviación estándar 2013-2015, intervalo de confianza 95% con sus respectivos límites inferior y superior (Tabla 1) son los siguientes.

Tabla 1

Valores promedio de las variables fisicoquímicas del embalse de Betania (Huila).

Variables	Promedio	Desviación estándar (SD)	95% intervalo de confianza	
			Límite inferior	Límite superior
Temperatura (°C)	26,2	0,5	25,1	27,2
Oxígeno disuelto (mg /L)	5,9	0,5	4,7	7,1
Porcentaje de oxígeno disuelto	72,7	6,6	58,3	87,1
pH	8,0	0,2	7,7	8,3
Amonio (mg /L)	0,090	0,021	0,045	0,135
Nitritos (mg /L)	0,035	0,006	0,022	0,049
Alcalinidad (mg /L)	41,5	3,6	33,5	49,5
Dureza (mg /L)	48,7	3,2	41,6	55,9
Conductividad ($\mu\text{s} / \text{cm}^3$)	167,4	21,2	120,3	214,6
Transparencia (cm)	88,3	6,5	74,2	102,5

A continuación, presentamos los resultados descriptivos de las estimaciones de la media, error estándar, intervalo de confianza del 95% con sus respectivos límites superior e inferior, contrastes univariados y multivariados de las variables como: Temperatura en °C, Oxígeno disuelto en mg / L, Porcentaje de oxígeno disuelto en%, pH en unidades, Amonio en mg / L, Nitrito en mg / L, Alcalinidad en mg / L, Dureza en mg / L, Transparencia en cm y Conductividad del agua en ($\mu\text{s} / \text{cm}^3$), univariante y multivariante (Tablas 2).

Temperatura (°C)

De los 10 puntos de muestreo que se tomaron para medir la Temperatura en el embalse de Betania entre 2013 y 2016, el Hobo Embarcadero fue la temperatura más baja con 23,4° C, seguido de Vega del Herrero con 25° C, La Cueva del Indio con 25,9° C. C. Los puntos donde se encontró la temperatura más alta fue en Cola de Yaguará con 27.4° C, Santa Helena con 27.3° C y Presa Principal con 26.9° C. (Tabla 2).

Hubo diferencias significativas en Temperatura (° C) entre Hobo Embarcadero VS Vega el Herrero, Cueva del Indio, Proceal-Bonanza, Dique Ensenada 6, Maria del Mar Fishery, Ensenada New York, St. Helena, Presa Principal y Cola Yaguará con niveles de significancia de $p = 0.0310$; 0.0060 ; 0.0130 , 0.0020 , 0.0000 , 0.0090 , 0.0030 , 0.0030 y 0.0000 respectivamente. Como también entre Vega del Herrero VS Pesca Ma. Del Mar, Santa Helena y Cola Yaguará con unos $p = 0.0060$; 0.0660 y 0.0240 respectivamente.

OD de oxígeno disuelto (mg)

Según el estudio de OD oxígeno disuelto en el embalse de Betania, entre 2013 y 2016, en 10 puntos de muestreo, Cola de Yaguará fue donde se encontró la mayor cantidad de oxígeno disuelto con 7,4 mg, seguida de Santa Helena con 6,7 mg y Hobo Pier con 6,2. mg. Por otro lado, los puntos donde se encontró la menor DO fue en Cueva del Indio con 5.1 mg, Ensenada New York con 5.3 y Maria del Mar con 5.5 mg (Figura 2).

Se encontraron diferencias significativas en la variable oxígeno disuelto (mg / L) entre el punto de muestreo Santa Helena VS Cueva del Indio; Proceal-Bonanza; Ensenada Dique 6 y María del Mar, con valor $p = 0.030$; 0.016 ; 0.018 y 0.053 respectivamente (Tabla 2).

Porcentaje de oxígeno disuelto (%)

Según el estudio del porcentaje de oxígeno disuelto DO en el embalse de Betania, entre los años 2013 y 2016, en 10 puntos de muestreo, Cola de Yaguará fue donde se encontró más oxígeno disuelto con 92.82%, seguido de Santa Helena con 84.55% y Presa Principal con 73,82%. Por otro lado, los puntos donde se encontró el menor porcentaje de DO fue en Cueva del Indio con 63.07%, Ensenada Nueva York con 65.2% y María del Mar con 68.4% (Tabla 2).

pH (unidades)

De los 10 puntos de muestreo que se tomaron para medir el pH del agua en el embalse de Betania entre los años 2013 y 2015, en la Cola de Yaguará hubo un valor medio de 8,3, Santa Helena con 8,2, María del Mar con 8,1, Ensenada Dique 6 y Vega del Herrero con 8.0, y los valores más bajos encontrados fueron Embarcadero el Hobo y la Cueva del Indio con 7.8 unidades de pH (Tabla 2).

