

# Determinación del estado ecosistémico de la subcuenca La Gómez y Ciénaga de Paredes a través de algas perifíticas – perifiton indicadores de calidad

## Determination of state ecosystem of the sub-basin La Gomez and Ciénaga of Paredes through algae periphytic - periphyton in sabana de Torres y Puerto Wilches, Santander

Gómez Ariza, Sheila Johana<sup>1</sup>, Pinzón Parra, Cristian Camilo<sup>2</sup> y Vargas Tangua, Frank Carlos<sup>3</sup>  
Fundación Universitaria de San Gil – Unisangil  
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental  
San Gil, Colombia

sheila.j.g.a@hotmail.com  
cristianpinzonparra@gmail.com  
fvargas@unisangil.edu.co

Fecha de recepción: agosto 17 de 2022  
Fecha de aceptación: octubre 24 de 2022

**Resumen** — Este estudio determinó el estado ecosistémico de la subcuenca La Gómez y Ciénaga de Paredes, en los municipios de Sabana de Torres y Puerto Wilches, a través de algas perifíticas indicadoras de calidad, mediante la realización de cuatro monitoreos hidrobiológicos que se desarrollaron en dos estaciones climatológicas del año (lluvias – seco), en 40 puntos de monitoreo distribuidos en la red de drenaje de la subcuenca y la ciénaga. Se diseñó un plan de monitoreo hidrobiológico con criterios técnicos, metodológicos y analíticos para obtener información relevante y útil de esta comunidad biótica, con el fin de realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de la comunidad muestreada, calcular índices de diversidad e índice de valor de importancia ecológico de la especie. Por último, se realizó el análisis de la información hidrobiológica obtenida para la determinación del estado ecosistémico de la subcuenca y la Ciénaga. La metodología se presentó tres fases, igualmente, se realizó análisis en tres niveles, partiendo del análisis general en toda la zona de estudio hasta llegar a un nivel de detalle por tramos. Del estado ecosistémico de la subcuenca La Gómez en los cuatro monitoreos, se concluyó que su tensión aumenta significativamente en época de lluvia por tensiones antrópicas; en época de sequía la afectación está relacionada con las tensiones antrópicas y la reducción del caudal, para la ciénaga como cuerpo receptor, depende fundamentalmente de las variables caudal y diversidad biológica de especies de perifiton, que, a su vez varían según disponibilidad y naturaleza de los sustratos.

**Palabras clave**— Algas perifíticas, Ciénaga, Estado Ecosistémico, Hidrobiología, Perifiton.

**Abstract** - This study established the ecosystem status of the sub-basin “La Gómez y swamp of Paredes”, in the municipalities of Sabana de Torres and Puerto Wilches, through quality indicator periphytic algae, by carrying out four hydrobiological monitoring done in two climatological seasons of a year (rainy season – dry season) in 40 points of monitoring distributed in the drainage network of the sub-basin and the swamp. A hydrobiological monitoring plan was designed with technical, methodological, and analytical criteria to obtain relevant and useful information of this biotic community, to carry out a qualitative and quantitative analysis of the sampled community, by calculating diversity index and ecology importance value index of the species. Finally, the analysis of the hydrobiological information obtained was carried out to determine the ecosystem status of the sub-basin and the swamp. The methodology was performed in three phases; likewise, an analysis was carried out at three levels; starting from the general analysis in the entire area of study until reaching a level of detail by sections. From the ecosystem state of the La Gómez sub-basin, in the four monitoring, it was concluded that its tension increases significantly in the rainy season due to anthropic stress. In dry season, the affectation is related to anthropic tensions and the reduction of the flow – for the swamp as a receiving body – depends fundamentally on the variables flow and biological diversity of periphyton species, which, also vary according to availability and nature of the substrates.

**Keywords** - Algae Periphytic, Hydrobiology, Periphyton, State ecosystem, Swamp.

<sup>1</sup> Ingeniero Ambiental, Unisangil. Especialista en Preservación y Conservación de los Recursos Naturales. Especialista en Gerencia del Ambiente. Ingeniera Ambiental con 6 años de experiencia en el sector público y privado.

