**Expedición ONDAS Bio IV Campaña, a dos humedales de la Costa Norte de Colombia (Las Ciénagas de la Virgen, Juan Polo y el Totumo): la biodiversidad y los parámetros físicos del agua.**

Diego Andrés Luna (7th grade)

Jimena Sánchez Ojeda (8th grade)

Juan Felipe Restrepo Mesa (Teacher)

Colegio Montessori de Cartagena

Colombia

9 de marzo de 2020

**Abstract**

Esta unidad investigativa busca dar respuesta a la pregunta ¿De qué manera la pérdida de la biodiversidad en los humedales de la Virgen, Juan Polo y El Totumo, en la región Caribe colombiana, al norte de la ciudad de Cartagena de Indias, está relacionada con los parámetros físico-químicos del agua tales como el Oxígeno Disuelto, la Salinidad, la Temperatura del Agua, el pH, la Transparencia, y Sólidos Disueltos Totales durante las estaciones seca y lluviosa del año?, se busca entender las causas de la pérdida de la biodiversidad asociada a los humedales de la Virgen y Juan Polo, y el Totumo, que se ha venido haciendo evidente a partir de los resultados de los censos neotropicales de aves acuáticas de los últimos cuatro años. Se incluyó el humedal del Totumo como control, y se hicieron dos campañas (Ago-19 y Feb-20) en las que se hicieron inventarios de aves, se midió nubosidad, transparencia y temperatura del agua, se tomaron muestras para determinar Oxígeno Disuelto, Alcalinidad, pH y Salinidad. Se encontró un deterioro de la diversidad, y una disminución de la riqueza y de la abundancia, asociadas a unos bajos niveles de Oxígeno Disuelto, altas salinidades y temperaturas, y baja transparencia. Particularmente para el caso de La Virgen, se demostró que el deterioro de los parámetros físico químicos del agua conlleva una pérdida de la Biodiversidad en el ecosistema de Manglar. Igualmente, se demuestra el impacto negativo que tienen los factores antrópicos tales como la tala del manglar, la deforestación, la contaminación, el relleno ilegal de predios y el urbanismo caótico y desmedido.

**Términos Claves:** Biodiversidad, Parámetros Físico Químicos, Oxígeno Disuelto, Salinidad, Temperatura del Agua, pH, Transparencia, Aves

**Pregunta de Investigación**

Esta unidad investigativa se plantea la pregunta: ¿De qué manera la pérdida de la biodiversidad en los humedales de la Virgen, Juan Polo y El Totumo, en el litoral Caribe colombiano, al norte de la ciudad de Cartagena de Indias, está relacionada con las variaciones de los parámetros físico-químicos del agua tales como el Oxígeno Disuelto, la Salinidad, la Temperatura Superficial, la Transparencia, el pH y los Sólidos Disueltos Totales, durante las estaciones seca y lluviosa del año?

Para dar respuesta a la pregunta esta unidad investigativa analiza el efecto que tienen los cambios en los parámetros físico químicos del agua: Oxígeno Disuelto, Temperatura del Agua, Salinidad, Transparencia, el Ph y los Sólidos Disueltos Totales (TDS) sobre las comunidades de aves asociadas a las ciénagas de la Virgen y del Totumo. De otro lado, se comparan los datos de diversidad de Margalef, riqueza y abundancia, en las dos temporadas climáticas de la zona (lluviosa, agosto de 2019 y seca, mes de febrero de 2020). Igualmente, se reivindican los saberes ancestrales de personas de los corregimientos de Bayunca y la Boquilla, poblaciones que son beneficiadas con este estudio. Adicionalmente, esta investigación coadyuva al alcance de 4 de los 17 objetivos de desarrollo sostenible: Vida de Ecosistemas Terrestres, Vida Submarina, Ciudades y comunidades Sostenibles y Acción por el clima.

**Introducción**

Esta investigación aborda el rol de los parámetros físico químicos: Oxígeno Disuelto, Temperatura, pH, Salinidad, Transparencia y Sólidos Disueltos Totales, en la pérdida de la biodiversidad en la Ciénaga de la Virgen y el Totumo, en el Caribe colombiano, como consecuencia de cinco factores antrópicos: tala, relleno y ocupación del manglar, contaminación, obras civiles y urbanismo desmedido. Desde 2013 se hace en la Virgen, el Censo Neotropical de Aves Acuáticas, notándose un declive en la riqueza, la abundancia y los índices de diversidad (Herrera et al, 2019) (Figuras 7, 8 y 9).

Estos dos humedales son considerados áreas prioritarias de conservación (Herrera, S. et al, en 2019, citando a Galindo, 2009, y IAVH, 2017). La Virgen es albergue de una población muy estable de Garza Borracha (*Egretta rufescens*), declarada vulnerable (IUCN).

**Objetivo general**

Determinar el impacto del hombre en la comunidad de aves del ecosistema de manglar, en los humedales de la Ciénaga de la Virgen y el Totumo.

**Objetivos específicos**

1. Identificar aves existentes y desaparecidas de las ciénagas de la Virgen y El Totumo.

2. Identificar especies de aves que tienen algún grado de peligro (Cites, IUCN).

3. Diagnosticar el impacto del hombre sobre las comunidades de aves de la Virgen y El Totumo, a partir de los parámetros físico-químicos del agua.

**Hipótesis**

 La interrupción del intercambio del agua con el mar, la tala, la contaminación y el relleno del manglar, llevan a la hipoxia e hipersalinidad, a aumentos de temperatura y sólidos totales en suspensión, cae la transparencia, y el pH, condiciones desfavorables para la vida; ello conlleva escasez de alimento, y como consecuencia, la desaparición de aves acuáticas estrictas, y aumento de aves generalistas; con el tiempo el ecosistema es menos diverso. Adicionalmente, se reduce la capacidad de carga, representando una diminución en abundancia.

**Metodología**

**Area de Estudio**

La Ciénaga de la Virgen (Fotografía 1) (10.4458° N, 75.4944° W), es un humedal rodeado de Bosque de Manglar, con temperaturas promedio de 27.5ºC y precipitación aproximada de 870 mm, tiene un espejo de agua de aproximadamente 2989 hectáreas perdiendo en los últimos 40 años un 25% de su área, con cuatro localidades que dependían de la pesca y que han encontrado en el ecoturismo una alternativa. La cuenca, con bosques de manglar, planicies costeras, bosque seco tropical y bosque de galería, tiene aproximadamente 520 Km2 (IAVH).

La Ciénaga del Totumo (Fotografía 2) (10.7304° N, 75.2304° W) por su parte, tiene una profundidad promedio de 1.80 m y una cuenca de 2100 hectáreas. Un clima predominantemente tropical subhúmedo, una temperatura promedio de 28ºC y una humedad relativa del 75%. La precipitación mensual registrada es de 60 a 100 mm año y es considerada libre de contaminantes industriales (Olivero, J.V, 2011).



Fotografía 1

Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, mostrando las tres estaciones de muestreo, Bajo Aves, Bajo Meza y Juan Polo. Fotografía de Google Earth.

Fotografía 2

Ciénaga del Totumo, mostrando las dos estaciones de muestreo: E1 y E2. Fotografía de Google Earth.

La presente investigación se basa en los lineamientos metodológicos del proyecto pre-estructurado de ONDAS/Ministerio de la Ciencia de Colombia, Expedición BIO, descritos en el texto ‘Guía para los grupos de investigación Expedición ONDAS BIO, en aspectos tales como las herramientas de campo para los expedicionarios: instrumentos para la recolección, organización y sistematización de la información, los protocolos de muestreo y las herramientas digitales que se utilizan para la divulgación de los datos en la Comunidad de Práctica Expedición BIO BOLIVAR (Acuña, C. et al, 2018). Igualmente, se basa en los lineamientos y protocolos del Programa GLOBE (Globe.gov) patrocinado por la NASA, el Departamento de Estado de los Estados Unidos de América y NOAA, y que es operado en Colombia por el Ministerio de la Ciencia. El programa traza rigurosos protocolos para cada uno de los parámetros de las esferas: biosfera, hidrósfera, atmósfera y pedosfera. Esto permite que los datos que los Científicos Ciudadanos recogen en más de los 130 países donde existe el programa, puedan ser utilizados por la NASA para complementar la información que recogen los satélites y ser usados en la toma de decisiones.