María del Mar con 8.1, Ensenada Dique 6 y Vega del Herrero con 8.0, y los valores más bajos encontrados fueron el Hobo Embarcadero y la Cueva del Indio con 7.8 unidades de pH (Cuadro 2). Se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de oxígeno disuelto (mg / L) entre el punto de muestreo Santa Helena VS Cueva del Indio; Proceal- Bonanza; Ensenada Dique 6 y Pesquería María del Mar, con valor $p = 0.014$; 0.027 ; 0.007 y 0.020 respectivamente.

Amonio (mg / L)

El amonio (mg / L) del agua que se encuentra en Ensenada Dique 6 tuvo una de las concentraciones más altas con 0.136 mg / L, seguido de Proceal Bonanza con 0.134 mg / L y New York Cove con 0.115 mg / L. Por otro lado, las concentraciones más bajas de Amonio se encontraron en Cola de Yaguará con 0.044 mg / L, Santa Elena con 0.05 mg / L y Presa Principal con 0.073 mg / L (Figura 3). El amonio no presentó diferencias significativas entre las comparaciones pareadas en los diferentes puntos de muestreo.

Tabla 2

Valores discriminados por variables fisicoquímicas Embalse de Betania (Huila).

	Estaciones de muestreo	Embarcadero del Hobo	Vega el Herrero	Cueva del Indio	Proceal-Bonanza	Ensenada Dique	Piscícola María del Mar	Ensenada Nueva York	Santa Helena	Presa Principal	Cola Yaguará
Oxígeno disuelto (mg/L)	Promedio (SD)	6,22 ± 0,6	5,7 ± 0,5	5,1 ± 0,6	5,18 ± 0,5	5,5 ± 0,5	5,5 ± 0,6	5,3 ± 0,6	6,7 ± 0,6	5,9 ± 0,5	7,4 ± 0,5
	95% intervalo de confianza: límite inferior y superior	4,9-7,5	4,6- 6,8	3,9-6,3	4,6-6,9	4,4-6,6	4,3- 6,7	4,0 -6,6	5,4 - 7,9	4,8 - 7,0	6,3 - 8,4
Saturación de oxígeno (%)	Promedio (SD)	71,5 ± 6,6	69,1 ± 6,0	63,1 ± 6,8	71,3 ± 6,4	67,4 ± 6,4	68,4 ± 6,9	65,2 ± 7,5	84,6 ± 7,3	73,8 ± 6,2	92,8 ± 6,2
	95% intervalo de confianza: límite inferior y superior	57,1-85,9	56,1-82,2	48,2- 78,0	57,3-85,4	53,4-81,4	53,3-83,5	49,1-81,2	68,5-100,6	60,3-87,4	79,5-106,2
Temperatura (°C)	Promedio (SD)	23,4 ± 0,7	25,0 ± 0,6	25,9 ± 0,5	26,3 ± 0,5	26,3 ± 0,4	26,8 ± 0,5	26,4 ± 0,6	27,3 ± 0,3	26,9 ± 0,3	27,4 ± 0,5
	95% intervalo de confianza: límite inferior y superior	21,8-25,0	23,7-26,4	24,8-27,0	25,2-27,4	25,5-27,2	25,9-27,9	25,1-27,7	26,6-28,0	26,2-27,6	26,4-28,4
pH	Promedio (SD)	7,8 ± 0,1	8,0 ± 0,2	7,8 ± 0,1	7,9 ± 0,1	8,0 ± 0,2	8,1 ± 0,2	8,0 ± 0,2	8,2 ± 0,2	8,0 ± 0,1	8,3 ± 0,2
