

Cobertura terrestre y comunidades de aves, en bosques de manglar, Cartagena, Co

(Período 2013-2021)

Por:

**Luna Vélez, Diego (9°), Olmos Tejeda, Gabriela (9°), Porto Sanabria, Lito (10°), &
Sánchez Ojeda, Jimena (10°)**

**Maestros Co-Investigadores: Restrepo Mesa, Juan Felipe & Velandia Ricardo,
Katherine**

**Aspirando a obtener las insignias: I am collaborator, I make an Impact, I am a data
scientists, I am an Engineer, I am a Stem Professional, I am Stem StoryTeller**

Grupo de Investigación Biontessori (creado en 2017)

Colegio Montessori de Cartagena

Cartagena de Indias - Colombia

2022

1. RESUMEN

Las aves son muy sensibles a las condiciones que ofrece el bosque: la diversidad de flora y fauna, la disponibilidad de alimento, agua y abrigo, temperatura, pluviosidad y duración del día-luz, entre otros, son factores que determinan su riqueza y abundancia. (Morgan, M. 2004, p. 30). Esta unidad investigativa se planteó la pregunta: ¿Cuál es la relación que existe entre la Cobertura Terrestre y la diversidad de las comunidades de aves, en relictos de bosque de manglar, al norte del Cartagena, en inmediaciones de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, durante la época lluviosa del año, período 2013-2020? Se llevó a cabo una investigación que contempló tres fases: (1) Planeación (2) Desarrollo de la investigación, colecta y análisis de datos. Comparación de los índices NDVI y MTVI2 para la zona, durante el período de estudio (3) Comunicación de resultados, ante comunidades de pares, en el colegio y en otros espacios. Se pudo responder la pregunta de investigación al demostrar que los cambios en el uso del suelo y en la cobertura terrestre, conllevan consigo cambios en la diversidad de las comunidades de aves, particularmente grupos funcionales sensibles al suministro de alimento, con altos niveles de adaptación. En el presente estudio se logró demostrar el alarmante deterioro de los bosques de Manglar al norte del Distrito de Cartagena, en inmediaciones de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, con consecuencias directas sobre la diversidad de las comunidades de aves acuáticas propias de este humedal y sobre el clima. A medida que se degrada el bosque se pierde la diversidad alfa, se secuestra menos dióxido de carbono y se exagera el problema del cambio climático. Se recomienda abrir de manera urgente una boca para el ingreso de agua oceánica al norte del humedal.

Palabras clave: Manglar, Aves, Cobertura Terrestre, NDVI, MTVI2

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la relación que existe entre la Cobertura Terrestre y la diversidad de las comunidades de aves, en relictos de bosque de manglar, al norte del Cartagena, en inmediaciones de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, durante la época lluviosa del año, período 2013-2020?

Las diversidad y la abundancia de las comunidades de aves son factores muy sensibles a las condiciones que ofrece el bosque tales como la diversidad de flora y fauna, la disponibilidad de una dieta balanceada, el abrigo, la protección, la temperatura, la pluviosidad, la disponibilidad de fuentes de agua limpia, la duración del día-luz, entre otros,

resultando ser un excelente indicador para medir el impacto en los cambios en el uso del suelo (Morgan, B. 2004, p. 30 Guevara-Ochoa, C et al, 2017, Rurangwa, M.L et al. 2021).

En las últimas tres décadas, en Colombia se ha venido perdiendo una enorme cantidad de superficie del bosque. Con los actuales criterios de evaluación de la conservación del bosque dictados por la IUCN, se estima que más de la mitad de los ecosistemas terrestres colombianos “presentan condiciones que amenazan su integridad y por consiguiente también su capacidad de proveer servicios a la sociedad ”. (Instituto Humboldt, 2018 Hernández, J. R. et al, 1992, Myers, N. et al, 2000, Orme et al, 2005, Pimm et al, 2006, citados por el Instituto Humboldt, 2018).

A cifras del 2017, el Instituto Humboldt reportaba que 22 ecosistemas de Colombia, representando el 27% de su superficie, se encontraban en estado crítico (CR), siendo precisamente, los ecosistemas secos, los humedales del Caribe y los Andes y el piedemonte llanero. (ibid, p. 2 de la versión digital).

De otro lado, Colombia es el país más biodiverso del mundo en aves con 1980 especies reportadas. Solamente para la Ciénaga de la Virgen, los científicos ciudadanos hemos reportado en la plataforma e-bird, 180 especies (<https://ebird.org/colombia/explore>).

3. INTRODUCCION Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Problema

Esta unidad investigativa busca comprender la relación entre el uso del suelo, la Cobertura Terrestre y la diversidad de las comunidades de aves expresada en términos de abundancia y riqueza, asociadas al Bosque de Manglar, en inmediaciones de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, al norte de Cartagena (Latitud 10.48340, Longitud -75. 48408), entre 2013 y 2020. Igualmente, explicar las causas de la evidente desaparición de algunas especies y la sustitución de otras por especies más generalistas.

Para ello se utilizaron imágenes satelitales Landsat 8, descargadas de las plataformas USGS Earth Observatory: <https://earthexplorer.usgs.gov/> y Planet.com <https://www.planet.com/>, con las que se compararon los índices de Vegetación de Diferencia Normalizada - NDVI y el índice Vegetación Triangular Modificado - MTVI2 para el período de estudio. La serie de datos de las aves para el período comprendido entre 2013-2020, temporada lluviosa (Julio-Septiembre), nos fueron proporcionadas por los ornitólogos de la Asociación Calidris (Ruiz-Carlos y Cifuentes-Yanira, 2014-2021), representantes para Colombia del Censo Neotropical de Aves Acuáticas, actividad de

ciencia ciudadana organizada a nivel continental por Bird Life International, y en la cual esta unidad investigativa participa como coordinador local, conjuntamente con la ONG Fundación Serena del Mar, y nosotros los estudiantes, participamos como científicos ciudadanos apoyados por los científicos de Calidris, en la recolección y conteos de las aves, y en la consolidación y análisis de la información recogida.

El NDVI es uno de los llamados Índices de Baja Resolución Espectral (Gilabert, M.A. et al, 1997), y uno de los más utilizados (Ibid). Fue propuesto por primera vez por J.W Rouse Jr. y colaboradores, en 1973. Se calcula como la razón entre la reflectancia de infrarrojo cercano y la reflectancia del rojo (Gilabert, M.A., et al 1997, Rouse, J.W. et al, 1973). Cuanto más denso es el follaje, mayor es la reflectancia del infrarrojo cercano y el índice se acerca a 1, no obstante, en vegetaciones dispersas, este índice puede estar influenciado por la reflectancia del suelo de fondo o por las condiciones atmosféricas (Gilabert, M.A. 1997). Los valores de este índice varían de 1 a -1.

El Índice de vegetación triangular modificado por otra parte, MTVI2, es un índice de vegetación que permite detectar el contenido de clorofila de las hojas a escala de dosel arbóreo, y es relativamente insensible al Índice de Área Foliar (Recuperado de ArcGIS, 2021) al suprimir el efecto causado por el contenido de Clorofila en las hojas (Naichen X, et al., 2020). Los valores de este índice varían de 1 a -1.

Hipótesis

Hipótesis de trabajo 1: Las parcelas de bosque con menores índices de vegetación de diferencia normalizada, y de vegetación triangular modificada, presentan las menores coberturas arbóreas, las menores abundancias, los más bajos índices de diversidad de aves especialistas, y los más altos índices de especies generalistas.

Hipótesis de trabajo 2: Los índices de diversidad de las aves y las condiciones de cobertura terrestre, así como los NDVI y MTVI2 en la zona de estudio, han venido deteriorándose a lo largo del período de estudio 2013-2021, para la segunda temporada lluviosa del año.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Objetivo General

Hallar la relación que existe entre la Cobertura Terrestre del Bosque y la diversidad de las poblaciones de aves, en relictos de Bosque de Manglar al norte de Cartagena, en inmediaciones de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, para el período 2013-2020, durante la segunda temporada lluviosa del año.

Objetivos Específicos

Hacer conteo de aves y toma de parámetros fisicoquímicos en dos humedales al norte del Distrito de Cartagena: la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo y la Ciénaga del Totumo, en un muestreo, en el mes de agosto del 2021, segunda temporada lluviosa del año.

Calcular las diversidades de Margalef, Shannon y Sorensen con base en los datos de los Censos Neotropicales de Aves Acuáticas 2013-2020, las salidas de campo de agosto de 2019 y 2021, el censo de septiembre de 2021 y el listado de línea base de las aves más probables para la zona Norte del departamento de Bolívar, que esta Unidad Investigativa viene desarrollando desde el 2017.

Analizar las variaciones en los mapas de calor de los Índices de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), de Vegetación Triangular Modificado MTVI2, de Color Real, y de Color Infrarrojo, en relictos de Bosque Manglar, para la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo período 2013-2020. Segunda temporada lluviosa del año (Julio-Septiembre).