El enfoque metodológico es mixto (cualitativo-cuantitativo), del tipo descriptivo-explicativo. Según la descripción del Programa ONDAS del Ministerio de la Ciencia de Colombia, el enfoque mixto es aquel en el que "tienen lugar y valor tanto los datos numéricos -y todo lo que hagamos para obtenerlos y analizarlos- como los datos que caracterizan y describen la experiencia y la percepción de un grupo de personas" (Colciencias, 2018, p. 17). La investigación descriptiva, es aquella que sirve de base a las investigaciones explicativas, que a su vez, son aquellas "que se basan en problemas debidamente formulados y que buscan la relación causa-efecto. Necesariamente trabajan con hipótesis, que explican el efecto de las variables independientes sobre la variable dependiente" (Ñaupas, H. et al, 2013, p. 104).

**Fases o etapas de la investigación**

Para la identificación de las especies de aves que han desaparecido y las que hoy se observan, en el bosque de manglar de los humedales de La Virgen, Juan Polo y el Totumo, se adelantó una primera etapa:

 ***Primera etapa- Organización y Planeación:*** revisión bibliográfica, referente a listados e inventarios de especies de aves en estos ecosistemas, en la zona de estudio.

Para definir una línea base, estableciendo cuales especies de aves están en algún grado de peligro, de acuerdo a la clasificación de la IUCN, se llevó a cabo una segunda etapa que consta de las siguientes actividades:

***Segunda Etapa - Elaboración de Línea Base y Revisión Bibliográfica:***  entrevistas con personas nativas de la zona de estudio. Relación entre nombres comunes, aportados por los nativos, y los correspondientes nombres científicos de las aves. Cotejo de especies de aves con algún grado de peligro, de acuerdo con la caracterización de la IUCN.

Para diagnosticar el impacto del hombre sobre la estructura de las comunidades de aves al norte de Cartagena, en inmediaciones de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, y “El Totumo”, corregimiento de Galerazamba, a partir de los parámetros físico-químicos del agua, se llevó a cabo una tercera etapa, con las siguientes actividades:

***Tercera Etapa - Salidas de Campo y Registros de Información:*** salidas de campo para verificar el estado actual del ecosistemas Bosque de Manglar, en las zonas de estudio. Levantamiento de inventarios de aves en los ecosistemas Bosque de Manglar, en las zonas de estudio, durante la segunda temporada de lluvias de 2019 y la primera seca de 2020.

Diagnóstico del nivel de intervención del hombre en el ecosistema Bosque de Manglar, en las zonas de estudio, a partir de las variaciones en la estructura de las comunidades de aves al norte de Cartagena, en inmediaciones de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, y “El Totumo”, corregimiento de Galerazamba, y de las variaciones de los parámetros físico-químicos del agua: Oxígeno Disuelto, Temperatura, PH, Salinidad, Transparencia y Sólidos Disueltos Totales, tomados con base en los protocolos del Programa GLOBE de la NASA.

**Instrumentos**

Los muestreos de aves, se hicieron utilizando binóculos marca Eagle, Vortex y Nikon, con alcance de 8x48 y 10x48, y para los registros fotográficos se utilizaron cámaras fotográficas Nikon D5600 y Canon EOS, con lentes teleobjetivos 70-300.

Los parámetros físico químicos del agua se tomaron con los instrumentos establecidos en los protocolos del Programa GLOBE de la NASA:

La transparencia del agua se midió con un disco Secchi de 20 cm de diámetro, con cuerda metrada.

Los Sólidos Disueltos Totales, el pH y la salinidad, se midieron con un equipo multiparámetro Hanna, modelo HI98194.

El Oxígeno Disuelto se determinó con el KIT La Motte de referencia 5860-01

Las temperaturas del agua y del aire, se midieron con un termómetro de Alcohol de –5 a 50 ºC, con precisión de 0,5ºC, con carcaza.

La latitud y la longitud se midieron con la aplicación Handy GPS para un smartphone Android, marca Samsung, modelo A20 .

**Recolección de información**

En dos salidas de campo a la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, y la Ciénaga del Totumo, durante la segunda estación lluviosa de 2019 (Agosto) y la primera seca de 2020 (Febrero), se llevaron a cabo muestreos de aves y agua para la determinación de parámetros físico químicos, en tres estaciones de observación, en la Ciénaga de la Virgen denominadas Bajo Aves, Bajo Meza y Juan Polo (Ver Fotografía 1), y en dos estaciones en la Ciénaga del Totumo, denominadas 1 y 2 (Ver Fotografía 2). Cada estación fue descrita de acuerdo a los lineamientos y protocolos del programa GLOBE de la NASA (globe.gov).

Para el muestreo de las aves se le hizo una variación al protocolo propuesto por Acuña et al. (2018) para el pre estructurado Expedición ONDAS BIO, ONDAS/MinCiencia y en su lugar se utilizó la técnica del muestreo de punto y radio fijo propuesta por Dgraaf, R.M. et al. 1991, citado por Glenn et al. 2003, esto con el fin de continuar con la misma metodología que se ha venido empleando en el Censo Neotropical de Aves Acuáticas de las Ciénagas de la Virgen y Juan Polo desde 2013 (Castillo-Cortes L.F. et al., 2014). Esta metodología utiliza puntos predeterminados a lo largo de un transecto, con un radio fijo de 100 metros alrededor del punto y el conteo de las aves presentes en el área de muestreo por espacio de 10 minutos, cuidando de no recontar. En esta metodología no se contempla la colecta de especímenes. La colección se hace a partir de fotografías tomadas en campo, que son identificadas y alojadas en la plataforma I-Naturalist (Inaturalist.gov). Solo se cuentan en la colección aquellas observaciones que son curadas por expertos.

En cada estación de muestreo se midieron las temperaturas del agua tres veces y del aire, con el termómetro de alcohol, utilizando el protocolo de GLOBE para temperatura del agua (Hidrósfera) y la temperatura del aire (Atmósfera), la transparencia del agua se midió con Disco Secchi, tres veces, cuidando de medir la altura del observador, la altura a la que desaparecía y la altura a la que volvía a aparecer, en los casos en los caso en que toco el fondo sin haber desaparecido, se anotó esta profundidad. La nubosidad, el color del cielo y la transparencia, se midió con la carta de nubes del protocolo de nubes de atmósfera. Todos los procedimientos se hicieron conforme a los lineamientos y protocolos del programa GLOBE de la NASA (Globe.gov).

Adicionalmente, en cada estación se tomaron dos muestras de agua para la posterior determinación de parámetros físico-químicos en el laboratorio, dentro de un máximo de 24 horas siguientes a la toma de la muestra: para el oxígeno disuelto se hicieron tres titulaciones con el Kit La Motte, igualmente para la concentración de nitrógeno. El pH, la alcalinidad, los sólidos disueltos totales, la conductividad y la salinidad, se midieron tres veces, con un equipo multiparámetro marca Hanna. Todos los procedimientos se hicieron conforme a los lineamientos y protocolos del programa GLOBE de la NASA (Ibid).

**Organización de la información**

Para organizar la información referente a los inventarios de aves se utilizó el formato de Línea Base en Excel, del pre estructurado Expedición BIO de ONDAS/Ministerio de la Ciencia, con unas categorías que el grupo Biontessori introdujo desde 2018 (Herrera et al, 2018), tales como: grupos funcionales de las aves (Ruiz-Guerra, C., 2012), la condición de migratorias, migratorias no reproductivas, migratorias con poblaciones reproductivas residentes o residentes, la condición de acuáticas estrictas, acuáticas no estrictas y terrestres, y las planchas correspondientes a las guías de Restall (2007), de Ayerbe (2018) y de Hilty (2001), lo que permite poder organizar el listado de acuerdo con una secuencia filogenética.

Para los datos de las aves, en ambos humedales, se tomaron los formatos propuestos en el proyecto Pre-estructurado Expedición ONDAS BIO (Acuña, C. et al, 2018), incorporando en ellos aspectos relacionados con la técnica del muestreo de punto y radio fijo (Dgraaf, R.M. et al. 1991, citado por Glenn et al. 2003).

Los formatos para los parámetros físico químicos son los propuestos en los protocolos y lineamientos del Programa GLOBE de la NASA (Globe.gov).