	95% intervalo de confianza: límite inferior y superior	7,6-8,0	7,6-8,3	7,6-8,1	7,6-8,2	7,6-8,3	7,8-8,5	7,6-8,3	7,6-8,7	7,7-8,3	7,9 ± 8,8
Transparencia (cm)	Promedio (SD)	35-5,1 ± 5,1	59,23 ± 7,0	91,54 ± 5,2	89,23 ± 5,1	96,92 ± 5,0	106,92 ± 6,4	90,77 ± 6,3	113,85 ± 9,9	112,31 ± 6,2	87,69 ± 8,6
	95% intervalo de confianza: límite inferior y superior	23,83-46,2	43,93-74,5	80,28 -102,8	78,07-100,4	86,06-107,8	92,88-121,0	77,15-104,4	92,26- 135,4	98,76- 125,9	69,04- 106,3
Amonio (mg/L)	Promedio (SD)	0,102 ± 0,020	0,082 ± 0,016	0,076 ± 0,017	0,134 ± 0,031	0,136 ± 0,029	0,089 ± 0,021	0,115 ± 0,032	0,050 ± 0,013	0,073 ± 0,015	0,044 ± 0,011
	95% intervalo de confianza: límite inferior y superior	0,058-0,145	0,046- 0,117	0,04 -0,112	0,066- 0,202	0,072 - 0,200	0,043 - 0,136	0,045 - 0,184	0,022 -0,078	0,04- 0,106	0,02 -0,068
Nitritos (mg/L)	Promedio (SD)	0,079 ± 0,015	0,044 ± 0,006	0,037 ± 0,006	0,031 ± 0,006	0,03 ± 0,004	0,023 ± 0,003	0,037 ± 0,004	0,02 ± 0,006	0,028 ± 0,008	0,025 ± 0,005
	95% intervalo de confianza: límite inferior y superior	0,046-0,112	0,031-0,057	0,025-0,049	0,022-0,039	0,019-0,042	0,015-0,030	0,027-0,046	0,007-0,033	0,011-0,046	0,015-0,036
Alcalinidad (mg/L)	Promedio (SD)	62,7 ± 5,9	53,6 ± 4,2	33,6 ± 3,5	33,6 ± 3,5	37,7 ± 3,1	39,1 ± 3,4	38,2 ± 3,3	38,6 ± 4,3	36,8 ± 1,8	40,9 ± 4,6
	95% intervalo de confianza: límite inferior y superior	49,686-75,8	44,244-63,0	25,818-41,5	29,107-38,2	30,784-44,7	31,607 46,6	30,781-45,6	29,007-48,3	32,767-40,9	30,741-51,1
Dureza (mg/L)	Promedio (SD)	65,5 ± 4,9	50 ± 4,0	45- 1,9	48,2 ± 1,9	44,5 ± 3,3	46,8 ± 2,5	45,5 ± 2,6	48,2 ± 4,2	42,7 ± 3,7	50,9 ± 3,0
	95% IC intervalo de confianza: límite inferior y superior	54,575-76,3	40,987-59	40,751-49,2	43,861-52,5	37,117-52,0	41,143-52,5	39,743-51,2	38,888-57,5	34,587-50,9	44,222-57,6
Conductividad (µs/cm)	Promedio (SD)	120,5 ± 11,4	145,6 ± 17,2	128,7 ± 10,3	133,9 ± 11,9	152,9 ± 14,7	159,7 ± 21,1	164,6 ± 20,0	227 ± 48,3	184 ± 25,6	257,2 ± 31,2
	95% IC intervalo de confianza: límite inferior y superior	95,19-145,9	107,38-183,9	105,87-151,6	107,34-160,5	120,08-185,7	112,81-206,6	120,18-209,1	119,35-334,7	126,92-241,1	187,7-326,7

Figura 2
Valores promedio de oxígeno disuelto del Embalse de Betania en 10 puntos de muestreo.