Analizar variaciones en los Índices de diversidad de Margalef, Shannon, y Sorensen, de las comunidades de aves, al norte de Cartagena, en relictos de Bosque de Manglar en inmediaciones de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, período 2013-2021. Segunda temporada lluviosa del año

Comparar los datos correspondientes a las imágenes de satélite (NDVI, MTVI2, CIR, Color Real), los parámetros fisicoquímicos y meteorológicos (IDEAM) y la variación en la diversidad de las aves, de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, y la Ciénaga del Totumo (como control), para el período 2013-2020, segunda temporada lluviosa del año.

Sitio de Estudio

Nuestro proyecto se ubica en la región Caribe colombiana, al norte del Distrito de Cartagena, entre los corregimientos de La Boquilla, Manzanillo del Mar, Tierra Baja y Puerto Rey, en inmediaciones de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo y la Ciénaga del Totumo, corregimiento de Lomita Arena. La Ciénaga de la Virgen es el segundo humedal en importancia en la región Caribe colombiana, lamentablemente uno de los más afectados por la tala de manglar, la falta de recirculación de agua de mar, las invasiones ilegales, el urbanismo caótico y desmedido y las obras civiles recientemente ejecutadas, tal como lo señaló esta misma unidad investigativa en 2018, en el informe Expedición ONDAS BIO al ecotono Bosque Seco Bosque de Manglar; trabajo de investigación que representó a Colombia en la Feria Internacional de Mostratec en 2019 y que ocupó el tercer puesto.

Recolección de Datos

Se llevaron a cabo dos salidas de campo a las Ciénagas del Totumo, La Virgen y Juan Polo, en agosto de 2019 y 2021. A la salida asistieron estudiantes investigadores, maestros co-investigadores y padres de familia. A tempranas horas de la mañana se hizo un recorrido

en lancha a dos estaciones denominadas Norte y Sur, en la Ciénaga del Totumo (Latitud 10,74 Norte y Longitud 75,23 Oeste, Latitud 10.74 Norte y Longitud 75,23 Oeste, respectivamente). En el recorrido hacia la Estación Sur se hizo un recuento de las especies de aves observadas y se anotaron en el espacio denominado especies entre puntos. Ya en la estación se hizo un conteo de individuos por especie en un radio de 100 metros, durante 10 minutos, cuidando de no recontar. Con base en los protocolos de Atmósfera e Hidrósfera del Programa GLOBE de NASA se tomaron datos de parámetros fisicoquímicos del agua, la nubosidad y color del cielo, usando la carta de Nubes. Igualmente, temperatura del agua y temperatura libre del aire usando un termómetro de alcohol (-10 a 100 grados Celsius) de carcaza. Se midió la transparencia del agua usando el disco Secchi, y se tomaron muestras de agua para ser analizadas posteriormente en el laboratorio. Así mismo, se evaluó el estado de la marea, precipitación si había, vegetación flotante y vegetación emergente, así como cualquier otro hecho notable en la estación. Este mismo procedimiento se repitió en la estación norte, y en la tarde después de las 15:00, en la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo en las estaciones: Bajo Aves, Bajo Meza y Juan Polo.

En el laboratorio dentro de las siguientes 24 horas, se hicieron pruebas de pH, salinidad, Oxígeno Disuelto por el método de titulación y Nitratos como NO₃-N.

Para obtener las imágenes de satélite Landsat 8, se descargaron vistas de ambas zonas de estudio del reservorio de la USGS. se extrajeron los datos de las Bandas 7, 5 y 3 de las

imágenes Landsat, y con el Programa ArcGIS Pro 2.8 de ESRI, se calcularon los NDVI y MTVI2 para las zonas de estudio. Adicionalmente, y con una precisión de 4.7 metros por pixel, en el Infrarrojo, y mapas de calor de los Índices NDVI y MTVI2, se compararon los mapas de calor, alojados en plataforma Planet de Planet Lab (<https://www.planet.com/>), correspondientes a los meses de junio años 2016-2020. En cuanto a los datos de cobertura, se utilizaron polígonos de las zonas de estudio en Google Earth Pro y de la plataforma Global Forest Watch (<https://www.globalforestwatch.org/>). Con la asistencia del Profesor Milton Guerrero, y la estudiante de Ingeniería Ambiental Luisa Ospina, de la Universidad Tecnológica de Bolívar, recibimos formación y capacitación en el procesamiento de las imágenes en color real en Google Earth Pro. Se utilizaron entre otras las funciones “historial de imágenes”, “polígonos” y “rutas”. Para cotejar datos de temperaturas del agua, superficial y libre del aire de las zonas de estudio, se utilizó la plataforma My NASA DATA (<https://mynasadata.larc.nasa.gov/>). Esta unidad investigativa agradece a la Universidad Tecnológica de Bolívar y al Programa ONDAS del Minciencias, su apoyo en la capacitación y el entrenamiento en el uso de herramientas de interpretación de imágenes satelitales.

En cuanto al dataset de los censos de aves correspondientes al período 2013-2020, se solicitaron a la Asociación Calidris y estos le fueron enviados por correo a esta unidad investigativa en un archivo en Google Sheets, discriminados por estación, especie, número de individuos por especie y época del año. Se debe tener en cuenta que se llevan a cabo dos censos Neotropicales al año, uno en el mes de febrero y el otro en julio. Los datos

utilizados en el presente estudio corresponden al mes de julio y a la localidad de La Boquilla. En el mes de septiembre de 2021, se llevó a cabo un censo de aves en la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, en el cual esta unidad investigativa participó, datos que también se incluyeron en el presente análisis.

Análisis de Datos

Tomando los datos de aves de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo correspondientes a la serie 2013-2020 proveídos por la Asociación Calidris, y los datos correspondientes a la salida de campo de agosto 22 y el censo de septiembre 17 de 2021, se organizó la información en un único dataset, incluyendo los siguientes campos: año, fecha del conteo, localidad, mes, especie y el número de individuos. Haciendo una búsqueda con la función Vlookup de Microsoft Sheets en la hoja “Línea Base”, se adjuntó al dataset original la categoría Grupo Funcional.

Los parámetros físico-químicos obtenidos para ambas zonas de estudio por esta misma unidad investigativa en agosto de 2019 y en agosto de 2021, se tabularon y graficaron. Se tomaron datos de parámetros físico químicos de la Plataforma My NASA DATA de la NASA para la zona de estudio y la serie 2013-2021. Igualmente, se buscaron datos en la página del IDEAM para estas mismas fechas en la zona de estudio.

Desde la plataforma Planet de Planet Labs, se tomaron vistas del NDVI, MTVI2 y CIR de la zona de estudio para el mes de junio, serie 2016 a 2020.

Con las imágenes satelitales y aéreas de la plataforma Google EARTH Pro se construyeron polígonos en relictos de Bosque de Manglar original, en la zona de estudio, a partir de una imagen de 1969. Se tomaron vistas de la zona de estudio para la serie 2013-2021. En una fotografía reciente de la zona, se construyeron polígonos sobre relictos de Bosque de Manglar que han desaparecido por acción antrópica.

De los archivos fotográficos de la Fundación Ecoprogreso, se escogieron fotografías hechas con DRONES en los Bioconteos de 2014, 2015 y 2016, y fotografías tomadas por los censistas que mostraban en detalle las intervenciones antrópicas.

Para el presente apartado ver imágenes, tablas y gráficos en el Anexo III y IV del presente informe.

El dataset original de conteos de aves se filtró por localidad, año y por temporada, que para este estudio corresponde a la segunda temporada lluviosa del año. Igual tratamiento se hizo a los datos de 2019 y 2021 de la Ciénaga del Totumo.

Desde el dataset original ya filtrado, y usando la función Tabla Dinámica de Google Sheets se procedió a construir tablas de datos filtradas por año, por especie y número de individuos (abundancia), por año, grupo funcional y número de especies por grupo funcional, así como por año, grupo funcional y número de individuos. Las nuevas tablas construidas se usaron para calcular mediante fórmula, las diversidades de Margalef, Shannon y Sorensen. Desde las tablas de grupos funcionales, se extrajeron dos grupos en particular: las aves vadeadoras y las aves limícolas, a las que se les calculó a cada categoría, la diversidad de Margalef.

Los nuevos datos obtenidos, se graficaron así: (1) diversidades de Margalef y Shannon para la serie 2013-2021, (2) abundancia por grupos funcionales y (3) riqueza por grupos funcionales, por año, para la segunda temporada lluviosa, serie 2013-2021, (4) diversidad de Sorensen de cada año con relación a la serie de datos de 2013, tomado este último como año base, (5) Se construyeron gráficos de barras para comparar los parámetros físico-químicos de ambos años, así como la pluviosidad por año.

Se hizo un análisis del índice de Diversidad de Sorensen, comparando la Ciénaga de la Virgen y el Totumo, para un mismo año y entre años (2019 y 2021).

Los gráficos obtenidos se compararon cualitativamente con las imágenes de los índices de reflectancia a partir de vistas satelitales obtenidas en la Plataforma Planet.