<sup>2</sup> Ingeniero Ambiental, Unisangil. Ingeniero Ambiental con 6 años de experiencia.

<sup>3</sup> Biólogo, Magíster en Gestión Ambiental. Director Grupo de Estudios Ambientales para la Sostenibilidad, la Innovación y el Desarrollo, Geasid, Unisangil.

## I. INTRODUCCIÓN

Se determinó el estado ecosistémico de la subcuenca la Gómez y Ciénaga de Paredes a través de algas perifíticas-perifiton indicadores de calidad, se utilizó esta comunidad biótica puesto que su capacidad de reacción y adaptación al ambiente es rápida, permitiendo inferir diferentes tipos de contaminación, son herramienta útil y eficaz de biomonitorización para el control y seguimiento del recurso hídrico.

El método genera técnicas y procedimientos de campo diseñados para el monitoreo de algas perifíticas, validados por el diseño de un protocolo que se mostrará más adelante en la metodología.

Cabe resaltar que el método a través de esta comunidad biótica genera los siguientes rangos que permiten valorar la calidad ecosistémica: para índice Shannon-Weaver (P-ISW) el valor máximo para las comunidades es de 4,5 y valores inferiores a 2,4 o 2,5 indican que el sistema está sometido a tensión, para el índice Simpson-Gini (P-ISG) los valores oscilan entre 0 y 1, valores inferiores a 0,2 indican una calidad muy buena del agua, mientras que si la valoración supera el 0,6, la calidad del agua será deficiente o mala, para el Índice de Pielou (P-IP) su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes.

Adicionalmente el método permite contrastar con información generada por otros estudios microbiológicos, fisicoquímicos o hidrobiológicos realizados con otras comunidades bióticas, que pueden ser utilizados como referencia para el ordenamiento del recurso hídrico.

La relevancia de este estudio, está definida por la problemática actual en los municipios de Sabana de Torres y Puerto Wilches Santander, relacionada directamente a las actividades de exploración y explotación del recurso energético y minero, actividades antrópicas e industriales (transformadoras de productos agrícolas), que generan alteraciones al estado ecosistémico del recurso hídrico, poniendo en riesgo la calidad de vida de la población y de especies emblemáticas como el manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*).

Desde el punto de vista técnico la información obtenida genera una herramienta para el monitoreo, control y seguimiento de la calidad ambiental del recurso hídrico por parte de la autoridad ambiental competente. Con el fin de cumplir, o modificar los objetivos de calidad en los diferentes tramos de la subcuenca en estudio y aporta información para la toma de decisiones respecto de la oferta, demanda y uso de las fuentes hídricas.

## II. METODOLOGÍA

La metodología diseñada, se desarrolla a partir de los tres objetivos específicos propuestos (1. Elaborar un plan de monitoreo hidrobiológico para el muestreo en 40 puntos distribuidos en la subcuenca de la quebrada la Gómez y Ciénaga de Paredes. 2. Ejecutar el plan de monitoreo hidrobiológico a través de algas perifíticas con el fin de calcular los índices de diversidad e IVI. 3. Analizar la información hidrobiológica obtenida para la determinación del estado ecosistémico de la subcuenca la Gómez y Ciénaga de Paredes, ubicados en los municipios de Sabana de Torres y Puerto Wilches); para el cumplimiento del objetivo general (Determinar el estado ecosistémico de la subcuenca La Gómez y Ciénaga de Paredes a través de algas perifíticas-perifiton indicadores de calidad), y consta de tres fases.

### A. Fase 1. Elaboración plan de monitoreo hidrobiológico

Inicialmente se elaboró un plan de monitoreo hidrobiológico para el muestreo en 40 puntos distribuidos en la subcuenca La Gómez y Ciénaga de Paredes, con el fin de tener un protocolo que permitiera establecer criterios técnicos, metodológicos y analíticos, para la obtención de información relevante y útil de los organismos de la comunidad biótica de algas perifíticas indicadores de calidad.