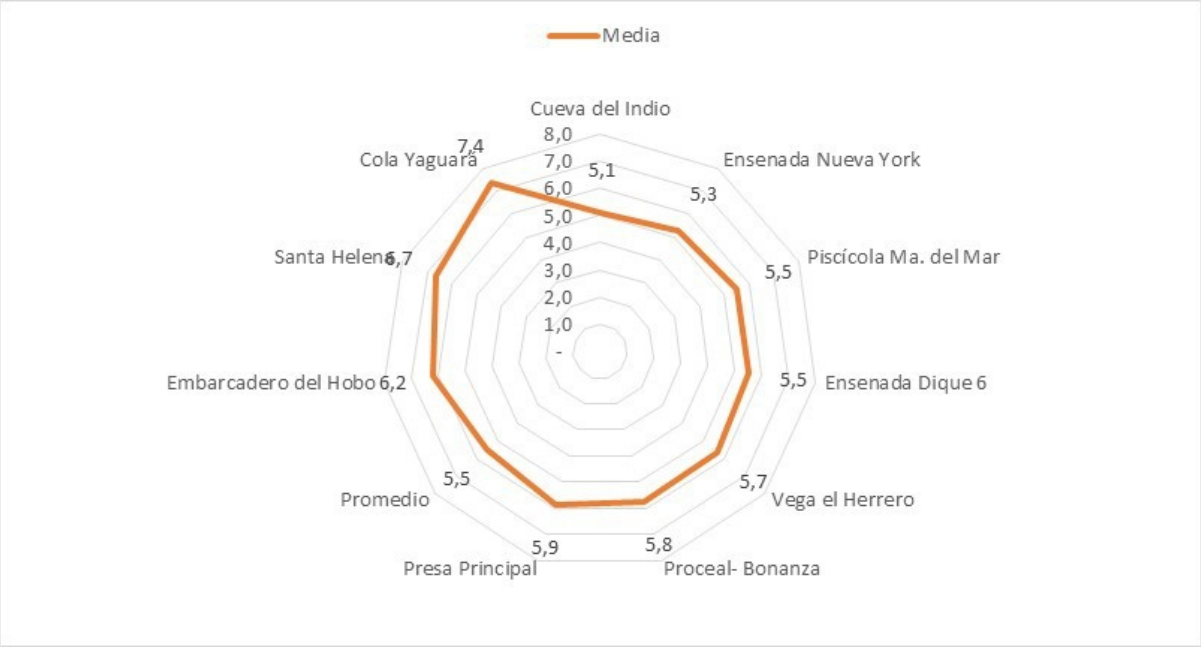


Figura 3
Valores promedio de amonio (barras azules) y nitrito (barras rojas)

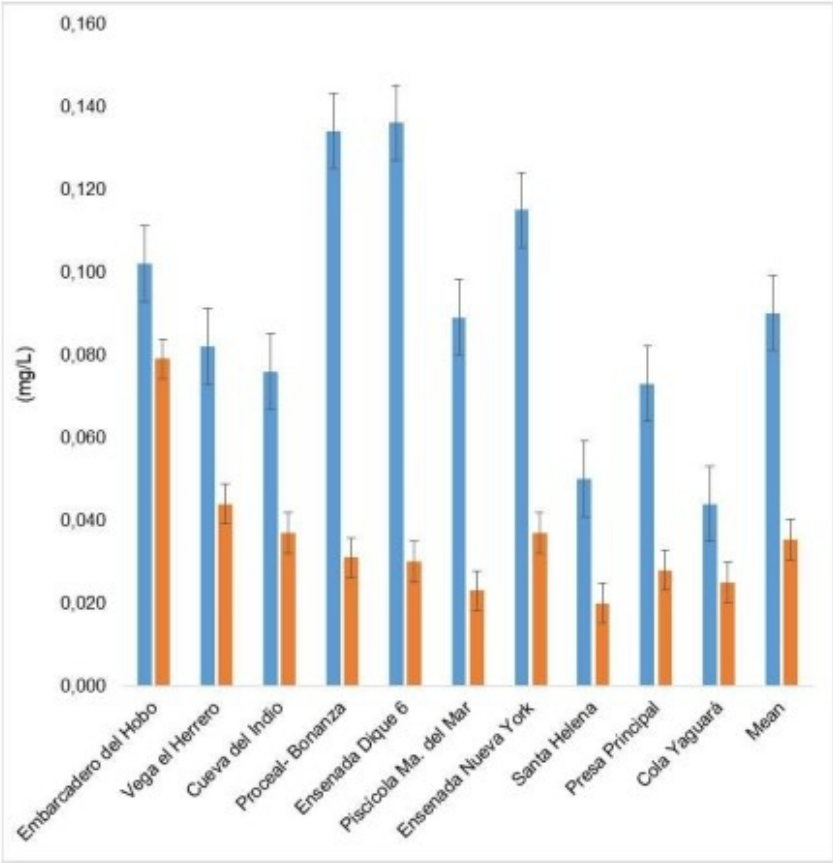
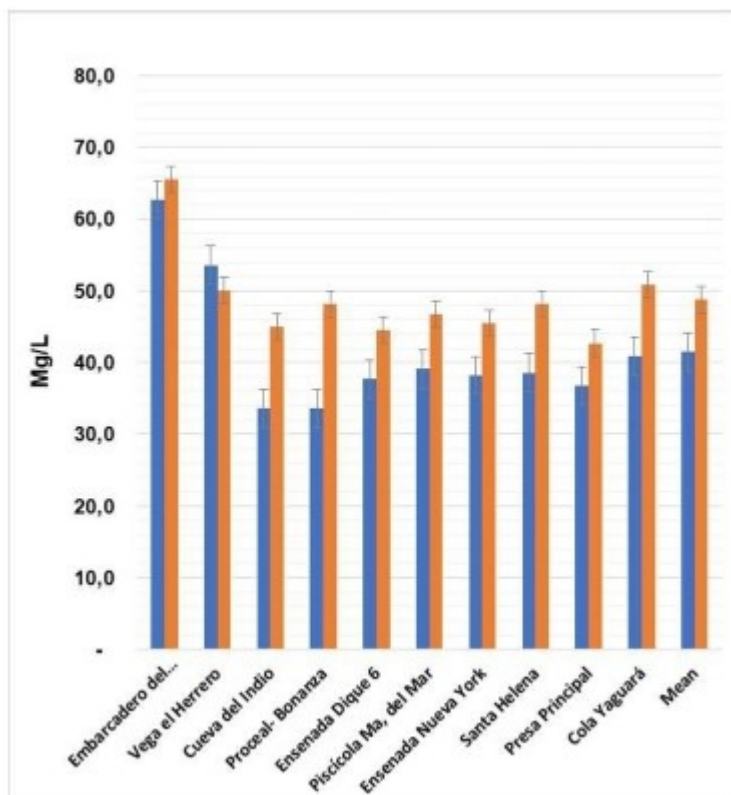