Con la información recogida en campo y los registros fotográficos de las aves, en ambos humedales, se alimentó la colección que el grupo Biontessori tiene alojada en la plataforma I-Naturalist, creada desde el año 2017.

Igualmente, los datos de los parámetros físico químicos se alojaron en la base de datos que el programa GLOBE de la NASA. Cabe señalar que el Colegio Montessori de Cartagena está inscrito en el programa GLOBE desde 2017, y nuestro maestro co investigador es maestro GLOBE certificado en Atmósfera e Hidrósfera (Ver Anexo 2, Print Sreen of Data Entry in the Web page of GLOBE, Totumo 1 and 2, Ago 2019 and Feb 2020, Bajo Meza, Bajo Aves and Juan Polo, Ago 2019 and Feb 2020).

**Interpretación y análisis de la información recolectada**

Los detalles de los datos se encuentran en libro de Excel Evaluación Ciénagas del Totumo y la Virgen con Gráficos, y se puede descargar del link:

 <https://drive.google.com/file/d/1JFePVe09uRkUZiaIoJOLwUsNwthgVRkF/view?usp=sharing>

Para la interpretación y análisis de los datos, se organizó la información recogida en campo en hojas de cálculo (Ver en el libro “Evaluación Ciénagas del Totumo y la Virgen con Gráficos” las hojas “Ciénaga de la Virgen” y “Ciénaga del Totumo”), ordenándose las aves por estación, fecha y hora de muestreo, en punto o entre puntos, cantidad de individuos observados, orden, familia y especie, así como por las categorías migratoria, no migratoria, y por grupos funcionales: limícolas, vadeadoras, nectaríferas, frugívoras, granívoras, omnívoras, carroñeras, rapaces, marinas, martinetes, pollas de agua, pájaros marinos, anátidos y zambullidores, propuesta por Ruiz-Guerra, C. (2012). Con los datos de número de especies y número de individuos se calculó para cada estación de muestreo, para cada localidad en general y por estación climatológica, la diversidad de Margalef (diversidad de Margalef = (n-1)/Ln(N( donde n es número de especies y N es número de individuos) (Acuña et al, 2018) (Ver en el libro de Excel “Evaluación Ciénagas del Totumo y la Virgen con Gráficos” las hojas “Riq Abund Totumo x Sp Estación” y “Riq Abund Virgen x Sp Estación”).

Con base en esta información, por localidad, por estación y por fecha, se consolidaron totales por especie, por condición de migratorias, no migratorias, y por grupos funcionales, utilizando para ello la función de tablas dinámicas del programa MS Excel (Ver en el libro de Excel “Evaluación Ciénagas del Totumo y la Virgen con Gráficos”, las hojas “Grupos Funcio x estación La Virgen”, “Grupos Funcio x estación El Totumo”). Se calculó el índice de Contancia para cada especie en cada localidad (C = p(i)/P \* 100%, donde p es el número de muestreos donde se observa la especie i-ésima y P es el número total de muestreos). Una especie con un índice de constancia mayor que 50% se considera constante, con un índice menor o igual que 50% y mayor que 25%, se considera accesoria, y con un índice menor a 25%, se considera incidental (Copatti et al, 2013).

Se construyó un segundo cuadro con los datos de los totales de las aves para cada una de las categorías mencionadas anteriormente, incluyendo la diversidad de Margalef, la Riqueza y la Abundancia, al que se le adicionaron los datos de los parámetros físico-químicos correspondientes a cada uno de esos sitios durante cada una de las salidas (Ver Tabla 1) (Ver en el libro de trabajo de Excel, la hoja “Correlaciones”).

Se contrastaron parejas de categorías y variables, utilizando el índice de correlación de Pearson alojado en el programa MS Excel (Steel & Torrie, 1985). Para ello se estableció que un índice de 1 es una correlación positiva perfecta, índices mayores que cero y menores que uno, se consideraron correlaciones positivas, índices menores que cero, y mayores que –1, correlaciones negativas y un índice de –1 como una correlación negativa perfecta y un índice iguale que cero, como la ausencia de correlación entre las variables. En aquellos casos donde había ausencia del dato, se descartaba la pareja de datos y se procedía a calcular el índice con las parejas de datos remanentes.

**Ver “Print screen of data entry” en el link que se relaciona a continuación**

<https://drive.google.com/drive/folders/19e1QBRNLycpTQVrfFsQomTkTSOf1Wfq2?usp=sharing>

e

**Resultados**

Tabla 1.

Datos consolidados para el Totumo y la Ciénaga de la Virgen, Campaña de Ago-19 y Feb-20

(D=Diversidad; R= Riqueza; A= Abundancia; GF=Grupos Funcionales; NA=No aplica

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | D | R | A | GF | O2 (mg/L) | S(ppt) | Secchi(cm) | T agua(ºC) | TDS(ppm) | pH |
| Totumo E1 ago19 | 2,35 | 10 | 46 | 8 | 1,8 | 1,33 | 100 | 28 | 2100 | 7,82 |
| Totumo E1 feb 20 | 1,33 | 9 | 409 | 7 | 3,8 | 0,98 | 116 | 26,5 | 1915 | 9,05 |
| Totumo E2 ago19 | 0,91 | 6 | 236 | 4 | 1,8 | 1,28 | 50 | 28 | 2040 | 7,9 |
| Totumo E2 feb20 | 2,55 | 13 | 110 | 7 | 2,73 | 1,34 | 91 | 26,5 | 2570 | 8,63 |
| Bajo Aves ago19 | 2,53 | 10 | 35 | 7 | 1,8 |  NA | 47 | 31 | NA | 7,62 |
| Bajo Aves feb20 | 1,98 | 10 | 95 | 4 | 5 | 30,18 | 48 | 31,2 | NA  | 8,55 |
| Bajo Meza ago19 | 2,32 | 9 | 31 | 6 | 2,8 | 40 | 50 | 31,3 | NA | 7,58 |
| Bajo Meza feb20 | 2,97 | 11 | 29 | 6 | 3,8 | 32,6 | 14 | 31 | NA | 8,58 |
| Bajo Juan Polo Ago19 | 2,35 | 10 | 89 | 5 | 3,4 | 18 | 70 | NA | NA | 7,97 |
| Bajo Juan Polo feb 20 | 2,62 | 12 | 67 | 5 | 4,07 | 33,31 | 20 | 29 |  | 8,69 |

Tabla 2.