La metodología planteada y aplicada en el muestreo de algas perifíticas fue la siguiente: según el procedimiento elaborado en el plan de monitoreo, la colecta de las algas perifíticas para cada punto de monitoreo, se desarrolló según los sustratos encontrados (rocas, troncos, hojas, macrófitas, etc.), con una unidad de esfuerzo de muestreo de 20 repeticiones por cada 20 muestreados en diferentes tramos del punto de monitoreo. Se usaron cepillos de dientes para raspar un área igual a 8 cm<sup>2</sup> determinada por un cuadrante para la toma de la muestra, se utilizaron frascos ámbar rotulados con los datos correspondientes para su almacenamiento, se utilizó una solución Transeau para su conservación y fueron almacenados en cavas para su transporte a laboratorio.

### B. Fase 2. Ejecución del plan de monitoreo hidrobiológico y cálculo de índices

Durante esta fase se ejecutó el plan de monitoreo hidrobiológico a través de la comunidad biótica perifítica, para el análisis cuantitativo y cualitativo en laboratorio, con el fin de calcular los índices de diversidad (Shannon Weaver, Simpson Gini y Pielou) y el índice de valor de importancia ecológico de la especie (IVI).

La metodología planteada para el análisis de las muestras de la comunidad perifítica fue la siguiente: se realizó un análisis cualitativo, identificando taxonómicamente, familia, género y morfoespecie, por medio de láminas y laminillas,

con un esfuerzo de 7 a 10 repeticiones por muestra, además, se realizó un análisis cuantitativo, aplicando el método de conteo en cámara de Neubauer, por medio de un microscopio estándar, que permitió un aumento de hasta 40X (standard methods sección 10-38) (ver figura 1), donde se cuantificaron el número de individuos por cada morfoespecie encontrada en cada familia, con el fin de establecer la abundancia y calcular los índices de diversidad e IVI. Para la identificación taxonómica de las familias, géneros y morfoespecies se utilizaron las claves taxonómicas del libro *Freshwater Algae* [1] y el *Atlas de los Microorganismos de Agua* [2].

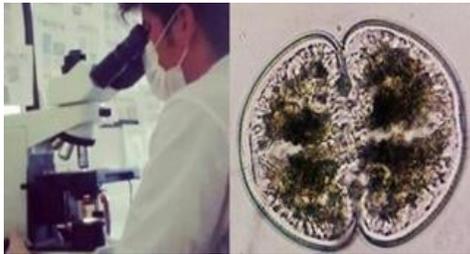


Fig. 1 Fotografía análisis en laboratorio (Cosmarium sp.). Fuente: Unisangil, 2015.

Para el cálculo de los índices, se realizó la aplicación de los índices de diversidad para algas perifíticas, basándose en la riqueza de una especie y la abundancia de la misma. Para explorar la diversidad de la comunidad se analizó la composición y riqueza de especies, identificando densidad y distribución de abundancias por punto de muestreo; se realizó el cálculo de los índices de diversidad de Shannon – Weaver [3], equidad de Pielou [4], dominancia de Simpson [5] y riqueza numérica a partir de los números de taxa encontrados.

El índice de valor de importancia, define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema [6].

El IVI, requiere de un ítem denominado frecuencia de aparición en diferentes sitios de la especie, para calcular este ítem, es necesario conjugar series temporales, que en este caso están representados por 40 puntos de muestreo; por lo cual, la manera factible de calcularlo, fue uniendo la información de los puntos considerados. El IVI, es el índice que compactó la información, con el fin de revisar entre grupos de todos los puntos de una región cómo varía la importancia de una especie en un amplio rango geográfico en una serie de tiempo.

### C. Fase 3. Análisis de la información hidrobiológica

Finalmente se realizó el análisis de la información hidrobiológica obtenida, mediante el manejo estadístico descriptivo de los datos (análisis de correlaciones canónicas), análisis de los índices calculados frente a los rangos

metodológicos, análisis comparativo de los resultados obtenidos en los 40 puntos de monitoreo y análisis gráfico de las variaciones de los resultados en los diferentes niveles evaluados, para la determinación del estado ecosistémico de la subcuenca La Gómez y Ciénaga de Paredes.