Figura 4

Valores medios de alcalinidad (barras rojas) y dureza (barras azules) del agua del embalse de Betania en 10 puntos de muestreo.



Nitrito (mg / L)

Con respecto al Nitrito del agua, se encontró que este elemento tuvo concentraciones bajas en todos los puntos de muestreo, sin embargo, donde la concentración fue más relevante fue en Embarcadero del Hobo con 0.079 mg / L. El Nitrito mostró diferencias significativas entre Vega el Herrero vs Santa Helena con un valor de $p = 0.001$.

Dureza (mg)

En cuanto a la dureza, el Embarcadero de Hobo presentó la mayor dureza 65,5 mg, seguido de Cola de Yaguará con 50,9 mg. Los puntos donde el agua presentó menor dureza fue Presa Principal con 42.7 mg y Ensenada Dike 6 con 44.5 mg (Tabla 2). La dureza no mostró diferencias significativas entre las comparaciones pareadas en los diferentes puntos de muestreo.

Alcalinidad (mg / L)

Según el estudio de Alcalinidad del agua que se realizó en 10 puntos de muestreo del embalse de Betania durante los años 2013 y 2015, se encontró que este elemento presenta concentraciones bajas en Cueva del Indio y Proceal Bonanza con 33,6 mg respectivamente. Los puntos donde mayor concentración se encontró

significativas en la medición de Alcalinidad del agua (mg/L), entre el Embarcadero del Hobo vs Cueva del Indio, Proceal-Bonanza y Presa principal con valores de $p = 0.049$; 0.046 y 0.038 respectivamente. Como también entre la Vega del Herrero vs cueva del Indio con una $p = 0.013$.

Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}^3$)

Múltiples comparaciones de la variable Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}^3$) mostraron diferencias significativas entre los puntos de muestreo Cola de Yaguará VS Embarcadero del Hobo, Cueva del Indio y Proceal-Bonanza, con un valor de $p = 0.027$; 0.028 y 0.048 respectivamente (Tabla 2). Se encontró baja conductividad en el Embarcadero del Hobo con $120.5 (\mu\text{s}/\text{cm}^3)$ y en Cueva del Indio con $128.7 (\mu\text{s}/\text{cm}^3)$. Por otro lado, los puntos que presentaron mayor conductividad del agua fueron Cola de Yaguará con $257.2 (\mu\text{s}/\text{cm}^3)$ y Santa Helena con $227 (\mu\text{s}/\text{cm}^3)$.

Transparencia (cm)

Según el estudio de Transparencia del agua realizado en 10 puntos de muestreo del embalse Betania durante los años 2013 y 2015, hubo una baja transparencia de agua en el Embarcadero del Hobo con 35 cm y Vega del Herrero con 59,23 cm. Por otro lado, los puntos donde se encontró la mayor transparencia en el agua fue en Santa Helena con 113.85 cm, Presa Principal con 112.31 cm y Maize Del Mar con 106.92 cm (Tabla 2).