Se relacionaron las variaciones en la cobertura terrestre y la variación de los índices NDVI, MTVI2, CIR para la zona de estudio, período 2016-2020.

Se compararon las variaciones en los índices de reflectancia NDVI, MTVI2, CIR con las imágenes satelitales de color real, e imágenes aéreas de la zona de estudio, y de estos, con los índices de diversidad de las comunidades de aves para el período 2016-2020, segunda temporada lluviosa del año.

Se relacionaron las variaciones en la cobertura terrestre, la variación de los parámetros físico-químicos y de la pluviosidad en la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, Período 2013-2021, segunda temporada lluviosa del año.

Con las áreas de los polígonos obtenidos desde la plataforma Google Earth, se calculó el área que se ha perdido de relicto de Bosque de Manglar, aledaños a la zona de estudio. Igualmente, los datos obtenidos y los análisis realizados se contrastaron con el reporte internacional de Global Forest Watch para las zonas de estudio.

RESULTADOS

La diversidad de Margalef para la zona de estudio, durante el período 2013-2021, segunda temporada lluviosa del año, se mantiene dentro de un rango normal, intermedio, sin embargo, llama la atención el mayor valor correspondiente al año 2017. El Índice de Shannon, por su parte, más sensible por ser construido a partir de la probabilidad de la presencia de cada especie presente en la comunidad, muestra un comportamiento más parejo. No obstante, los valores más altos se concentran entre 2016 y 2018. Ambos índices muestran un deterioro a través del tiempo. El mayor valor de 2021 se explica ante la sustitución que ha venido ocurriendo de especies acuáticas especialistas por especies generalistas (Figura 1). En la figura 3 se representa la diversidad de Sorensen por año, con base en 2013, y muestra el cambio ocurrido en la ciénaga.

Las aves se agruparon en 12 categorías denominadas grupos funcionales, (Tabla 3, Anexo III). Fueron analizados dos grupos funcionales de Aves Acuáticas estrictas en particular, altamente sensibles y dependientes del humedal y de sus condiciones en cuanto a calidad de la cobertura terrestre y la disponibilidad de alimento, dadas sus especializaciones y adaptaciones en picos, patas y hábitos alimenticios, las vadeadoras y las limícolas (Sánchez et al, 2006, Hanson, A. & J. Kerekes (Eds.), 2006). A cada uno de estos grupos, para cada año, se le calculó el Índice de diversidad de Margalef. Resulta muy llamativo que en ambos grupos, el valor más alto se encuentra en julio de 2017.

A partir de los parámetros físico-químicos de 2019 y 2021 (Tablas 4 a 8, Anexo III) se demuestra lo sensible que es un humedal a hechos de la naturaleza como corrientes, vientos, cierre o aperturas de canales de agua de mar, y por supuesto factores antrópicos como la tala del Mangle, el relleno y la ocupación ilegal de terrenos. Un ejemplo de lo anterior se puede apreciar al analizar la transparencia en las mismas estaciones, en el lapso de dos años, al disminuirse como una consecuencia de un aumento en la productividad primaria alterada por variables que afectan el humedal, como puede ser una descarga de materia orgánica o la apertura de una boca.

Tal fue el caso que esta unidad investigativa encontró a partir de las imágenes satelitales, como un hecho notable en 2017 y que explica el inusual aumento de las comunidades de vadeadoras y limícolas observadas en ese mismo año. De las imágenes en color real correspondientes al año 2017 (Imagen 1) se puede observar que la boquita original de la ciénaga, por el norte, se abrió. Este hecho tuvo lugar dado el aumento en la pluviosidad del 2017, como se puede apreciar en la gráfica de pluviosidad diaria (Figura 4).

De la imagen correspondiente al MTVI2 de 2017 (Imagen 3), se puede seguir el curso de la corriente del mar (flechas) que ingresa en el humedal, arrastrando consigo fitoplancton que aumenta la productividad primaria, haciendo los limos del canal mucho más ricos en alimento para estos grupos de aves tan especializadas. Es interesante comprobar a partir de esta imagen, que por la falta de las demás entradas naturales de la

ciénaga al norte, se genera una zona al noreste (ver recuadro) de baja productividad, color morado, por la falta de recambio, lo que los oceanógrafos denominan circulación residual (González, C. 1983). Una parte de la serie completa de imágenes satelitales (años 2017 y 2020) para el período de estudio, donde se aprecia la manera como se vienen degradando los Índices de Vegetación de Diferencias Normalizada y de Diferencia Triangular Modificada para la zona de estudio se pueden apreciar en el Anexo IV, Imágenes 5 á 20).

Un hecho que preocupa a esta unidad investigativa es el alarmante ritmo de talado del bosque de Manglar, y la ocupación de manera ilegal de predios que son de la nación. En las fotografías en Infrarrojo, se observan parches deforestados. Igualmente, se observa la boquita de la Ciénaga cerrada, lo que agrava aún más la situación. A partir de imágenes satelitales en color real y con la función polígonos, se pudo constatar que en los 8 años que han transcurrido y que son objeto de estudio se han perdido 35,02 hectáreas (16%), de las 213 hectáreas de Bosque de Manglar, en correspondencia con el informe de Global Forest Watch para esta región. Al este se observa como los rellenos ilegales de Puerto Rey y Tierra Baja dieron cuenta de 32 hectáreas de manglar. Al oeste se observan sabaleras y fincas de particulares ocupando terrenos que en otras épocas hacían parte del Bosque (ver Imágenes 26 y 27, tomado de la Fundación Ecoprogreso, Informe del Bioconteo de 2014, Mourra, V. 2014). Esto, sumado a la escasa recirculación del agua, que depende exclusivamente de la Bocana Estabilizadora de Marea, explica la caída de la diversidad a través de estos años, tal y como se puede observar en las Figuras 1, 2 y 3.

El resumen de los datos de la salida de campo de agosto 22 del 2021 y agosto 15 y 16 del 2019 se encuentra en el Anexo IV

TABLA 1

Resumen de datos las Comunidades de Aves Observadas en la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo (período 2013-2020)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Prom	Desv Estándar
Individuos	181,00	329,00	324,00	981,00	1085,00	417,00	898,00	798,00	59,00	651,71	385,58
Especies	25,00	21,00	21,00	31,00	27,00	27,00	26,00	22,00	22,00	25,14	3,63
Índice de Margalef	4,81	5,18	4,50	5,81	6,44	5,14	5,29	4,34	5,85	5,34	0,76
Índice de Shannon	3,38	3,99	3,77	3,93	3,89	3,90	3,89	3,69	2,98	3,72	0,34

Fuente: Datos Censo Neotropical de Aves Acuáticas, Elaboración Propia

Índice de Margalef y Índice de Shannon

Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, Período 2013-2021 (segunda temporada lluviosa)

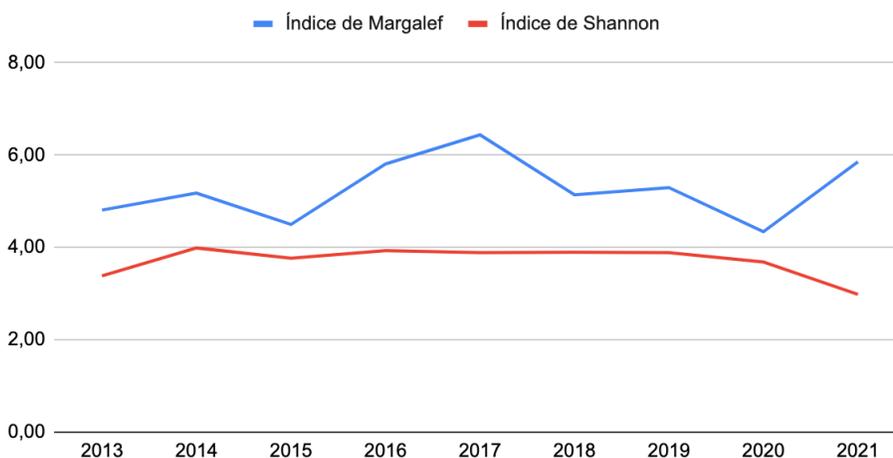


FIGURA 1

Gráfico Índices de Diversidad de Margalef y Shannon

Fuente: Elaboración propia; fuente de datos: CNAA y elaboración propia.