## III. RESULTADOS

### A. Fase 1. Plan de monitoreo hidrobiológico

Se elaboró un plan de monitoreo con criterios técnicos, metodológicos y analíticos para el muestreo de las algas perifíticas en 40 puntos de monitoreo respectivamente codificados, el cual contiene aspectos importantes como: identificación y caracterización de la zona a estudiar, planificación del protocolo de muestreo, documentación y análisis de información, recurso humano, fechas de muestreo e instrumentos para el registro de información, elementos de protección personal y elementos de primeros auxilios.

### B. Fase 2. Ejecución del plan de monitoreo hidrobiológico

La información se presenta a través de dos fases, el análisis de las técnicas, procedimientos y métodos utilizados en campo y el análisis de la metodología y resultados de laboratorio a través de análisis cuantitativo, cualitativo y cálculos de índices de diversidad e IVI.

1) *Ejecución de las campañas de monitoreo a través de algas perifíticas.* Durante el año 2015 se realizaron tres campañas de monitoreo; las primeras dos campañas para periodos lluviosos (abril y julio) y una para período seco (noviembre), la cuarta campaña se realizó en el año 2016 para el mes de enero correspondiente al período seco. La colecta de las algas perifíticas permitió obtener en cada punto de monitoreo para las cuatro campañas, muestras representativas de la comunidad biótica, adicionalmente, a través, de formatos de campo se realizó un registro de las perturbaciones ambientales y antrópicas, la condición climática y el tipo de vegetación en cada punto de monitoreo, útiles para el análisis de la calidad ecosistémica (ver figuras 2, 3 y 4).



Fig. 2 Fotografía muestras de perifiton de un monitoreo hidrobiológico. Fuente: Unisangil, 2015.



Fig. 3 Fotografía muestreo de algas perifíticas en la quebrada San Isidro. Fuente: Unisangil, 2015.



Fig. 4 Fotografía muestreo de algas perifíticas Ciénaga de Paredes. Fuente: Unisangil, 2015.

2) *Análisis en el laboratorio.* Del análisis de las muestras de la comunidad perifiton en el laboratorio de obtuvieron 40 formatos para análisis cualitativo y 40 para cuantitativo en las cuatro campañas de monitoreo, en donde se obtuvo como resultado la identificación taxonómica en familia, género y morfoespecie, adicionalmente en el análisis cuantitativo se realizó el conteo del número de individuos por muestra y la abundancia. En la tabla 1. se describe la cantidad de familias e individuos encontrados para las cuatro campañas de monitoreo hidrobiológico.

TABLA 1. RESULTADOS ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

Campaña	Nº de individuos	Nº de familias
Primera (abril 2015)	2.130.000	53
Segunda (julio 2015)	2.478.751	61
Tercera (noviembre 2015)	2.685.009	57
Cuarta (enero 2016)	3.145.260	60

3) *Cálculos índices de diversidad e IVI.* Los índices de diversidad se calcularon para tres niveles: 1. En la totalidad de los puntos 2. En las subcuencas y ciénaga y 3. En tramos, con el fin de obtener un análisis detallado. El IVI se calculó en dos niveles: 1. En la totalidad de los puntos 2. En las subcuencas y ciénaga.

Se presentan los resultados de los índices de diversidad e IVI para el primer nivel que corresponde a la totalidad de los puntos de monitoreo en las cuatro campañas lo que corresponde a un año hidrológico.