Las comparaciones múltiples de la diferencia de medias de la variable Transparencia del agua (cm), el Hobo Embarcadero fue significativamente diferente de los siguientes puntos de muestreo: Vega el Herrero, Cueva del Indio, Proceal-Bonanza, Ensenada Dique 6, Piscícola Maria del Mar, Ensenada Nueva York, Santa Elena, Presa Principal y Cola Yaguará con valores de $p = 0.008$; 0.000 ; 0.000 ; 0.000 ; 0.000 ; 0.000 ; 0.000 ; 0.000 y 0.021 respectivamente. También entre la Vega del Herrero VS Cueva del Indio, Proceal-Bonanza, Ensenada Dique 6, Piscícola María del Mar, Ensenada Nueva York, Santa Elena y la Presa Principal, con valores $p = 0.004$; 0.024 ; 0.004 ; 0.004 ; 0.020 ; 0.004 y 0.001 respectivamente. Asimismo, se encontraron diferencias significativas entre la Presa Principal y la Cueva del Indio, Proceal-Bonanza y la Ensenada de Nueva York, con valores obtenidos de $p = 0.032$; 0.021 y 0.033 respectivamente.

Discusión

A partir de los estudios de (Margalef, 1988a) (Margalef, 1988b) y Donato (Donato, 1987), se comprueba que el desarrollo de los circuitos alternos para el ciclo del nitrógeno y el fósforo son el mejor indicador para conocer la evolución de un ecosistema acuático, en este caso el embalse de Betania.

Es importante señalar que, si bien los parámetros fisicoquímicos en todo el cuerpo de agua pueden variar (Duque & Donato, 1988), no hubo variaciones en la composición del fitoplancton en las estaciones de

muestreo del embalse de Betania (Silva, Fonseca y Yustres , 2016). En este estudio las características de las variables fisicoquímicas de la calidad del agua encontrada en el embalse de Betania con una altura de 557 msnm, entre los años 2013 y 2015 fueron la Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) 26.2 ± 0.5 , Oxígeno Disuelto (mg / l) 5.9 ± 0.5 , porcentaje de oxígeno disuelto 72.7 ± 6.6 , pH (unidades) 8.0 ± 0.2 , amonio (mg / l) 0.090 ± 0.021 , nitrito (mg / l) 0.035 ± 0.006 , alcalinidad (mg / l) 5 ± 3.6 , Dureza (mg / L) 48.7 ± 3.2 , Conductividad ($\mu\text{s} / \text{cm-1}$) 167.4 ± 21.2 y Transparencia (cm) 88.3 ± 6.5 . Al comparar estos valores, por ejemplo el oxígeno disuelto está solo un punto por debajo con los del embalse de alta montaña Agua Fría de Venezuela a unos 1720 msnm, las concentraciones de oxígeno disuelto durante el período de estudio se mantuvieron bien oxigenadas, con concentraciones superior a 7 mg/L en el epilimnion, las concentraciones de nitrito fueron bajas en las tres estaciones de muestreo durante todo el período de estudio, su valor máximo se registró a 15 m de profundidad ($2.60 \mu\text{g/L}$), cuando predominaban las condiciones de anoxia. Los nitritos fueron superiores a $1.90 \mu\text{g/L}$. En promedio para la columna de agua, los valores de amonio fueron: E1 ($44.32 \mu\text{g/L} \pm 14.08$) > E2 ($32.64 \mu\text{g/L} \pm 18.80$) > E3 ($30.78 \mu\text{g/L} \pm 23.10$) (González et al., 2004) . Con respecto al embalse Peñol de Guatape en Antioquia a 1887.5 msnm, se encontró una temperatura de 21°C , una saturación de oxígeno (%) de 99.8, un pH de 7.6 Unidades, el dióxido de carbono $1.9 \text{ mg} / \text{L}$, alcalinidad de 26.46 meq/L, nitrito 0.012 mg/L, conductividad 52.5 umhos/cm (Aguirre Ramírez et al. 2007).