Índice de Constancia, Ciénaga del Totumo

|  |
| --- |
| CIENAGA DEL TOTUMO. INDICE DE CONSTANCIA, EXP BIO IV. Campaña II |
| n= 5 | C=Contantes, A=Accesorias, I=Incidentales |
| NOMBRE CIENTIFICO | ESTACIONES | No. de Avistamientos | Índice de Constancia | Categoría |
| 1 | 2 |  |  |
| *Butorides striata* | 2 | 3 | 5 | 100,00% | C |
| *Egretta thula* | 1 | 4 | 5 | 100,00% | C |
| *Phalacrocorax brasilianus* | 1 | 4 | 5 | 100,00% | C |
| *Quiscalus mexicanus* | 2 | 3 | 5 | 100,00% | C |
| *Anas discors* | 1 | 3 | 4 | 80,00% | C |
| *Aramus guarauna* | 0 | 4 | 4 | 80,00% | C |
| *Ardea alba* | 1 | 3 | 4 | 80,00% | C |
| *Gallinula galeata* | 2 | 2 | 4 | 80,00% | C |
| *Fluvicola pica* | 1 | 2 | 3 | 60,00% | C |
| *Jacana jacana* | 1 | 2 | 3 | 60,00% | C |
| *Leucophaeus atricilla* | 2 | 1 | 3 | 60,00% | C |
| *Nycticorax nycticorax* | 1 | 2 | 3 | 60,00% | C |
| *Phimosus infuscatus* | 1 | 2 | 3 | 60,00% | C |
| *Quiscalus lugubris* | 2 | 1 | 3 | 60,00% | C |
| *Actitis macularius* | 1 | 1 | 2 | 40,00% | A |
| *Chrysomus icterocephalus* | 0 | 2 | 2 | 40,00% | A |
| *Colaptes punctigula* | 1 | 1 | 2 | 40,00% | A |
| *Dendrocygna autumnalis* | 0 | 2 | 2 | 40,00% | A |
| *Egretta caerulea* | 1 | 1 | 2 | 40,00% | A |
| *Himantopus mexicanus* | 0 | 2 | 2 | 40,00% | A |
| *Megaceryle torquata* | 0 | 2 | 2 | 40,00% | A |
| *Anas bahamensis* | 1 | 0 | 1 | 20,00% | I |
| *Ardea cocoi* | 1 | 0 | 1 | 20,00% | I |
| *Bubulcus ibis* | 0 | 1 | 1 | 20,00% | I |
| *Butorides virecens* | 0 | 1 | 1 | 20,00% | I |
| *Campylorhynchus nuchalis* | 0 | 1 | 1 | 20,00% | I |
| *Chloroceryle americana* | 0 | 1 | 1 | 20,00% | I |
| *Coragyps atratus* | 1 | 0 | 1 | 20,00% | I |
| *Crotophaga ani* | 0 | 1 | 1 | 20,00% | I |
| *Dendrocygna bicolor* | 0 | 1 | 1 | 20,00% | I |
| *Eudocimus albus* | 1 | 0 | 1 | 20,00% | I |
| *Hydroprogne caspia* | 0 | 1 | 1 | 20,00% | I |
| *Icterus nigrogularis* | 1 | 0 | 1 | 20,00% | I |
| *Machetornis rixosa* | 0 | 1 | 1 | 20,00% | I |
| *Ortalis garrula* | 1 | 0 | 1 | 20,00% | I |
| *Pandion haliaetus* | 1 | 0 | 1 | 20,00% | I |
| *Pelecanus occidentalis* | 1 | 0 | 1 | 20,00% | I |
| *Porphyrula martinica* | 1 | 0 | 1 | 20,00% | I |
| *Progne sp* | 0 | 1 | 1 | 20,00% | I |
| *Protonotaria citrea* | 0 | 1 | 1 | 20,00% | I |
| *Rosthramus sociabilis* | 0 | 1 | 1 | 20,00% | I |
| *Tachycineta albiventer* | 1 | 0 | 1 | 20,00% | I |
| *thalasseus maximus* | 1 | 0 | 1 | 20,00% | I |
| *Tyrannus dominicensis* | 0 | 1 | 1 | 20,00% | I |
| *Tyrannus melancholicus* | 1 | 0 | 1 | 20,00% | I |

Tabla 3.

Índice de Constancia, Ciénaga de la Virgen

|  |
| --- |
| LA VIRGEN. Indice de Constancia. Biontessori, Exp Bio IV (Campaña II) |
| n = 7 | C = Constantes, A = Accesorias, I = Incidentales |
| Etiquetas de fila | Bajo aves (1) | Bajo aves (1)  | Bajo Meza (2) | Juan polo (3) | Muelle | Total general | Const. | Cat |
| *Ardea alba* | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 7 | 100,00% | C |
| *Egretta tricolor* | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 7 | 100,00% | C |
| *Tringa semipalmata* | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 7 | 100,00% | C |
| *Egretta thula* | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 6 | 85,71% | C |
| *Fregata magnificens* | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 5 | 71,43% | C |
| *Butorides striata* | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 4 | 57,14% | C |
| *Cathartes aura* | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 4 | 57,14% | C |
| *Megaceryle torquata* | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 4 | 57,14% | C |
| *Numenius phaeopus* | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 4 | 57,14% | C |
| *Quiscalus mexicanus* | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 4 | 57,14% | C |
| *Actitis macularius* | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 | 42,86% | A |
| *Egretta caerulea* | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 42,86% | A |
| *Eupsitulla pertinax* | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 42,86% | A |
| *Thalasseus maximus* | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 42,86% | A |
| *Eudocimus albus* | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 28,57% | A |
| *Pelecanus occidentalis* | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 28,57% | A |
| *Phalacrocorax brasilianus* | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 28,57% | A |
| *Zenaida Auriculata* | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 28,57% | A |
| *Ardea herodias* | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 14,29% | I |
| *Butorides virecens* | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 14,29% | I |
| *Chloroceryle americana* | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 14,29% | I |
| *Egretta rufescens* | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 14,29% | I |
| *Limosa fedoa* | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 14,29% | I |
| *Milvago chimachima* | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 14,29% | I |
| *Phaetusa simplex* | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 14,29% | I |
| *Protonotaria citrea* | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 14,29% | I |
| *Quiscalus lugubris* | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 14,29% | I |



Coeficiente de Correlación de Pearson (p) = -0.09

Figura 1

Diversidad y Oxígeno Disuelto (mg/L), Ciénaga del Totumo (Ago-19, Feb-20)



Coeficiente de Correlación de Pearson (p) = -0.27

Figura 2

Diversidad y Oxígeno Disuelto (mg/L), Ciénaga de la Virgen (Ago-19, Feb-20)

 

Coeficiente de Correlación de Pearson (p) = 0,27

Figura 3

Riqueza y Oxígeno Disuelto (mg/L), Ciénaga del Totumo (Ago-19, Feb-20)



Coeficiente de Correlación de Pearson (p) = 0.38

Figura 4

Riqueza y Oxígeno Disuelto (mg/L), Ciénaga de la Virgen (Ago-19, Feb-20)



Coeficiente de Correlación de Pearson (p) = 0.73

Figura 5

Abundancia y Oxígeno Disuelto (mg/L), El Totumo, Ago-19 Feb-20



Coeficiente de Correlación de Pearson (p) = 0.65

Figura 6

Abundancia y Oxígeno Disuelto (mg/L), la Virgen, Ago-19 Feb-20



Datos CNAA, (\*) Datos Biontessori Expedición BIO IV, II Campaña

Figura 7

Diversidad Histórica de la Ciénaga de la Virgen, a partir de datos del Censo Neotropical de Aves Acuáticas (CNNA) Cortesía de Asociación Calidris, y Biontessori Expedición BIO IV (II Campaña).



Datos CNAA, (\*) Datos Biontessori Expedición BIO IV, II Campaña

Figura 8

Riqueza Histórica de la Ciénaga de la Virgen, a partir de datos del Censo Neotropical de Aves Acuáticas (CNAA) Cortesía de Calidris, y Biontessori Expedición BIO IV (II Campaña)



Datos CNAA, (\*) Datos Biontessori Expedición BIO IV, II Campaña

Figura 9

Abundancia Histórica de la Ciénaga de la Virgen, a partir de datos del Cneso Neotropical de Aves Acuática (CNAA) Cortesía de Calidris y Biontessori Expedición BIO IV (II Campaña)

Para acceder a los “Print Screen of Globe Visualization Data” seguir el link que a continuación se relaciona:

<https://drive.google.com/drive/folders/14SlV2NiwuDcyFgC_USetZWVlt62l5Nn-?usp=sharing>

**Discusión**

Se encontró que los índices de diversidad de Margalef, de los dos humedales para las estaciones segunda lluviosa del 2019 y primera seca de 2020, en los puntos muestreados son bajos, siendo el más bajo 0,91 para la ciénaga del Totumo en agosto de 2019 y el más alto, de 2,62 para la ciénaga de Juan Polo en la primera estación seca de 2020.

La riqueza de especies en ambos humedales no supera las trece especies, lo cual es bajo, cuando se le compara con los registros de años anteriores (CNAA). La abundancia de la Ciénaga de la Virgen es relativamente baja con relación a los 6 años anteriores, de los que se tienen registros del Censo Neotropical de Aves, y son números bastante similares a los del Totumo en la temporada lluviosa del 2019, sin embargo, llama la atención a esta unidad investigadora la abundancia de la Ciénaga del Totumo, en el muestreo de febrero de 2020 (período seco) en comparación con los conteos de agosto de 2019, e incluso con los conteos en la misma temporada, en la Ciénaga de la Virgen.

Hay una mayor representación de grupos funcionales en la Ciénaga del Totumo, que en la Ciénaga de la Virgen, que se explica por la presencia de boque seco en las inmediaciones del humedal. Llama la atención a esta UE, que persisten grupos funcionales propios de ambientes urbanos en la Ciénaga de la Virgen (ej. Carroñeras representadas en la especie *Cathartes aura*) y especies generalistas como la torcaza *Zenaida auriculata*, la Cotorrita carisucia *Eupsitulla pertinax*, el Chango llanero *Quiscalus lugubris* y la Maria Mulata *Quiscalus mexicanus*.