Diversidad de Margalef, entre grupos

Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, 2013-2021

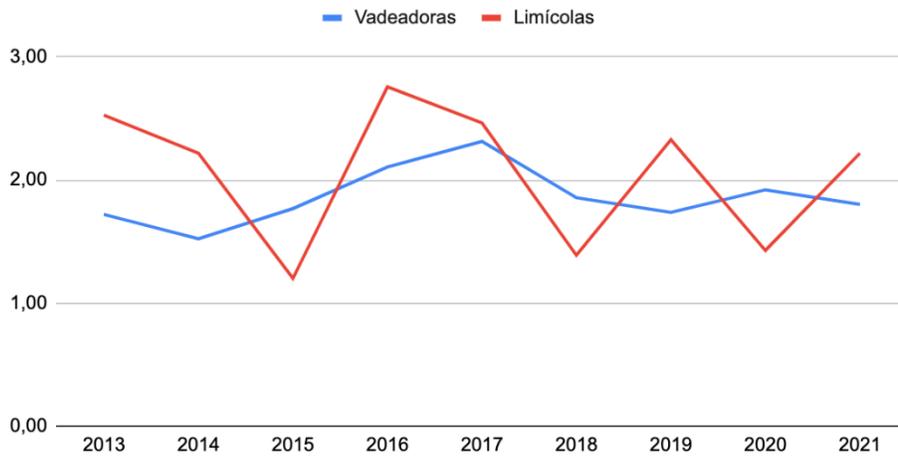


FIGURA 2

Diversidad de Margalef entre grupos funcionales de Vadeadoras y Limícolas

Índice de Sorensen

Ciénagas de la Virgen y Juan Polo, período 2013-2020

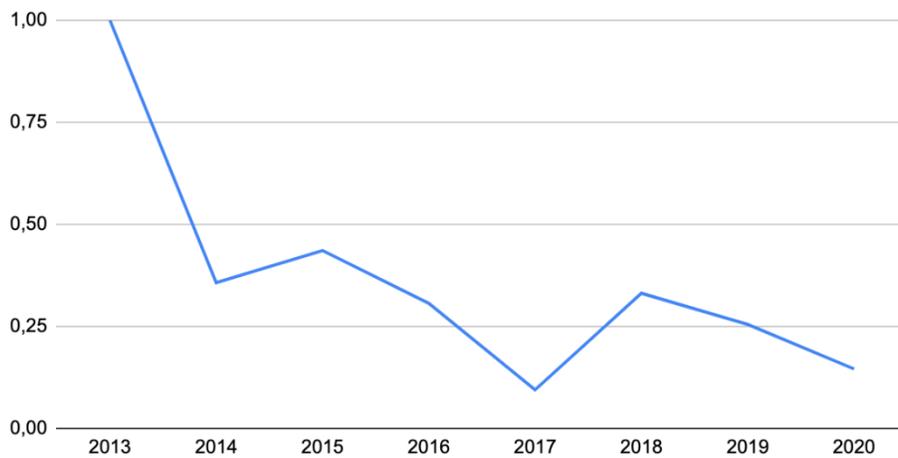


FIGURA 3

Índice de Sorensen (Serie 2013-2021, año base 2013)

Fuente: Elaboración propia; fuente de datos: CNAA y elaboración propia.

Imágenes en Colores Reales



IMAGEN 1

Vista en colores reales de la zona Norte de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, de febrero de 2017.

Adaptado de: Zona Norte de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, de Google Earth Pro. Todos los derechos reservados 2021 por Google. Adaptado con permiso del autor.

Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (Mapa de calor, junio 2017)

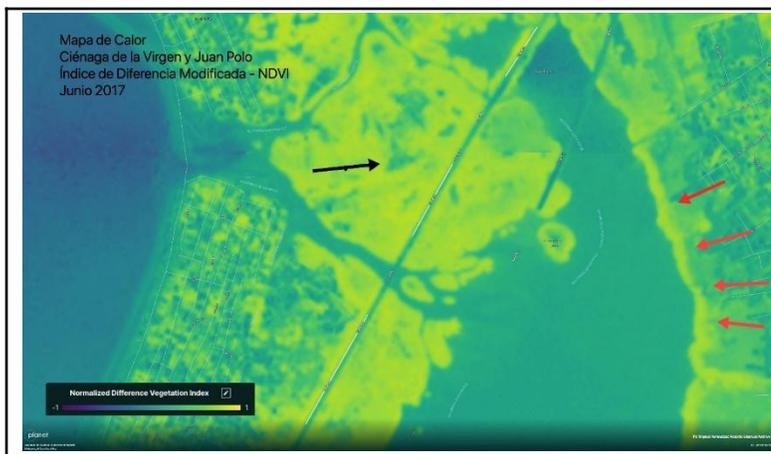


IMAGEN 2

Mapa de calor del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada de la zona Norte de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, correspondiente al mes de junio de 2017.

Adaptado de: Zona Norte de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, de Planet.com Todos los derechos reservados 2021 por Planet.com. Adaptado con permiso del autor.

Índice Vegetación Triangular Modificado – MTVI2 (Mapa de Calor, junio 2017)

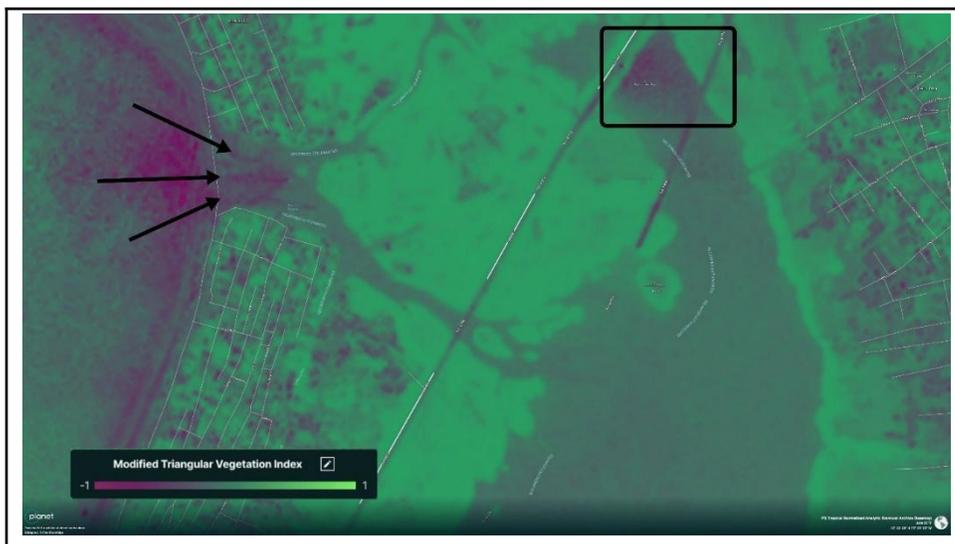


IMAGEN 3

Mapa de calor del Índice de Vegetación Triangular Modificado de la zona Norte de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, correspondiente al mes de junio de 2017.

Adaptado de: Zona Norte de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, de Planet.com Todos los derechos reservados 2021 por Planet.com. Adaptado con permiso del autor.

Mapa de Calor Infrarrojo (junio de 2018)

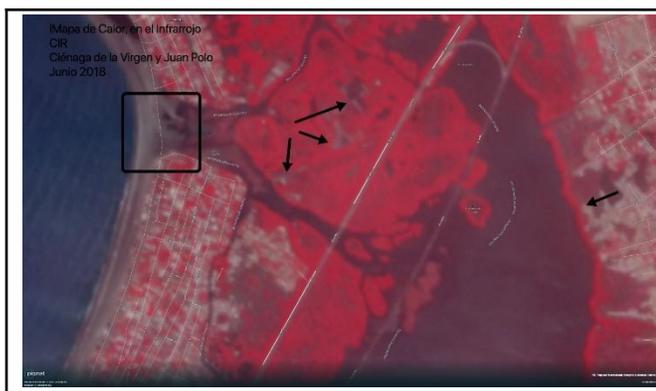


IMAGEN 4

Mapa en el Infrarrojo Cercano de la zona Norte de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, correspondiente al mes de junio de 2018.

Adaptado de: Zona Norte de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, de Planet.com Todos los derechos reservados 2021 por Planet.com. Adaptado con permiso del autor.

Gráfico de la Pluviosidad diaria, en el Distrito de Cartagena (Período 2013-2020)

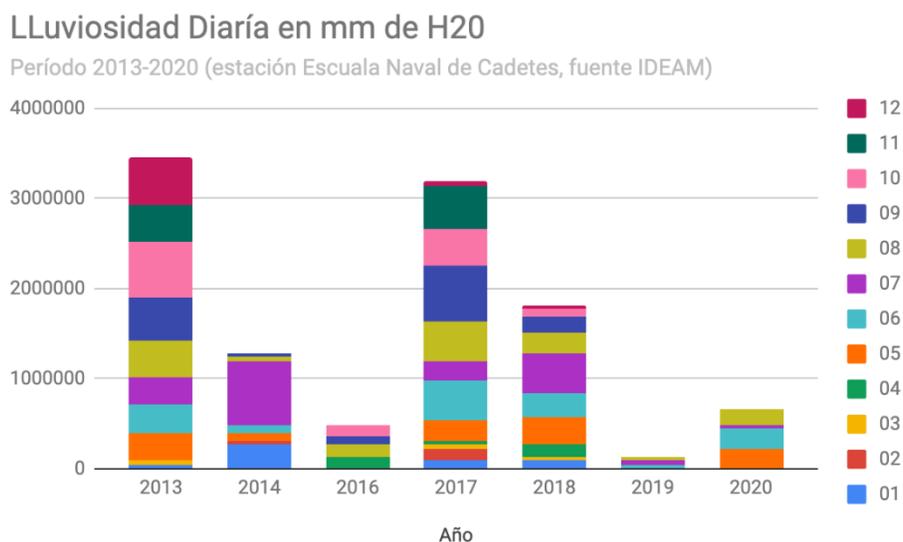


FIGURA 4

Pluviosidad total diaria para la ciudad de Cartagena de Indias (Serie 2013-2020)

Fuente: Elaboración propia; fuente de datos: CIDEAM, estación Escuela Naval de Cadetes.