Además, en el tercer Humedal Alto Juan Amarillo, una variación en la estabilidad térmica de la columna de agua entre 2007 y 2011, el aumento de la precipitación determinó cambios significativos en la química del agua, con una disminución de algunos microelementos se evidenció efecto de dilución y PRS en 2011 y un aumento de Nitratos y Amonio, probablemente debido a la entrada de aguas del canal Salitre (Mora Cabeza, 2011).

Por otro lado, al comparar este estudio el oxígeno disuelto (mg / l) 5.9 ± 0.5 en el agua obtuvo niveles más altos que la variabilidad hidrográfica estacional en el estuario noroeste en el Pacífico, niveles entre 3-4 mg / L (Sutherland & O'Neill 2016).

La calidad del agua a lo largo del área estudiada en la presa Nal-Damyanti Sagar fue notablemente influenciada por la descarga de aguas residuales de los desagües ubicados en sus lados con respecto a las características fisicoquímicas y microbianas. Los desechos agrícolas y de aguas residuales son los factores clave en este problema ambiental (Ghaware & Jadhao 2015).

Referencias bibliográficas

- Aguirre-Ramírez, N. J., J. Palacio-Baena. & Ramírez-Restrepo, J. J. (2007). Características limnológicas del embalse el Peñol-Guatapé, Colombia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 6(10): p. 53-66.
- Donato, J. C. H., Duque, S. R. & Mora-Osejo, L. E. (1987). Estructura y Dinámica del Fitoplancton de la Laguna de Fúquene, Cundinamarca, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 16 (62): p. 113-144.
- Duque, S. & Donato, J. C. (1988). Estudio del fitoplancton durante las primeras etapas de llenado del embalse de la central hidroeléctrica de Betania, Huila-Colombia. *Universitas Scientiarum*, 1(2): p. 29-52.
- Ghaware, A. & Jadhao, R. (2015). Seasonal Variation of Physicochemical and Microbial Parameters of water of Nal-Damayanti Sagar Dam, Morshi, Dist. Amravati, MS, India. *Life Sciences*, 3(2): p. 157-161.
- González, E. J., Carrillo, V. & Peña-Herrera. C, (2004). Características físicas y químicas del embalse agua fría (Parque Nacional Macarao, Estado Miranda, Venezuela). *Acta Científica Venezolana*, 55(3), p. 225-236.
- Hidrosfera. (2003). Estudio de la capacidad de carga del embalse de Betania. Editorial CAM - BETANIA S.A, Huila, Colombia. 208 pp.
- Lewis, W. M. (1983). Temperature, heat, and mixing in Lake Valencia, Venezuela. *Limnology and Oceanography*, 28(2): p. 273-286.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Editorial Omega. Barcelona, España. 1010 pp.
- Mora-Cabeza, P. (2011). Comparación de la morfología funcional del fitoplancton y su relación con factores físicos y químicos en el primer periodo del 2007 y 2011, en el tercio alto del Humedal Juan Amarillo. (Biólogo), Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10554/8857>
- Roldan- Pérez, G. A. & Ramírez-Restrepo, J.J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. No 2. 440 pp.
- Roldán-Pérez, G. A. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 170 pp.
- Salas, H. J. & Martino, P. (1991). A simplified phosphorus trophic state model for warm water tropical lakes. *Water research*, 25(3): p. 341-350.

- Salcedo-Montero, C. A. & Cely-Forero, A. M. (2015). Expansión hidroeléctrica, Estado y economías campesinas: el caso de la represa del Quimbo, Huila-Colombia. *Mundo agrario*, 16(31): p. 1-34.
- Silva, P. M., FONSECA, J. F. & YUSTRES J. L. (2016). Diversidad de Géneros del Fitoplancton del embalse de Betania–Huila y su importancia como bioindicadores. *Revista Científica*, 2(25), p. 241-251. doi: 10.14483/udistrital.jour.RC.2016.25.a8
- Sutherland, D. A. & O'NEILL, M. A. (2016). Hydrographic and dissolved oxygen variability in a seasonal Pacific Northwest estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 172, p. 47-59.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2016.01.042>
- Thirupathaiah, M., Samatha, C., & Sammaiah, C. (2012). Analysis of water quality using physico-chemical parameters in lower manair reservoir of Karimnagar district, Andhra Pradesh. *International Journal of Environmental Sciences*, 3(1), p. 172.
- Venkatesharaju, K., Ravikumar, P., Somashekar, R., & Prakash, K. (2010). Physico-chemical and bacteriological investigation on the river Cauvery of Kollegal stretch in Karnataka. *Kathmandu University Journal of Science*