Índices de diversidad: Shannon Weaver- Simpson Gini-Pielou. Para todas las campañas con respecto a la diversidad biológica, el P-ISW obtuvo valores por debajo de 2,4, para los siguientes valores respectivamente: 50%, 60%, 75% y

57.5%, esto quiere decir que la mayoría de los puntos de monitoreo pueden estar sometidos a algún tipo de tensión [7]. Con respecto a la abundancia un 75%, 67.5%, 75% y 82.5%, respectivamente por campaña de monitoreo, indican una buena calidad de agua en la mayoría de los puntos, ya que según el P-ISG los valores de este fueron menores a 0,2, de lo cual se infiere que las especies se encuentran en una misma proporción y no hay especies dominantes [8], [9]. Por último, con respecto a la distribución de las especies, el P-IP sólo un 32.5, 15%, 35% y 12.5% por campaña respectivamente presentaron mala distribución de las especies, esto quiere decir que en general en toda la red de drenaje hay una distribución equitativa de las especies (ver figura 5).

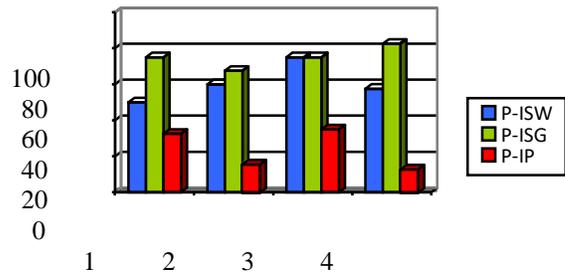


Fig. 5 Gráfico índices de diversidad.

*Índice de valor de importancia ecológico de la especie.* El IVI es el índice que compactó la información, con el fin de revisar entre grupos de todos los puntos de la región de estudio cómo fue la importancia de una especie en el rango geográfico en el año hidrológico. Adicionalmente se calculó el IVI para las microcuencas.

Respecto a los resultados arrojados por el IVI, en la totalidad de los puntos en las cuatro campañas de monitoreo de la comunidad biótica perifítica, las familias con un IVI más alto fueron *Chlorellaceae*, *Oscillatoriaceae*, *Pinnulariaceae*, *Naviculaceae*, *Stauroneidaceae*, *Oocystaceae*, *Desmidiaceae*, *Ulotrichaceae*, *Oedogoniaceae*, *Amphipleuraceae*, *Cymbellaceae* y *Fragilariaceae*, familias en las cuales su índice de valor importancia ecológico sobresale o que se destacan por su frecuencia y abundancia en la zona.

C. *Fase 3. Análisis de la información hidrobiológica*

Para determinar el estado ecosistémico y así establecer la relación entre el recurso hídrico y las actividades antrópicas se realizó el siguiente análisis a la corriente principal de la subcuenca la Gómez.

Para todas las campañas de monitoreo con respecto a la diversidad biológica, el P-ISW teniendo en cuenta el rango de valores menores a 2,4, obtuvo los siguientes valores 55%, 70%, 95% y 67% respectivamente para cada campaña, esto quiere decir que en la mayoría de los puntos de monitoreo el

sistema está sometido a diferentes tensiones (vertidos, alteraciones antrópicas, etc.). Con respecto a la abundancia un 55%, 50%, 62% y 86%, respectivamente por campaña de monitoreo, indicando una buena calidad de agua, ya que según el P-ISG los valores de este fueron menores a 0,2 de lo que se infiere que no hay especies dominantes. Por último, con respecto a la distribución de las especies, el P-IP solo un 25%, 5%, 33% y 4,7% por campaña respectivamente presentaron mala distribución de las especies, esto quiere decir que en general en la subcuenca principal de la Gómez hay una distribución equitativa de las especies.

Cabe resaltar que a través de la red de drenaje de la corriente principal de la Gómez hay zonas recreacionales asociadas al cuerpo hídrico, y posibles vertimientos industriales que pueden aumentar la tensión en el sistema.

- *Validación análisis estadístico.* Finalmente se analizó la información mediante estadística descriptiva (correlaciones canónicas), para ilustrar y comparar los resultados de los puntos de monitoreo de la corriente principal la Gómez, además se elaboraron gráficas para observar variaciones y posibles alteraciones en su trayecto de inicio hasta la llegada a la Ciénaga de Paredes, por las desembocaduras de las quebradas tributarias y su posible afectación en la calidad del agua de la Gómez.