En general, el Oxígeno disuelto en ambos humedales, medido en las capas superficiales de la columna de agua, y en las dos estaciones climatológica del año, es bastante bajo, considerado hipóxico en casos como las estaciones 1 y 2 del Totumo, y el bajo Aves, en agosto de 2019 (< 2 mg/L), para las demás estaciones estuvo siempre por debajo de 5 mg/L, que se le considera bajo y capaz de poner en estado de estrés la vida acuática (Ji, Zhen-Gang, 2008).

La salinidad muestra un contraste entre ambos humedales siendo el Totumo oligohalino (0,5 – 5 ppt), polihalino en Juan Polo (18 a 30 ppt) e hipersalino en el resto de estaciones de la Ciénaga de la Virgen (> 30 ppt).

La transparencia medida con el disco Secchi, es normal para las dos estaciones del humedal del Totumo (entre 50 cm el más bajo y 116 cm el más alto), y muy bajo en la Ciénaga de la Virgen (valores que oscilan entre los 20 cm y los 50 cm), nuevamente Juan Polo se escapa un poco de esta tendencia con un Secchi de 70 cm en agosto de 2019.

La temperatura en las capas superficiales de la columna del agua oscila entre los 26,5 ºC en febrero y 28ºC en agosto para el Totumo, y es muy constante, alrededor de los 31ºC en la Ciénaga de la Virgen para las estaciones Aves y Meza, en Juan Polo solo se pudo registrar en febrero de 2020 y fue, como en los demás parámetros ligeramente inferior, 29ºC.

El pH aumento en ambos humedales en la estación seca del 2020 con relación a la estación lluviosa del 2019.

Dentro de las posibles causas de error se tiene el nivel de dominio de las técnicas y protocolos por parte de nosotros los estudiantes investigadores. Estamos aún en formación en cuanto al conocimiento de las aves. En relación con las técnicas de laboratorio, la precisión y los errores de paralaje en la medición de los volúmenes de titulación. En campo, las condiciones de cada investigador para observar el disco Secchi, la temperatura en la escala del termómetro o los colores y características del cielo, pueden afectar la calidad de los datos, El número de muestreos son pocos, pues se nos dificulta hacer más por los costos que implica el desplazamiento a los sitios, y el esfuerzo que implica cada salida de campo. Fue necesario descartar todos los datos de Nitratos, por vencimiento de uno de los reactivos. El Kit fue adquirido en junio de 2019 y uno de sus reactivos traía fecha de vencimiento en octubre de 2019. Ya se le hizo el reclamo al proveedor.

En un estudio realizado entre el 2006 y 2010 por Maldonado, W. et al, se reportan para la parte norte de la Ciénaga de la Virgen, concentración de Oxígeno Disuelto que oscilaban entre los 5.04 y los 6.64 mg/L. Este punto de comparación nos permite ver el nivel de deterioro de las condiciones del humedal, que hoy (ago-19 y feb-20) nos muestra una concentración promedio de 3.47 mg/L.

Los resultados obtenidos en la presente investigación permiten dar respuesta a la pregunta de investigación, en la medida que permiten hacer correlaciones entre los datos de Riqueza, Abundancia y el Indice de Diversidad de Margalef, de cada uno de los sitios de muestreo, con los parámetros físico químicos medidos a partir de los lineamientos y protocolos del programa GLOBE de la NASA. Se recomienda seguir acopiando información relativa a las poblaciones de aves en estos humedales, y de la calidad del agua, a partir de los protocolos de GLOBE, con el fin de contar cada vez con un “pool de data” más preciso.

**Conclusiones**

La concentración de Oxígeno Disuelto tiene una correlación negativa débil con la diversidad tanto en la Ciénaga del Totumo, como en la Ciénaga de la Virgen, es decir, a medida que decrece el oxígeno, aumenta sutilmente la diversidad. El grupo encuentra que esta correlación se fundamenta en el hecho de que cuando escasea el alimento, por las bajas concentraciones de oxígeno, si bien caen los números de riqueza y abundancia (correlaciones positivas con el Oxígeno disuelto), y desaparecen especies especialistas, propias de ambientes acuáticos, empiezan a llegar al humedal especies oportunistas generalistas, para el caso de la Ciénaga de la Virgen y su proximidad con el medio urbano, y especies del bosque, en el caso de la Ciénaga del Totumo, ante la facilidad de un alimento que se encuentra en condiciones de hipoxia (O2 <2 mg/L) (peces débiles, en la superficie, buscando oxígeno). En contraste, las correlaciones positivas entre la riqueza, la abundancia y la concentración de oxígeno disuelto, nos dice que en la medida que hay más sustento para las fuentes alimenticias, en este caso los peces y otros organismos propias del humedal, aumentarán las especies específicas del medio acuático, estrictas y no estrictas. De otro lado, el ecosistema tendrá la capacidad de albergar a más individuos, tal y como se pudo constatar en la salida de febrero en la Ciénaga del Totumo con las bandadas de más de 5000 individuos de *Spatula discors* (Barraquete) que este humedal pudo albergar.

Se observa también como el Coeficiente de Pearson es positivo para número de grupos funcionales y Oxígeno Disuelto en la Ciénaga del Totumo, indicando que a medida que aumenta el Oxígeno disuelto, también aumentan los grupos funcionales, sin embargo, en la Ciénaga de la Virgen esta correlación es negativa, demostrándose que las pobres condiciones de la Ciénaga le abren una oportunidad a que otros grupos funcionales ingresen a este ecosistema: carroñeras, como el *Cathartes aura*, granívoras como la *Zenaida auriculata*, frugívoras como la Cotorrita carisucia, *Eupsitulla pertinax*, y omnívoras como *Quiscalus lugubris* y *Quiscalus mexicanus*; estas con el tiempo, de prevalecer las condiciones actuales, irán desplazando a las especies propias del humedal, como lo demostraron Herrera et al, en 2018. Hechos que se sustentan en la bilbiografía con los trabajos de Copatti et al, en 2013.

En relación con la temperatura de las capas superficiales de la columna de agua, y la diversidad, la riqueza, y la abundancia, se obtuvieron correlaciones negativas en la Ciénaga del Totumo y la Virgen, es decir que a medida que aumenta la temperatura disminuye la diversidad, la riqueza y la abundancia; esto explica, precisamente, la relación de dependencia entre la temperatura y la concentración del oxígeno disuelto, donde a mayor temperatura, menos oxígeno disuelto hay disponible para los organismos vivos, quienes se lo consumen a través de la respiración. Este compuesto es vital para los demás seres que habitan el humedal y que sirven de alimento para las aves. Al escasear el alimento, las aves migran a otros lugares.

La diversidad y la riqueza también exhiben una correlación positiva con la salinidad en el Totumo, esta correlación se explica partir del hecho que, a mayor salinidad, los peces que son el alimento de las aves acuáticas, aumentan en número. Sin embargo, presenta la correlación negativa más alta con el número de individuos (abundancia), lo que se explica a partir de una posible causa de error con la muestra correspondiente a esta estación, que de hecho es la más cercana a la boca que conecta con el mar Caribe.

En la Ciénaga de la Virgen se encontró una correlación entre diversidad y salinidad positiva, y una correlación negativa entre Salinidad, con Riqueza y Abundancia. En este humedal como se mencionó anteriormente, se dan una condición de hipersalinidad, que afecta la vida en el agua. Cuando esta aumenta, disminuye la disponibilidad de alimento para las especies acuáticas propias del humedal y se abre la posibilidad de ingreso de especies generalistas, oportunistas. Lo contrario, favorece una condición más ajustada a las características de un ecosistema de manglar sano. Este hecho se respalda desde la bibliografía consultada (Bengen, D.G. / Dutton, I.M., 2004).

La transparencia en la Ciénaga del Totumo, con una mayor profundidad favoreciendo el mayor número de grupos funcionales, obedece a una mejora en las condiciones del humedal, a aguas tranquilas, poca erosión, pocos sólidos suspendidos, pocas algas muertas, lo cual es indicativo de un humedal sano, donde coexisten varios grupos de aves, con diversas formas de alimentación.