5. CONCLUSIONES

Se pudo responder la pregunta de investigación al demostrar que los cambios en el uso del suelo y en la cobertura terrestre, conllevan consigo cambios en la diversidad de las comunidades de aves, particularmente grupos funcionales sensibles al suministro de alimento, con altos niveles de adaptación.

En el presente estudio se logró demostrar el alarmante deterioro de los bosques de Manglar al norte del Distrito de Cartagena, en inmediaciones de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, con consecuencias directas sobre la diversidad de las comunidades de aves acuáticas propias de este humedal; a medida que se degrada el bosque se pierde la diversidad alfa.

Acompañar el análisis de diversidad de las comunidades de aves, con imágenes satelitales de alta calidad en las diferentes bandas del espectro de energía, ayudaron a esta UI a corroborar, entender y explicar la gravedad del problema de deforestación en la Ciénaga de la Virgen, y la importancia que tendría abrir una boca adicional en el sector norte del humedal.

Estas nuevas narrativas, los llamados story maps, basados en Sistemas de Información Geográfica y la Big Data, sumado al uso de las aves como bio indicadores, resultan de enorme utilidad en la comprensión de las problemáticas que aquejan los ecosistemas asociados a la Bahía de Cartagena, sus caños, lagunas y ciénagas.

Se destaca la mirada sistémica de los problemas de territorio, y el rol que podemos jugar los jóvenes como actores de una comunidad activa y participativa. Este papel se ve

potencializado a partir de la llamada Ciencia Ciudadana en actividades, proyectos y programas como la campaña de las aves en Cartagena que coordina y promueve nuestra institución, dentro de las que se destaca el Censo Neotropical de Aves Acuáticas, y con plataformas de reservorios de datos como el programa GLOBE de NASA, INaturalist, e e-bird, entre muchas otras.

Este deterioro del Bosque de Manglar, y el cambio en el uso del suelo, trae consigo consecuencias directas sobre el cambio climático, así como un aumento dramático en el impacto de los fenómenos de la naturaleza como el viento, el oleaje, los tsunamis, los huracanes, las inundaciones, y la erosión, entre otros. Comprender y revertir esta deforestación permitirá a las comunidades alrededor de la ciénaga utilizar el ecosistema como una forma de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático.

Abrirle nuevas bocas a la Ciénaga de la Virgen en su parte norte, permitiría el ingreso de agua oceánica, con efectos benéficos para el humedal y con estos, sobre el cambio climático: una disminución de la temperatura del agua, un aumento de la concentración de oxígeno disuelto y la regulación de la salinidad, brindándole al bosque de manglar unas mejores condiciones para su óptimo crecimiento, lo que a su vez implicaría un mayor secuestro de dióxido de carbón, reduciendo la concentración de este gas de efecto invernadero

Se aceptan como verdaderas las dos hipótesis de trabajo:

Hipótesis de trabajo 1: Las parcelas de bosque con menores índices de vegetación de diferencia normalizada, y de vegetación triangular modificada, presentan las menores coberturas arbóreas, las menores abundancias, los más bajos índices de diversidad de aves especialistas, y los más altos índices de especies generalistas,

Hipótesis de trabajo 2: Los índices de diversidad de las aves y las condiciones de cobertura terrestre, así como los NDVI y MTVI2 en la zona de estudio, han venido deteriorándose a lo largo del período de estudio 2013-2021, para la segunda temporada lluviosa del año.

6. RECOMENDACIONES Y PROYECCIONES

Para una siguiente fase de esta investigación esta UI pretende complementar estos hallazgos con el procesamiento de la información contenida en las imágenes satelitales a partir del uso de la plataforma ArcGIS, y la Ciencia de Datos. De tal suerte, que usando grandes volúmenes de datos se extraiga dicha información, se analice, procese y se visualice de tal manera que se pueda entender aún con mayor profundidad todos estos fenómenos asociados a las comunidades biológicas y al ecosistema. Esta Unidad Investigativa agradece a GLOBE y a la NASA el permitir el acceso a recursos, como imágenes Landsat, y a la formación recibida en la campaña “Los árboles alrededor de GLOBE”, al profesor Milton de la UTB quien nos capacitó en herramientas avanzadas de Google Earth.

En el marco de Festival de las Aves Migratorias del Caribe Colombiano, el cual el Colegio Montessori de Cartagena coordina conjuntamente con la Fundación Serena del Mar, la Asociación Calidris, y las Empresas de Ecoturismo de Trabajo Asociado, de las comunidades de la Boquilla, se realizó en mayo del presente año un conversatorio que llevó por título: “Los humedales a vuelo de pájaro: un diálogo entre niños y jóvenes sobre el cuidado de las aves y los ecosistemas” (Imagen 23). Estudiantes Investigadores del grupo Biontessori participaron como ponentes, aportando no solo los resultados de la investigación, como también preocupaciones y anhelos acerca de las estrategias de conservación del humedal (Imagen 24). Igualmente, divulgamos los resultados del proyecto en el VI Congreso de Jóvenes Comprometidos con el Medio Ambiente, organizado por la Fundación Solydeus de Argentina (Imagen 25). Estrategias como estas se deben seguir llevando a cabo para así despertar en los habitantes del distrito de Cartagena, particularmente las comunidades que viven cerca a la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, y en las autoridades competentes, las cuatro consciencias de la que nos habla María Montessori: del ser, de la comunidad, de la cultura y del entorno.

Esperamos que este estudio promueva una reflexión crítica sobre el papel que debemos cumplir los ciudadanos como veedores, y las autoridades y dirigentes de nuestra ciudad, en el ejercicio de sus funciones, de cumplir el mandato que les fue otorgado y que está consagrado en la Constitución Nacional y en La Ley: LOS BOSQUES DE

MANGLAR SON DIGNOS DE PROTECCIÓN (ARTICULO 128 DEL. DECRETO 1681 DE 1978 Y LA RESOLUCIÓN 1263 DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, DEL 11 DE JULIO DE 2018).

7. INSIGNIAS

Esta Unidad Investigativa aspira a obtener las siguientes insignias y se expresan las razones con las que se soporta esta aspiración.

“I am a collaborator”: dos hechos lo sustentan. El trabajo en campo, en las canoas implica una serie de tareas muy bien definidas. Canoa de Parámetros Físico Químicos, Lito P (10°) y Jaime P (Sr 2021). Canoa de Observación de Aves 1: Julio P. (10°) Andrés M. (10°) Canoa de Observación de Aves 2: Jimena S. (10°) y Jimena H. (10°) Canoa 3: Diego L. (9°) nuestro fotógrafo y Gabriela O. (9°) nuestra ilustradora. El segundo hecho, la especialidades en la construcción del informe y las piezas acompañantes: cada miembro del grupo hace una parte del audio del video y Diego L.(9°) es el encargado de hacer una maravillosa edición. A si mismo construimos de forma colaborativa nuestros análisis de datos y nuestro informe.

“I make an Impact”, **“I am a data scientist”** y **“I am a stem profesional”**, se evidencia a lo con los datos, los hechos y las cifras aportadas, así como con la mirada sistémica del problema y el abordaje desde las mirada ambiental y social que hace la Unidad Investigadora.

“*I am Stem Story Teller*”: se evidencia con la manera como se van relatando la cascada de evidencias (story maps), en el análisis de las pruebas aportadas, para demostrar la gravedad del problema de la falta de recirculación de la ciénaga y la importancia de abrirle nuevas bocas a la ciénaga al norte.

“*I am an Engineer*”: a partir del análisis y las conexiones que se hacen de las causas y los efectos del problema en las variaciones del clima, así como la propuesta del abordaje de la Adaptación basada en Ecosistemas.

8. BIBLIOGRAFIA

Ahumada, D. 2017. Fauna. En: Jardín Botánico Guillermo Piñeres. Guía de especies de flora y fauna de la Ciénaga de la Virgen, sector UCG6.

ArcGIS, 2021, recuperado de
<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/arcpy/image-analyst/mtvi2.htm>

Bailey, S.-A., Horner-Devine, M. C., Luck, G., Moore, L. A., Carney, K. M., Anderson, S., Betrus, C., & Fleishman, E. (2004). Primary productivity and species richness: relationships among functional guilds, residency groups and vagility classes at multiple spatial scales. *Ecography*, 27(2), 207–217.
<https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2004.03631.x>

Bula, J.D. et al. 2018. Expedición BIO al ecotono Bosque Seco Bosque de Manglar; una mirada a los factores antrópicos a partir de fotografías áreas del uso del suelo, inventarios de las aves y testimonios ancestrales. Biontessori. Encuentro Nacional Yo Amo La Ciencia 2018

Cambell, N.A, et al. 2004. Biology, concepts & connections. 5 ed. Pearson. San Francisco. 783 p.