Las correlaciones permitieron establecer la relación entre las distintas variables y definir en términos de porcentaje cómo una variable puede explicarse en la otra. Para las cuatro campañas de monitoreo se correlacionaron las variables P-ISW y P-ISG (Fig. 6), para la primera y segunda campaña de monitoreo se correlacionaron las variables P-ISW y P-IP (Fig. 7), indicando cuanto se explica una en la otra (color azul) y lo demás deberá ser explicado por otras variables de naturaleza físico-química, microbiológica o ambiental (color amarillo y verde).

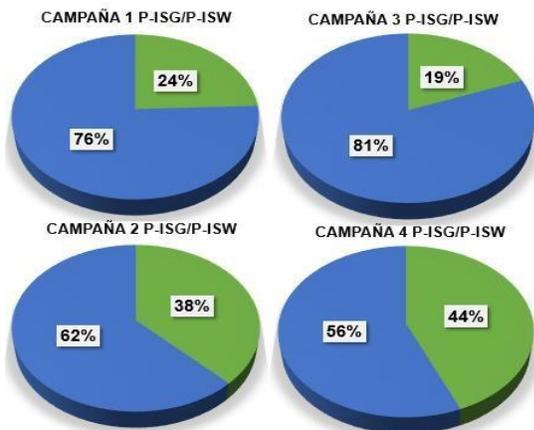


Fig. 6 Gráfico correlaciones canónicas P-ISG/P-ISW.

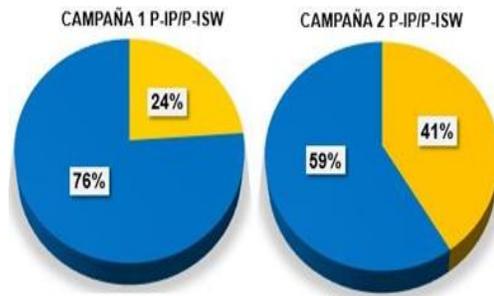


Fig. 7 Gráfico correlaciones canónicas P-IP/P-ISW.

#### IV. CONCLUSIONES

El diseño del protocolo permitió establecer criterios técnicos, metodológicos y analíticos, tanto para la consecución de datos, como para su evaluación y discusión, permitiendo entre otros aspectos, la identificación de la zona, el desarrollo del muestreo, facilitando documentar y procesar la información relevante y útil para la determinación del estado ecosistémico de la subcuenca La Gómez y Ciénaga de Paredes.

Los métodos, técnicas y procedimientos diseñados e implementados en el plan de monitoreo en la cuenca, permitieron obtener de forma eficiente y representativa información relevante de los organismos de la comunidad biótica periférica, útil para la estimación de la calidad del recurso hídrico.

En un año hidrológico, al menos en tres períodos comprendidos entre los meses de enero a noviembre el estado ecosistémico de la subcuenca de la quebrada La Pescado, evaluado desde la variable diversidad biológica, permite inferir que está sometido a tensiones que afectan su calidad tales como: ganadería y remociones. Entre los meses de noviembre y enero, el caudal comparativamente con las demás épocas del año y con otras subcuencas es más bajo.

En un año hidrológico, al menos en tres períodos comprendidos entre los meses de enero a noviembre el estado ecosistémico de la subcuenca de la quebrada Santos Gutiérrez, evaluado desde la diversidad biológica, permite inferir que está sometido a tensiones de naturaleza antrópica y factores climáticos, además, entre los meses de noviembre a enero la afectación puede estar asociada a variaciones en la producción industrial de empresas transformadoras que se ubican en la cuenca.

En un año hidrológico, al menos en tres períodos comprendidos entre los meses de enero a noviembre el estado ecosistémico de la subcuenca de la quebrada La Gómez, evaluado desde diversidad biológica, permite inferir que está sometido a tensiones antrópicas tales como: balnearios (San Isidro), vertidos (La Puyana). Entre los meses de noviembre a enero, en el tramo San Isidro y la

Puyana, la afectación está relacionada con la reducción del caudal y el vertido de aguas residuales respectivamente.