Por el contrario, la correlación negativa de la Virgen, nos habla de un humedal en un franco estado de eutrofización, el cual, desde el punto de vista de la transparencia o la falta de ella, nos muestra el deterioro de la calidad del agua y por ende la desaparición de grupos funcionales que no encuentran en él, su forma de sustento. La correlación negativa entre el pH y la diversidad se explica, nuevamente, por el favorecimiento de la llegada de especies generalista oportunistas cuando las condiciones del humedal se tornan hostiles para las especies acuáticas estrictas. Sin emabargo, es positiva con la riqueza y con la abundancia tanto en el Totumo como en la Virgen. Los pH más bajos se observaron en la estación lluviosa, y se explica porque se lavan en el humedal tierras ricas en Carbonato de Calcio, que se transforman en Acido Carbónico.

Para terminar, el grupo Biontessori en sus cuatro años de creado ha podido identificar y curar 65 especies de aves de las 294 que tiene en su colección de línea base. Algunas de las aves que no se han podido observar, son difíciles de ver en el bosque, o no se encuentran presentes en los humedales de la Virgen y el Totumo, algunas de ellas son cíclicas, otras definitivamente han desaparecido, como es el caso del Ostrero americano (*Haematopus palliatus*), del cual el último registro fue en 2013.

En cuanto a especies amenazadas, el grupo tiene identificadas 10 especies con algún grado de peligro. Dentro de las acuáticas esta unidad investigadora tiene relacionadas el Pato Cariblanco (*Anas bahamensis*), estado “Casi Amenzada-NT” del cual se hizo una importante observación en la Ciénaga del Totumo en la salida de febrero de 2019, el Gaviotín elegante (*Thallaseus elegans*), en estado “Casi amenazada-NT”, del cual no se han tenido registros en las dos salidas, la Garza Borracha (*Egretta rufescens*), en estado “Vulnerable-VU”, de la cual se obtuvieron registros en las dos salidas. El Aguila Coronada (*Spizaetus ornatus*), en estado “Casi amenazada-NT", sin registros, la Lora común (*Amazona ochrocephala*), la Cotorra Cheja (P*ionus menstruos*), el Periquito aliazul (F*orpus xanthopterygius*) , la Guacamaya azul y amarilla (*Ara ararauna*), que hacen parte del tratado CITES: apendix II, y la Guacamaya bandera (*Ara macao*) que hace parte del tratado Cites: apendix I. Estas especies de Guacamayas desde hace décadas no se observan en la zona de influencia de nuestro estudio, como se evidencia desde los saberes ancestrales.

Se pudo evidenciar la correlación entre las variables fisico químicas: oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, pH, transparencia y sólidos disueltos totales con la diversidad, la riqueza y la abundancia, poniendo de manifiesto que los factores antrópicos: tala de manglar, ocupación ilegal de predios, contaminación, obras civiles, y urbanismo desmedido y caótico, conllevan a una alteración de las condiciones del agua, que se manifiestan como una alteración de los valores óptimos de dichas variables, haciendo hostil el ecosistema para las especies más especializadas que dependen absolutamente de él, llevando en consecuencia, a la homogenización del ecosistema en torno a especies más generalistas que pueden vivir en toda clase de ambientes y por ende todo este cuadro, conduce necesariamente a una pérdida de la Biodiversidad. De esta manera esta unidad investigativa da respuesta a la pregunta que se planteó para la presente investigación y prueba la hipótesis planetada.

Recomendaciones y proyecciones

Con base en los resultados obtenidos, se propone continuar con los estudios de comunidades en este y en otros grupos biológicos, aumentando la precisión en los mecanismos de muestreo con el fin de afinar aún más los resultados obtenidos.

Continuar con las actividades de ciencia ciudadana como el Censo Neotropical de Aves Acuáticas en febrero y julio, así como el Bioconteo Participativo en la Ciénaga y en otros ecosistemas del Caribe colombiano.

Instar a las autoridades competentes a que cumplan su mandato de velar por la seguridad, los bienes y la honra de los ciudadanos, y no permitir que se siga talando y rellenando la Ciénaga de la Virgen, y los Bosques del Norte de la Ciudad de Cartagena.

A través de los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE), y los Proyectos Ambientales Universitarios (PRAU), sensibilizar a las niñas, los niños y los jóvenes acerca de la importancia de cuidar nuestro patrimonio biológico, tomando conciencia de nuestro rol como ciudadanos en un país megadiverso.

Invitar a todos los colegios del país a que se animen a adelantar Expediciones en el marco del Proyecto expedición BIO y la utilización de los protocolos del Programa GLOBE de la NASA como herramienta de análisis para la comprensión de los graves problema que aquejan nuestro planeta, y como una manera de hacer contribuciones auténticas y pertinentes que expandan la frontera del conocimiento.

Bibliografía/Citas:

Acuña, C. et al. (s.f.). *EXPEDICION ONDAS BIO Guía para los grupos de Investigación.* (Colciencias, Ed.) Bogotá DC, Colombia: Cataplum Libros.

Ayerbe, Q. F. (2018). Guía Ilustrada de la avifauna colombiana. ISBN 978-958-5461-03. 1a edición. WCS.

Bula, J. et al. (2017). *Expedición Ekoparque Luna Forest.* Colegio Montessori de Cartagena , Bolívar. Cartagena de Indias: Programa ONDAS Bolívar de Colciencias.

Bula, J. et al. (2017). *Las Aves del Ekoparque Luna Forest - Guía de campo*. (Biontessori, Editor, & I-Naturalist, Productor) Obtenido de I-Naturalist: <https://www.inaturalist.org/guides/6063>

Bula, J. ey al. (2017). *Las Plantas del Ekoparque Luna Forest Guía de Campo Expedición BIO 2017*. (Biontessori, Editor, & I-Naturalist, Productor) Obtenido de I-Naturalist: <https://www.inaturalist.org/guides/6064>

California Academy of Science. (1 de Marzo de 2020). *I-Naturalist*. Recuperado el 1 de Marzo de 2020, de I-Naturalist: www.inaturalist.org

Castillo-Cortes, L. C.-S.-G. (2014). *Primer Bioconteo de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo.* Asociación calidris. Cartagena de Indias: Fundación Ecoprogreso.

Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Guía de Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia - Aves* (Vol. 1). (L. A.-G.-S. Naranjo, Ed.) Bogotá D.C., Colomnia: WWF Colombia .

Copatti, C. D. (Dic de 2013). Birds in ecotono Atlantic Forest-Pampa in Southern Brazil . *Revista do Centro do Ciencias Naturais e Exatas - UFSM, Ciencia e Natura, 35*(2).

Day, J.W (editor). Estuarine Ecology. Second Edition. John Wiley and Sons, Inc. 2013.

Ecoprogreso, F. (2016). *III Bioconteo Ciénagas de la Virgen y Juan Polo.* Fundación Ecoprogreso. Cartagena de Indias : Fundación Ecoprogreso.

GLOBE Progra. (1 de marzo de 2020). Recuperado el 1 de marzo de 2020, [www.globe.gov](http://www.globe.gov/)

Herrera, S. et al (2018). Expedición Bio al Ecotono Bosque Seco Bosque de Manglar, de la Zona Norte de Cartagena, Bolívar, Cartagena de Indias: Programa ONDAS Bolívar de Colciencia.

Hilty, S. e. (2001). *Guía de las Aves de Colombia.* Cali: Cargraphics S.A.

Humbolt, I. (28 de 9 de 2017). *Bsoque Seco Tropical en Colombia*. Obtenido de Insituto Humbolt: <http://www.humboldt.org.co/es/investigacion/proyectos/en-desarrollo/item/158-bosques-secos-tropicales-en-colombia>

Humbolt, A. R. (2008). *Essay on the Geography of Plants.* Chicago: University of Chicago Press.

Humbolt, I. (1 de 1 de 2000). *SIB Colombia*. (I. Humbolt, Productor) Recuperado el 20 de 3 de 2018, de SIB Colombia: <http://www.sibcolombia.net/>

Ideam (1 de marzo de 2020). Recuperado el 1 de marzo de 2020, de Ideam.gov.co

I-Naturalist. (4 de August de 2017). *I-Naturalist Guides*. (C. A. Science, Productor) Recuperado el 1 de marzo 2020, de I-Naturalist: <https://www.inaturalist.org/>

Instituto Alexander Von Humbolt. (2016). *Propuesta de límite para la Ciénaga de la Virgen.* Instituto Alexander Von Humbolt. Bogotá: Instituto Alexander Von Humbolt.