Cifuentes-Sarmiento Yanira y L. F. Castillo Cortés. 2014-2021. Colombia: informe anual. Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2013-2020. [en línea]. El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2013-2020. Wetlands International, Buenos Aires, Argentina <http://lac.wetlands.org/>.

Clements, J. F., T. S. Schulenberg, M. J. Iliff, S. M. Billerman, T. A. Fredericks, J. A. Gerbracht, D. Lepage, B. L. Sullivan, and C. L. Wood. 2021. The eBird/Clements checklist of birds of the world: v2021. Downloaded from <https://www.birds.cornell.edu/clementschecklist/download/>

Cole, E. F., Long, P. R., Zelazowski, P., Szulkin, M., & Sheldon, B. C. (2015). Predicting bird phenology from space: satellite-derived vegetation green-up signal uncovers spatial variation in phenological synchrony between birds and their environment. *Ecology & Evolution* (20457758), 5(21), 5057–5074. <https://doi.org/10.1002/ece3.1745>

Cornell Lab of Ornithology. Recuperado el 26 de octubre de 2021 desde <https://www.birds.cornell.edu/home/>

E-bird Colombia. Recuperado el 16 de octubre de 2021 desde <https://ebird.org/colombia>

Etter, A. et al (2017). Lista Roja de Ecosistemas de Colombia. Pontificia Universidad Javeriana y Conservación Internacional. Bogotá DC

Ferrer-Sánchez, Y., Plasencia Vazquez, A. H., Abasolo-Pacheco, F., Denis Ávila, D., & Ruiz Companioni, I. (2017). Pertinencia del uso de las características espectrales del hábitat como predictor de la estructura en comunidades de aves de un humedal de Cuba. *HUITZIL: Journal of Mexican Ornithology*, 18(1), 141–156.

Gilabert, M.A., 1997. Acerca de los índices de Vegetación. Revista de Teledetección. No. 8, Diciembre de 1997.

Global Forest Watch. Recuperado el 26 de octubre de 2021 desde <https://www.globalforestwatch.org/my-gfw/>

González Calvillo, A. 1983. Balances de calor y sal y circulación termohalina en la ensenada de La Paz, Baja California Sur. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 107 pp.

Google Earth Pro. Recuperado el 26 de octubre de 2021 desde <https://www.google.com/earth/versions/>

Guevara-Ochoa, C. et al. 2017. A methodology for the characterization of land use using medium-resolution spatial images . Una metodología para la caracterización del uso

del suelo mediante imágenes de media resolución espacial.

<http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.10.061>

Hanson, A & J. Kerekes. 2006 (Editors). *Limnology and Aquatic Birds Proceedings of the Fourth Conference Working Group on Aquatic Birds of Societas Internationalis Limnologiae (SIL)*, Sackville, New Brunswick, Canada, August 3–7, 2003. Springer.

Hernández, J et al. 2020. Expedición Bio a dos humedales del Norte de Colombia: Ciénagas de la Virgen y Juan Polo, y el Totumo. Grupo BionteSORI. IVSS 2020: Virtual Science Report. Recuperado de [Http:// http://globe.gov/](http://globe.gov/)

Helmer, E. H., Ruzycki, T. S., Wunderle, J. M., Vogesser, S., Ruefenacht, B., Kwit, C., Brandeis, T. J., & Ewert, D. N. (2010). Mapping tropical dry forest height, foliage height profiles and disturbance type and age with a time series of cloud-cleared Landsat and ALI image mosaics to characterize avian habitat. *Remote Sensing of Environment*, 114(11), 2457–2473. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.05.021>

INaturalist. Recuperado el 26 de octubre de 2021 desde <https://www.inaturalist.org/>

Instituto Humbolt Colombia. 2021. Recuperado de <http://www.humboldt.org.co/es/>

López C. R., Sarmiento C., Espitia L., Barrero A.M., Consuegra C., Gallego C., B. 2016. 100 plantas del Caribe colombiano. Usar para conservar: aprendiendo de los habitantes del bosque seco. Fondo Patrimonio Natural, Bogotá D.C. Colombia. 240 pp.

S. Melles, S. Glenn, and K. Martin, “Conservation Ecology: Urban bird diversity and landscape complexity: Species–environment associations along a multiscale habitat gradient,” 2003. <https://www.ecologyandsociety.org/vol7/iss1/art5/main.html> (accessed Oct. 14, 2021).

Montero, J. 2011. Recuperado el 29 de octubre de 2021 desde https://jesusmsaiz.wordpress.com/2011/05/30/estudios-de-la-estructura-de-las-comunidades/?utm_source=pocket_mylist

Morgan, B. 2004. Guide to Birds. A Dorling Kindersley Book. Verona. Italy. 64 p.

Mourra, V. et al. 2014. Informe de Ejecución Bioconteo Ciénaga de la Virgen. Fundación Ecoprogreso.

Naichen, X. et al. 2020. A Transformed Triangular Vegetation Index for Estimating Winter Wheat Leaf Area Index. *Remote Sens.* 2020, 12(1), 16;
<https://doi.org/10.3390/rs12010016>

Planet. Recuperado el 26 de octubre de 2021 desde <https://www.planet.com/>

Rouse, J.W. et al. 1973. Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradation (Green Wave Effect) of Natural Vegetation. [Great Plains Corridor]. NASA. Public document, recuperado en <https://ntrs.nasa.gov/citations/19730017588>

Ruiz-Guerra, C. & Cifuentes-Samiento, Y. 2021. Aves Acuáticas de Colombia. Asociación Calidris

Rurangwa, M. L., Aguirre, G. J., Matthews, T. J., Niyigaba, P., Wayman, J. P., Tobias, J. A., Whittaker, R. J., & Benítez López, A. (2021). Effects of land-use change on avian taxonomic, functional and phylogenetic diversity in a tropical montane rainforest. *Diversity & Distributions*, 27(9), 1732–1746. <https://doi.org/10.1111/ddi.13364>

Sánchez, M. et al, 2006. Spatial and temporal fluctuations in presence and use of chironomid prey by shorebirds in the Odiel salt pans, south-west Spain. *Hydrobiology* (2006) 567:329–340 Springer 2006 A.R. Hanson & J.J. Kerekes (eds), *Limnology and Aquatic Birds* DOI 10.1007/s10750-006-0060-0

Selwood, K. E., McGeoch, M. A., Clarke, R. H., & Mac Nally, R. (2018). High-productivity vegetation is important for lessening bird declines during prolonged drought. *Journal of Applied Ecology*, 55(2), 641–650.

<https://doi.org/10.1111/1365-2664.13052>

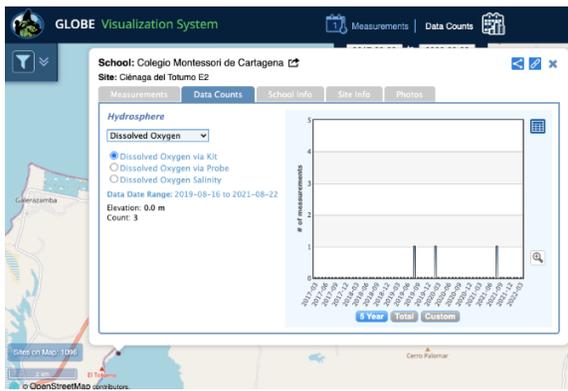
9. ANEXOS

ANEXO I

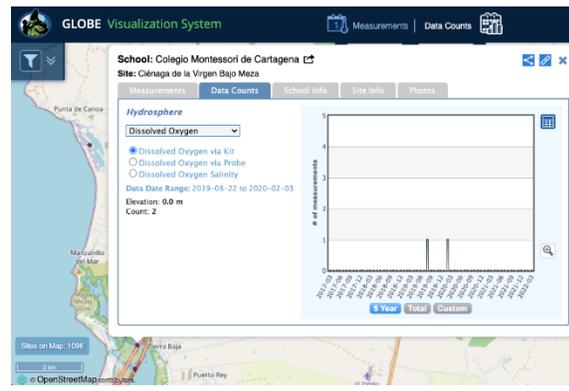
CAPTURAS DE PANTALLA VISUALIZACIÓN DE DATOS DE GLOBE

Ciénagas del Totumo (Imágenes 1, 3, 5, 7 y 9) y Ciénagas de la Virgen y Juan Polo (Imágenes 2, 4, 6, 8 y 10)