Desde el punto de vista estadístico, el análisis de los datos en un año hidrológico por correlaciones canónicas, permite concluir, que las variables bióticas en general se explican entre si y que su comportamiento no se explica significativamente en otras variables diferentes a las correlacionadas, no obstante, la correlación de las variables índice de Simpson y de Shannon para las campañas 2 y 4, permite inferir que su comportamiento se debe explicar en virtud de variables de naturaleza física y/o química.

En la subcuenca principal la tensión es de origen antrópico y aumenta significativamente en época de lluvia; en época de sequía la afectación está relacionada con las mismas tensiones antrópicas y la reducción del caudal de las corrientes.

El estado ecosistémico de la ciénaga como cuerpo receptor de la subcuenca, depende fundamentalmente de las variables, caudal y diversidad biológica de especies de perifiton, éste a su vez, depende de la disponibilidad y naturaleza de los sustratos [10], que, a su vez, varía con el caudal.

El presente estudio logró demostrar que la comunidad perifítica responde a los cambios ambientales, físicos y químicos, generados a las corrientes de manera casi inmediata, reiterando que esta comunidad es una excelente herramienta de la bioindicación y biomonitorización en sistemas hidrológicos, lénticos y lóticos.

El presente trabajo fue presentado a través de ponencias en diferentes congresos departamentales, nacionales y locales, lo cual permitió favorecer la circulación de la información, con el fin de que se continúe generando investigación y ampliar los conocimientos sobre la comunidad del perifiton en el país.

La determinación del estado ecosistémico de la subcuenca La Gómez y la Ciénaga de Paredes a través de la comunidad del perifiton, es un avance para Unisangil en temas de desarrollo y progreso en investigación científica, ambiental y biológica.

La información presente en el proyecto es relevante, útil, y permite aportar a la generación de modelos y escenarios futuros en referencia al recurso hídrico, con criterios de calidad acorde a las políticas y lineamientos de la autoridad ambiental competente para asegurar la oferta del recurso en el tiempo y la conservación de los ecosistemas vulnerables y la fauna asociada a los mismos.

## REFERENCIAS

- [1] Van Vuuren et al. (2006). Easy identification of the most common freshwater algae. [Online]. Available: [https://www.dwa.gov.za/iwqs/eutrophication/NEMP/Janse\\_van\\_Vuur\\_en\\_2006\\_Easy\\_identification\\_of\\_the\\_most\\_common\\_freshwater\\_alga\\_e.pdf](https://www.dwa.gov.za/iwqs/eutrophication/NEMP/Janse_van_Vuur_en_2006_Easy_identification_of_the_most_common_freshwater_alga_e.pdf)
- [2] H. Streble y D. Krauter. Atlas de los microorganismos de agua dulce. Barcelona, España: Omega. 1987.
- [3] C. Shannon y W. Weaver. (1949). The mathematical theory of communication. [Online]. Available: <http://www.magmamater.cl/MatheComm.pdf>
- [4] E. C. Pielou. An introduction to mathematical ecology. doi: 10.1002/bimj.19710130308. 1969.
- [5] E. Simpson. Measurement of diversity. Nature, 163, (163-688). doi:10.1038/163688a0. 1949.
- [6] G. Cottam, y J.T Curtis. The use of distance measures in phytosociological sampling. Ecology, 37(3), 451- 460. 1956.
- [7] J. Gonzales. Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. Acta Zoológica Lilloana, 56(1-2), 3-14. 2012.
- [8] N. Bouzal. Estimación del índice de diversidad de Simpson en sitios de muestreo. Revista investigación operacional, 26(2), 187-197. 2005.
- [9] L. Pla. Biodiversidad: inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. Interciencia, 31(8), 583-590. 2006.
- [10] R. N. Aguirre y M. Y. Montoya. Asociación de algas perifíticas en raíces de macrófitas en una ciénaga tropical colombiana. Hidrobiológica, 18(3), 89-198. 2008.
- [11] G. Cottam, y J.T Curtis. The use of distance measures in phytosociological sampling. Ecology, 37(3), 451- 460. 1956.