Ji, Zhen-Gang. Hydrodynamics and Water Quality. Modeling Rivers, Lakes, and Estuaries. Wiley-Interscience. ISBN 978-0-470-13543-3 (cloth). 2008, John Wiley and Sons, Inc.

Maldonado et al (2011). Evaluación de la calidad del agua en la Ciénaga de la Virgen (Cartagena, Colombia) durante el período 2006-2010. Revista Científica Guillermo de Ockham. Vol. 9, No. 2. Julio - diciembre de 2011 - ISSN: 1794-192X - pp. 79-87

Mourra, V. R. (Mayo de 2017). Bioconteo 2016: Ciencia Ciudadana para las Ciénagas de la Virgen y Juan Polo en Cartagena . *CUEE VITAL, 2*(1), 30.

Mitra, A. Sensitivity of Mangrove Ecosystem to Changing Climate. ISBN 978-81-322-1508-0. Springer. 2013. 338 p.

Naranjo Henao, L. (1979). *Las aves marinas del Caribe colombiano: taxonomía, zoogeografía y anotaciones ecológicas.* (F. U.-F. Mar, Ed.) Bogotá D.C.

Ñaupas, H.P. (2014). *Metodología de la Investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. 4a edición. Bogotá: Ediciones de la U. 2014. 536p.

Renjifo, L. M.-V.-G.-T. (2016). *Libro rojo de aves de Colombia, Volumen II: Ecosistemas abiertos, secos, insulares, acuáticos continentales, marinos, tierras altas del Darién y Sierra Nevada de Santa Marta y bosques húmedos del centro, norte y oriente del país.* Bogotá D.C., Colombia: Editorial Ponti cia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt.

Restrepo Mesa, J. (2014). *Birds of the Colombian North Coast*. (I-Naturalist, Productor) Obtenido de I-Naturalist: <https://www.inaturalist.org/guides/383>

Restrepo Mesa, J. (2016). La Fundación Ecoprogreso y el Bioconteo de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo. En F. t. GIA (Ed.), *Consumo y producción sostenible, hacia una cultura responsable de trasnformación* (pág. 90). Cartagena de Indias: Sello Editorial.

Restrepo, J. (2014). *Colombian North Coast Tropical Dry Forest, Mangrove Forest and Savannah Plants Catalog*. (I-Naturalist, Productor) Obtenido de I-Naturalist: <https://www.inaturalist.org/guides/890>

Ruiz-Guerra, C. (2012). *Listado de Aves Acuáticas de Colombia.* Asocicación Calidiris. Cali: Asociación Calidris.

Steel & Torrie (1986). Bio estad´sitica, principios y procedmientos. Primera edición en español. Mc Graw Hill. 622 p.

Wiens, J.A. The Ecology of Bird Communities. Volume 2. Processes and variations. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press, 1989. 331 p.

Zhen-Gang, Ji. 2008. Hydrodynamics and Water Quality Modeling Rivers, Lakes, and Estuaries. John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-470-13543-3.

Anexos

**Otros Referentes Teóricos**

Diversos autores que señalan la importancia de la Ciénaga del Totumo, en el sistema de ciénagas y ambientes acuáticos del Caribe colombiano (Rangel J.O., p. 231).

De acuerdo con Jaramillo, A et al (...), en los sedimentos de las ciénagas del Caribe colombiano “se pueden correlacionar diferentes procesos de formación y colmatación, que permiten darle a cada uno de ellos una identidad. Tres sistemas de ciénagas (humedales) pueden resumir la riqueza de esta unidad de paisaje en el territorio del Caribe colombiano de acuerdo con el modo de funcionamiento: ciénagas riberinas, que mantienen conexión con los grandes ríos y quebradas; ciénagas de litoral con conexiones con el mar Caribe; y los sistemas cerrados interiores con escasa o nula conectividad a ríos y quebradas.

Entre las ciénagas de litoral del Caribe colombiano, se cuentan la Ciénaga Grande de Santa Marta y la del Totumo (p- xxiii). En esta misma categoría se clasifica la Ciénaga de la Virgen. “Forman parte natural de la planicie costera y están influenciadas por un doble hidro período” (Rangel, J.O., p. 4).

“La salinidad del agua y del substrato combinadas, condicionan el establecimiento de los distintos tipos de comunidades vegetales, desde manglares muy tolerantes a la salinidad hasta asociaciones de aguas dulces con tolerancia esporádica al agua salobre” (Inbid, p. 5).

En su libro Planificación Ecorregional para la Conservación de la Biodiversidad en el Caribe continental colombiano, escrito por Galindo, G. et al (2009), Ecopetrol señala como una de las áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en el Caribe colombiano, el complejo cenagoso del Totumo y la Venia. Así como el complejo de bosques y arbustales secos del corredor Turbaco – Canalete – Tubará.

Los estudios de Torres, et al (2017), de Oliver, J. (2011) que se relacionan a continuación refuerzan la importancia del estudio de la Ciénaga del Totumo.

*Gambusia lenaitrei* (Fowler, 1950), conocida comúnmente, como Pipón de Totumo y como Totumo Gambusia, ha sido reportada en el libro rojo de los peces (2017), se considera endémica y de la cual solo se ha registrado en una localidad del Caribe colombiano, la Ciénaga del Totumo.

Se le considera en peligro crítico (CR) dada su pequeña área de ocupación (menos de 10 Km 2), en una sola localidad que según diversos autores, “está expuesta al deterioro del hábitat por acciones de origen antrópico vinculadas con la expansión de la frontera agrícola y ganadera, el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento, interrupciones de la dinámica hídrica, el uso inadecuado de los recursos, la disminución de los caudales de caños y arroyos y la introducción de especies exóticas” (Chasqui V., L et al. p. 58).

En 2011, Oliver, J. et al, reportan la contaminación del *Mugil lisa* con nematodos del género *Contracaecum*, en especímenes capturados en la Ciénaga del Totumo. El nivel de prevalencia es el mismo que fue reportado para la misma especie en la Bahía de Cartagena. Los efectos histológicos de la presencia de estos parásitos se consideran bio indicadores de aguas de baja calidad en términos de la falta de oxígeno y de la polución química. Aunque también se puede considerar como el resultado de severos procesos inflamatorios en respuestas a daños en los tejidos, o a una variedad de infecciones (p. 3292).

Este autor nos permite correlacionar las bajas concentraciones de oxígeno encontradas en el humedal, con trabajos previos hechos en la zona de estudio, y en otros grupos de vida. De igual manera, los peces hacen parte importante de la dieta de aves y de humanos.

**Otros Antecedentes**

Un importante trabajo de Tesis que hace una gran contribución al estudio de las aves marinas del Caribe colombiano, es el de Luis Germán Naranjo Henao, en 1979, y que lleva por título “Las Aves Marinas del Caribe colombiano: Taxonomía, Zoogeografía y Anotaciones Ecológicas” y que se podría decir sin lugar a dudas que es el primer gran intento por caracterizar y sistematizar en un solo documento las especies de aves marinas del Caribe. La bibliografía citada en esta Tesis, por la calidad de los autores a los que hace referencia, en estudios anteriores de las aves del Neotrópico y el Caribe son en sí mismos, un valioso aporte (Naranjo Henao, 1979).

En 2012, la Asociación Calidris de Cali, publica el listado de las aves acuáticas de Colombia, declarando que para ese momento el país contaba, citando a Stiles et al, 1819 especies, de las cuales 266 son consideradas aves acuáticas “y corresponden al 15% de la avifauna colombiana. De este listado 239 son acuáticas estrictas y 27 son no estrictas “ (Ruiz-Guerra, 2012)

Otro material importante que contribuyó a la configuración del listado colombiano de aves, es la Guía de las especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia, Volumen 1, correspondiente a las Aves, editado por Naranjo, L.G., Amaya, J.D, Eusse-González, D. & Cifuentes-Sarmiento. Una colección de tres volúmenes publicado por la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, dedicados a las especies migratorias de aves, tortugas marinas, peces dulceacuícolas y marinos, mamíferos marinos, mamíferos dulceacuícolas, murciélagos e insectos, que migran hacia o entre el mismo territorio colombiano (Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible., 2012).