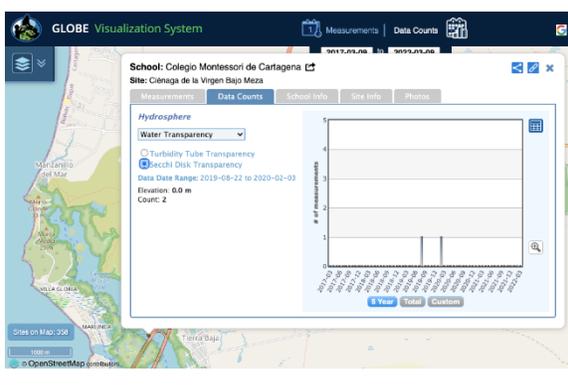
1



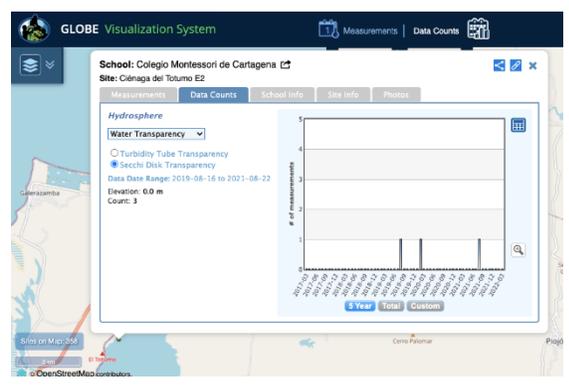
2



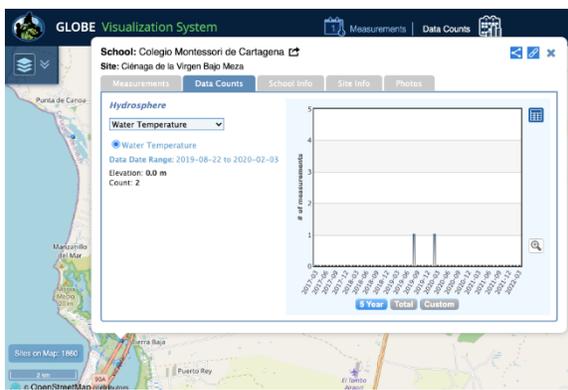
3



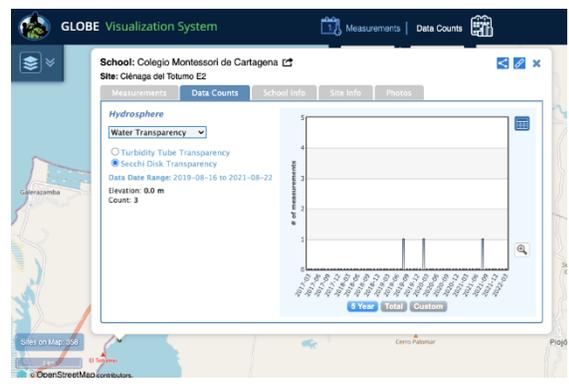
4



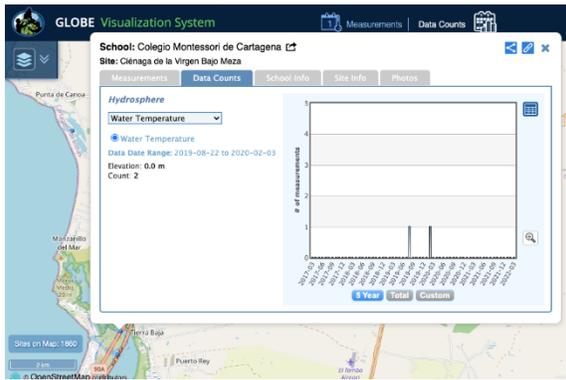
5



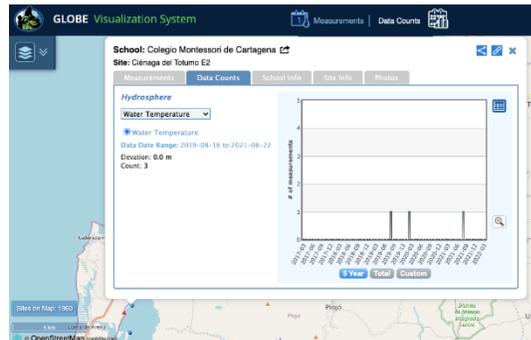
6



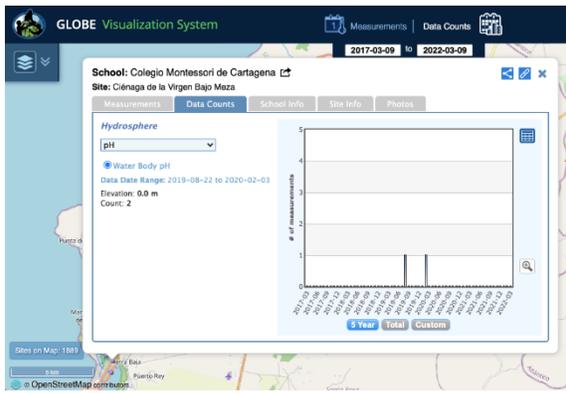
7



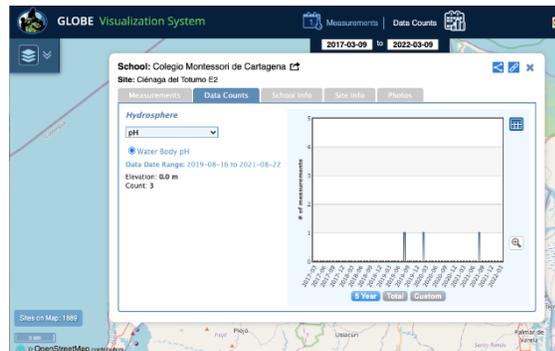
8



9



10



ANEXO II

Copia del correo remitido por la Ornitóloga Yanira Cifuentes Sarmiento de la Asociación Calidris, autorizando el uso de los datos del CNAA a esta Unidad Investigativa

Yanira Cifuentes-S <ycifuentes@calidris.org.co>
para mí, Kathy ▾

📧 sáb, 28 ago 16:20 ☆ ↶ ⋮

Buena tarde a ambos

Que pena la demora, como les comenté estoy en campo y ahora resfriada 🤧. Anexo envió la base de datos de las especies de aves acuáticas registradas en el marco del CNAA de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, observaciones realizadas entre 2013 y 2020.

Por favor tener en cuenta los términos de uso plasmados en el documento firmado y en el caso de utilizar los datos en publicaciones, sean divulgativas o científicas, incluir la cita del CNAA, dependiendo de los datos usados por año, es decir, si utilizas los datos de 2013 la cita sería:

Cifuentes-Sarmiento Yanira y L. F. Castillo Cortés. 2014. Colombia: informe anual. Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2014. [en línea]. El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2013. Wetlands International, Buenos Aires, Argentina <http://ac.wetlands.org/>.

Por favor me confirman recepción del archivo

Feliz tarde

Yanira Cifuentes-Sarmiento, MSc.

Coordinador Nacional del Censo Neotropical de Aves Acuáticas-CNAA

Programa AICA-Colombia.

Asociación para el estudio y conservación de las aves acuáticas en Colombia

CALIDRIS.



Anexo III

TABLA 2

Resumen de datos salidas de agosto 2019 y 2021

Se destaca el bajo índice de Margalef observado en 2019 y el leve repunte en 2021 para la C. del Totumo; este hecho se corrobora con el bajo índice de Sorensen entre los años 2021 y 2019, que muestra cómo ha venido cambiado la comunidad en estos dos años.

Ciénaga del Totumo		
Agosto		
	2019	2021
Índice de Margalef	2,13	2,81
Índice de Sorensen		0,11
<i>Se destaca qué para ambos años, 2019 y 2021, la C. de la Virgen y Juan Polo ha mostrado índices de Diversidad más altos que la C. del Totumo, siendo esta última menos intervenida. Ello se puede explicar ante la baja productividad primaria que se observa en la Imagen 21 (color morado intenso) comparada con la observada en la Imagen 22.</i>		
Ciénaga del Totumo y la Virgen		
Indice de Margalef		
	El Totumo	La Virgen
2019	2,13	3,92
2021	2,81	3,92
<i>Los datos del I. de Sorensen comparando ambos humedales, muestra como la C del Totumo y de la Virgen</i>		

	<i>del 2021 se parecen más entre si que las versiones del 2019.</i>	
	Ciénaga del Totumo y la Virgen	
	Índice de Sorensen	
	2019	2021
	0,15	0,34

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3

Número de Especies por Grupos Funcionales

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2021
Grupo Funcional	Julio	Agosto	Septiembre							
Carroñera										1
Frugívora									1	1
Granívora									5	1
Insectívora				1	1					3
Limícola	8	10	5	14	11	8	13	7	4	12
Marinas continentales	6	6	7	10	9	8	6	7	7	8
Martinetes y Rapaces Acuáticas	2	4	4	1	4	2	2	2	2	1
Omnívora								1		2
Pájaros Acuáticos		1			1	1	2			1
Patos y Zambullidores			1		3	2	1			2
Rapaz										1
Vadeadoras	9	9	10	14	16	10	12	12	7	12
Total de Especies	25	30	27	40	45	31	36	29	26	45