En 2013, Fundación Ecoprogreso con apoyo de la Asociación Calidris y la participación de empresas de ecoturismo de la Boquilla, la comunidad científica nacional e internacional, empresas del orden nacional y local, estatales y privadas, estudiantes y docentes de colegios y universidades y ciudadanía en general, emprende dos censos de aves acuáticas por año, con fondos de Wetland International, en la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, en la ciudad de Cartagena. Adicionalmente, desde 2014 se vienen realizando bioconteos participativos en la Ciénaga, que buscan a partir de ejercicios de ciencia ciudadana, hacer inventarios de aves, peces, herpetofauna, insectos, moluscos, crustáceos y murciélagos. En 2016, se incluye en los bioconteos y en los censos neotropicales de aves acuáticas, los canales Calicanto y Calicanto nuevo, Unidad Comunera de Gobierno 6, con el apoyo de la Fundación Social (Castillo-Cortes, 2014) (Ecoprogreso, 2016)(Restrepo Mesa, La Fundación Ecoprogreso y el Bioconteo de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, 2016)(Mourra, 2017).

A continuación, se relacionan algunos registros para las Ciénagas del Totumo y la Virgen, que son importantes pues le dan aún más validez a esta investigación, porque permite apreciar que el aporte al conocimiento de las aves en esta región del Caribe colombiano.

*Rosthramus sociabilis* (Vieillot, 1817) Caracolero común, en la p.348

de **Marquez C., Bechard M., Gast F., Vanegas V.H. 2005. Aves rapaces diurnas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt”. Bogotá, D.C. - Colombia. 394 p.**

*Pelecanus occidentalis* Pelícano común, por Mercado, 1971:10 (Ciénaga “El Totumo”, Bolívar, y *Fragata magnificens* Fragata o Tijereta, por Mercado, 1971:10 (Ciénaga “El Totumo”, Bolívar)

En **MERCADO, J. E. 1968. Observaciones ecológicas generales de la ciénaga de La Virgen y su fauna. INDERENA, Divulgación Pesquera 5 (3): 1-12, 2 tabl., 1 fig. 1971. Notas preliminares sobre el estudio Limno-Biológico de la ciénaga “El totumo” y su aprovechamiento como vivero de lisas, langostinos y jaibas. INDERENA, Divulgación Pesquera 13 (2-3) : 1-16.** Citado por: Naranjo, L. (1979). Las Aves Marinas del Caribe Colombiano: Taxonomía, **Zoogeografía y Anotaciones Ecológicas. Tesis Biología Marina. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.**

En este estudio de la Asociaición Calidris de 2008, se reporta que la localidad del Totumo presenta la mayor concentración de patos para las costas del Departamento del Atlántico (p. 43). En esta misma publicación, Calidris sugiere que la Ciénaga del Totumo sea considerada como un nuevo sitio de importancia para las aves (IBA) en la costa Caribe colombiana (p. 61). Citan como argumento que “las lagunas costeras incluyendo la Ciénaga de Mallorquín, la Ciénaga del Totumo, y Galerazamba-Bocatocino, cuentan con registros importantes para playeros y con la única colonia reproductiva del Charrancito americano (*Sternula antillarum*) reportada hasta el momento para esta zona (Reyes 2003, citado por Ruiz-Guerra et al, 2008 ).

**Ruiz-Guerra, C.; Johnston-González, R., L. F. Castillo Cortés, Y. Cifuentes-Sarmiento, D.**

**Eusse & F. A. Estela. 2008. Atlas de Aves Playeras y otras Aves Acuáticas en la costa**

**Caribe colombiana. 2008. Asociación Calidris. Cali. Colombia. Páginas 72**

Esta última anotación, sobre la recomendación de Calidris, es de suma importancia, pues corrobora lo que el grupo Biontessori intuía desde las campañas I, II y III y es que este es un corredor de vuelo y estos humedales juegan un papel muy importante como sitios de reposo y alimentación.

**Wiens,J.A. The Ecology of Bird Communities. Volume 2. Processes and variations. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press, 1989. 331 p.**

Wiens hace importantes aportes en relación con el efecto de las variaciones de los parámetros físico-químicos y las variaciones en las composiciones de las comunidades de aves, que refuerzan la hipótesis del grupo, según la cual, los fuertes efectos antrópicos están causando grandes alteraciones en los parámetros físico-químicos del agua, que se ven aumentados por factores climáticos estaciones, y que están alterando la composición de las comunidades de aves.

**Ji,ZhenGang. Hydrodynamics and Water Quality. Modeling Rivers, Lakes, and Estuaries. Wiley-Interscience. ISBN 978-0-470-13543-3 (cloth). 2008, John Wiley and Sons, Inc.**

Este autor nos aporta valiosísimos conceptos como los son la Eutrofización, y sus síntomas. Todo el impacto y la importancia del Oxígeno Disuelto, y como este se asocia a la dinámica de un ecosistema acuático. Igualmente, nos aporta definiciones y relaciones de causa y efecto entre importantes parámetros, como lo son la Turbidez y los Solidos Disueltos Totales.

**Day, J.W (editor). Estuarine Ecology. Second Edition. John Wiley and Sons, Inc. 2013.**

Day nos ofrece definiciones y claridad sobre los términos claves: Mangle, Manglar, Ecosistema de Manglar.

**Mitra, A. Sensitivity of Mangrove Ecosystem to Changing Climate. ISBN 978-81-322-1508-0. Springer. 2013. 338 p.**

Este autor nos ofrece una serie de correlaciones muy interesantes entre cambios regionales y globales a nivel del clima, de los parámetros físico químicos y sus impactos en los organismos vivos que habitan los ecosistemas acuáticos.

**Bengen, D.G. & Dutton, I.M. 2004, Chapter 28 Interactions: mangroves, fisheries, and forestry management in Indonesia. Fishes and Forestry: Worldwide Watershed Interactions and Management. Edited by T.G. Northcote, G.F. Hartman. Blackwell Publishing. p 633-634).**

Este autor nos hace un importante aporte en lo referente a la salinidad, sus rangos y medidas.

De la página web del IDEAM (ideam.gov.co) se pudo recuperar la pluviosidad y la amplitud de mareas de los días que antecedieron las salidas de campo en inmediaciones de la Ciénaga de la Virgen, estación Aeropuerto Rafael Núñez.

**IDEAM (ideam.gov)**

La Marea:

para los días 16 y 17 agosto de 2019:
Amplitud de la variación 30 cm (0 cm / 30 cm)
para el día 3 de febrero de 2020:
Amplitud de marea 40 cm (-3 cm / 35 cm)

Precipitación:
para los días 16 y 17 agosto de 2019
para el 15 de agosto precipitación de 6 mm
para el 16 de agosto precipitación de 12 mm
para el 17 de agosto precipitación de 0 mm
Acumulada a agosto 17, 60 mm, siendo aproximadamente unos 12 mm por debajo del histórico decadal (1981-2010)

para el 3 de febrero de 2020
la precipitación fue de 0 mm, el acumulado es 0 mm y el hisórico decadal (1981-2010) es de 0 mm.
En enero 2020 la precipitación acumulada fue de 0 mm, y el histórico decadal (1991-2010) muestra una precipitación acumulada de 2 mm.

Con la web 2.0, aparecen herramientas poderosas que sirven de reservorio de observaciones y que permiten el geo posicionamiento y el almacenamiento de fotografías, adicionalmente ofrecen la posibilidad de acceder a un grupo de curadores que validan los registros. Estas herramientas han permitido darle un gran impulso al tema de la ciencia ciudadana y participativa. Dos de ellas son el componente tecnológica del presente proyecto: Encyclopedia of Life (Eol.org) y I-Naturalist (Inaturalist.org).

Como fuente de información para completar el listado de la línea base se tomaron las colecciones “Birds of the Colombian North Coast”, “Colombian North Coast Tropical Dry Forest, Mangrove Forest and Savannah Plants Catalog” y “Las aves de mi ciudad” editadas por Restrepo Mesa, J.F. (Restrepo Mesa, Birds of the Colombian North Coast, 2014) (Restrepo, 2014) y las colecciones Las Aves del Ekoparque Luna Forest - Guía de campo y Las Plantas del Ekoparque Luna Forest Guía de Campo Expedición BIO 2017, editadas por el grupo de Investigación Biontessori (Bula J. Et al., Las Plantas del Ekoparque Luna Forest Guía de Campo Expedición BIO 2017, 2017) (Bula J. Et al., Las Aves del Ekoparque Luna Forest - Guía de campo, 2017).