Fuente: Censo Neotropical de Aves Acuáticas y Elaboración Propia

Parámetros Físico Químico

<p>TABLA 4 Oxígeno Disuelto (mg/L O₂) Fuente: Elaboración propia</p> <p>Oxígeno disuelto (mg/L de O₂) Agosto 2019 y 2021</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Lugar</th> <th>2019 (mg/L O₂)</th> <th>2021 (mg/L O₂)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aves</td> <td>1.8</td> <td>5.2</td> </tr> <tr> <td>Meza</td> <td>2.5</td> <td>6.5</td> </tr> <tr> <td>Juan Polo</td> <td>3.2</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>Totumo Norte</td> <td>1.8</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>Totumo Sur</td> <td>1.8</td> <td>4.8</td> </tr> </tbody> </table>	Lugar	2019 (mg/L O ₂)	2021 (mg/L O ₂)	Aves	1.8	5.2	Meza	2.5	6.5	Juan Polo	3.2	6.0	Totumo Norte	1.8	6.0	Totumo Sur	1.8	4.8	<p>TABLA 5 Salinidad (ppt) Fuente: Elaboración propia</p> <p>Salinidad Agosto 2019 y 2021</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Lugar</th> <th>2019 (ppt)</th> <th>2020 (ppt)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aves</td> <td>0</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>Meza</td> <td>38</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>Juan Polo</td> <td>18</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>Totumo Norte</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Totumo Sur</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Lugar	2019 (ppt)	2020 (ppt)	Aves	0	32	Meza	38	32	Juan Polo	18	32	Totumo Norte	0	0	Totumo Sur	0	0
Lugar	2019 (mg/L O ₂)	2021 (mg/L O ₂)																																			
Aves	1.8	5.2																																			
Meza	2.5	6.5																																			
Juan Polo	3.2	6.0																																			
Totumo Norte	1.8	6.0																																			
Totumo Sur	1.8	4.8																																			
Lugar	2019 (ppt)	2020 (ppt)																																			
Aves	0	32																																			
Meza	38	32																																			
Juan Polo	18	32																																			
Totumo Norte	0	0																																			
Totumo Sur	0	0																																			
<p>TABLA 6 Transparencia (cm) Fuente: Elaboración propia</p> <p>Transparencia (cm) Agosto 2019 y 2021</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Lugar</th> <th>2019 (cm)</th> <th>2021 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aves</td> <td>45</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>Meza</td> <td>48</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>Juan Polo</td> <td>68</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td>Totumo Norte</td> <td>48</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td>Totumo Sur</td> <td>98</td> <td>38</td> </tr> </tbody> </table>	Lugar	2019 (cm)	2021 (cm)	Aves	45	22	Meza	48	18	Juan Polo	68	42	Totumo Norte	48	42	Totumo Sur	98	38	<p>TABLA 7 pH Fuente: Elaboración propia</p> <p>pH Agosto 2019 y 2021</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Lugar</th> <th>2019 (pH)</th> <th>2021 (pH)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aves</td> <td>7.5</td> <td>7.5</td> </tr> <tr> <td>Meza</td> <td>7.5</td> <td>7.8</td> </tr> <tr> <td>Juan Polo</td> <td>7.8</td> <td>7.8</td> </tr> <tr> <td>Totumo Norte</td> <td>7.8</td> <td>7.0</td> </tr> <tr> <td>Totumo Sur</td> <td>7.8</td> <td>7.0</td> </tr> </tbody> </table>	Lugar	2019 (pH)	2021 (pH)	Aves	7.5	7.5	Meza	7.5	7.8	Juan Polo	7.8	7.8	Totumo Norte	7.8	7.0	Totumo Sur	7.8	7.0
Lugar	2019 (cm)	2021 (cm)																																			
Aves	45	22																																			
Meza	48	18																																			
Juan Polo	68	42																																			
Totumo Norte	48	42																																			
Totumo Sur	98	38																																			
Lugar	2019 (pH)	2021 (pH)																																			
Aves	7.5	7.5																																			
Meza	7.5	7.8																																			
Juan Polo	7.8	7.8																																			
Totumo Norte	7.8	7.0																																			
Totumo Sur	7.8	7.0																																			
<p>TABLA 8 Temperatura del Agua (grados Celsius) Fuente: Elaboración propia</p> <p>Temperatura del Agua Agosto 2019 y 2021</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Lugar</th> <th>2019 (°C)</th> <th>2021 (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aves</td> <td>30</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>Meza</td> <td>30</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>Juan Polo</td> <td>30</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>Totumo Norte</td> <td>28</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>Totumo Sur</td> <td>28</td> <td>28</td> </tr> </tbody> </table>	Lugar	2019 (°C)	2021 (°C)	Aves	30	33	Meza	30	33	Juan Polo	30	33	Totumo Norte	28	28	Totumo Sur	28	28																			
Lugar	2019 (°C)	2021 (°C)																																			
Aves	30	33																																			
Meza	30	33																																			
Juan Polo	30	33																																			
Totumo Norte	28	28																																			
Totumo Sur	28	28																																			

IMAGENES 5 a 10

Vista en color infrarrojo (5 y 6), NDVI (7 y 8) y MTVI2 (9 y 10) de la zona Norte de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, para los años 2017 y 2020.

Adaptado de: Zona Norte de la Ciénaga de la Virgen y Juan Polo, de Planet.org. Todos los derechos reservados 2021 por Planet. Adaptado con permiso del autor.

2017 (Imágenes 5, 7, 9)

2020 (imágenes 6, 8, 10)

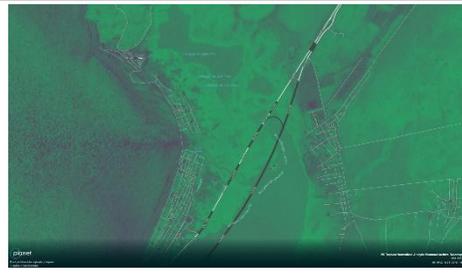
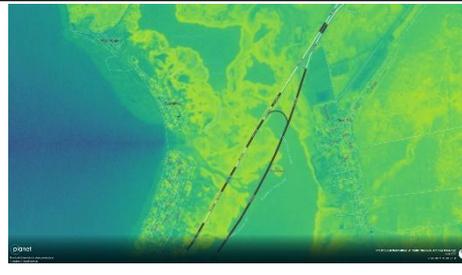
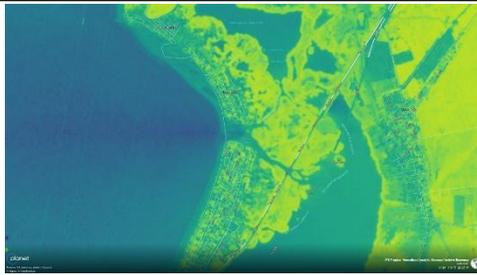




IMAGEN 23

Pieza publicitaria del Conversatorio “Los humedales a vuelo de pájaro: un diálogo entre niños y jóvenes sobre el cuidado de las aves y los ecosistemas”. En el marco del VI Festiva de las Aves Migratorias.

Fuente: Comité organizador del Festival de las Aves Migratorias del Caribe colombiano.

IMAGEN 24

Captura de Pantalla Video del Conversatorio “Los humedales a vuelo de pájaro: un diálogo entre niños y jóvenes sobre el cuidado de las aves y los ecosistemas”. En el marco del VI Festiva de las Aves Migratorias.

Intervención de los estudiantes Diego Luna (8), Ana Vergara (8) y Gabriela Ariza (11) como moderadora del evento.

Adaptado de: Facebook Fan Page de la Asociación Calidris. Recuperado el 27 de octubre de 2021 desde <https://www.facebook.com/AsoCalidris/videos/546046739719746>

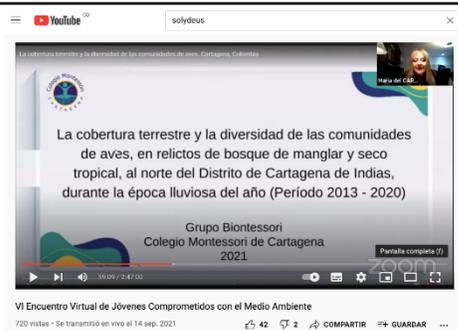


IMAGEN 25

Captura de Pantalla Video del VI Encuentro de Jóvenes Comprometidos con el Medio Ambiente. Intervención de los estudiantes Diego Luna (8), Jaime Pinto (11), Lito D. Porto (9) y Jimena Sánchez (9). Adaptado de: YouTube de la Fundación Solydeus. Recuperado el 29 de octubre de 2021 desde https://www.youtube.com/watch?v=Ad_INH2bfQo

IMAGEN 26

Sabalera

Adaptada de: Mourra, V. et al. 2014. Informe de Ejecución Bioconteo Ciénaga de la Virgen. Fundación Ecoprogreso. Todos los derechos reservados.



IMAGEN 27

Tala de bosque en inmediaciones del Tierra Baja. Fuente: Juan Restrepo CC, BY-NC

