

**INFORME EJECUTIVO DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ESTACIÓN CAR-AG4-EL LAGUITO DEL SISTEMA DE VIGILANCIA PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CARDIQUE**

La Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique en colaboración con K2 Ingeniería S.A.S implementó en el año de 2021 en su zona de jurisdicción, el OBSERVATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL, el cual está conformado por dos sistemas integrados con la mejor tecnología para el monitoreo, vigilancia y seguimiento de la calidad del aire y la calidad del agua, para ello fueron instaladas en total 10 estaciones de monitoreo para la medición de los contaminantes como material particulado, gases y para la medición de los niveles de presión sonora, en las poblaciones de Pasacaballos, Turbana, Turbaco, Caño del Oro y Arjona, poblaciones que por su cercanía a fuentes de gran magnitud como lo es la zona industrial del Mamonal, son puntos críticos o de alta concentración y requieren de un mayor seguimiento y control de las condiciones medioambientales, y, 6 estaciones más, para la medición continua de las principales variables in situ como OD, pH, Temperatura, Conductividad y Turbiedad en cuerpos de aguas como los son las marino-costeras en la bahía de Cartagena y las Ciénagas de Juan Gomez y la Virgen, ecosistemas estratégicos que por sus condiciones y características frente a la preservación de las especies de flora y fauna, y a las condiciones sociales a las que están expuestas es necesario un seguimiento y monitoreo continuo de la calidad del agua.

Para este último punto, y como parte de las estrategias de conservación de los ecosistemas marinos, fue ubicada una de las estaciones que componen el sistema de vigilancia de CARDIQUE en El Laguito, cuerpo de agua ubicado al oeste del casco urbano de la ciudad de Cartagena de Indias. A continuación se presenta la ubicación de la estación de monitoreo ubicada en el sector del Laguito, es de resaltar que esta estación, cuenta con tecnología que permite la captura, transmisión, almacenamiento y visualización en tiempo real de la información monitoreada



**Ilustración 1. Estación de monitoreo de calidad del agua CAR-AG4-El Laguito – Sistema de vigilancia para el monitoreo y seguimiento de la calidad del agua - CARDIQUE**

Dicho punto de monitoreo, se encuentra ubicado en un pequeño cuerpo de agua con comunicación directa e intermitente con el agua marina (forma natural), a través de un pequeño canal que se ve altamente influenciado en su dinámica por el nivel de sedimentos del área y por el nivel de las olas. Asimismo, es destacable mencionar que en el área se cuenta con una bomba de intercambio entre el mar y el lago de manera que se favorezca la oxigenación y la recirculación del agua. De igual manera, a continuación, se presenta la ficha técnica de la estación ubicada en el Laguito.

**Tabla 1. Ficha técnica de estación de monitoreo de calidad del agua CAR-AG4-El Laguito**

PUNTO DE MUESTREO	NOMBRE	CAR-AG4-El Laguito	
	<b>Tipo de Muestra:</b>	Puntual	
	<b>Coordenadas</b>	<b>Geográficas (WGS84)</b>	
		<b>Latitud</b> 10°23'43.75"N	<b>Longitud</b> 75°33'37.55"O
		<b>Planas Cartesianas (Magna Sirgas Origen Nacional)</b>	
		N: 2707854.764 m	E: 4719655.798 m
	<b>Altitud:</b>	0 msnm	
	<b>Equipos y Seriales:</b>	<b>Sonda multiparamétrica EXO 3: SN21C102934</b> Sensor de Temperatura: SN21D220830 Sensor de Ph: SN21D104780 Sensor de Oxígeno Disuelto: SN21D104864 Sensor de conductividad: SN21D220830 Sensor de Clorofila: SN21B105621	
	<b>Tecnología:</b>	Automática	
<b>Periodo de medición:</b>	15/07/2021 – Actualmente en medición		
<b>Datos in situ:</b>	Temperatura del agua, pH, Oxígeno Disuelto, Clorofila, Conductividad.		
<b>Descripción:</b> Cuerpo de agua marina, se percibe clima cálido, boya ubicada a 20m de la orilla en el sector del Laguito.			



**Ilustración 2. Estación de monitoreo CAR-AG4-El Laguito**

**Fuente:** Gráficas extraídas de la página web del observatorio ambiental de CARDIQUE

### 1. Características climáticas ambientales periodo Agosto 2022

En primer lugar, la tabla 2 muestra las condiciones típicas del área del Laguito de la ciudad de Cartagena en el mes de agosto 2022, tomando como referencia el punto de medición de la estación automática UTB, dado que se encuentra en relativa cercanía geográfica del área de interés (ver ilustración 3).

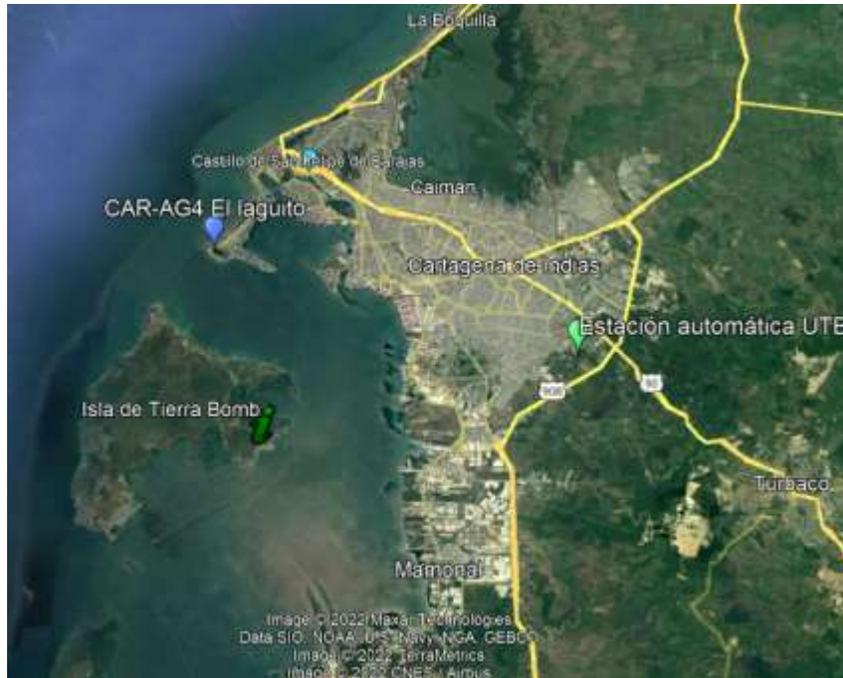


Ilustración 3. Ubicación geográfica de estación Laguito en comparación con estación automática UTB  
Fuente: Google Earth

Tabla 2. Características ambientales mensuales promedio del área de Laguito-Cartagena

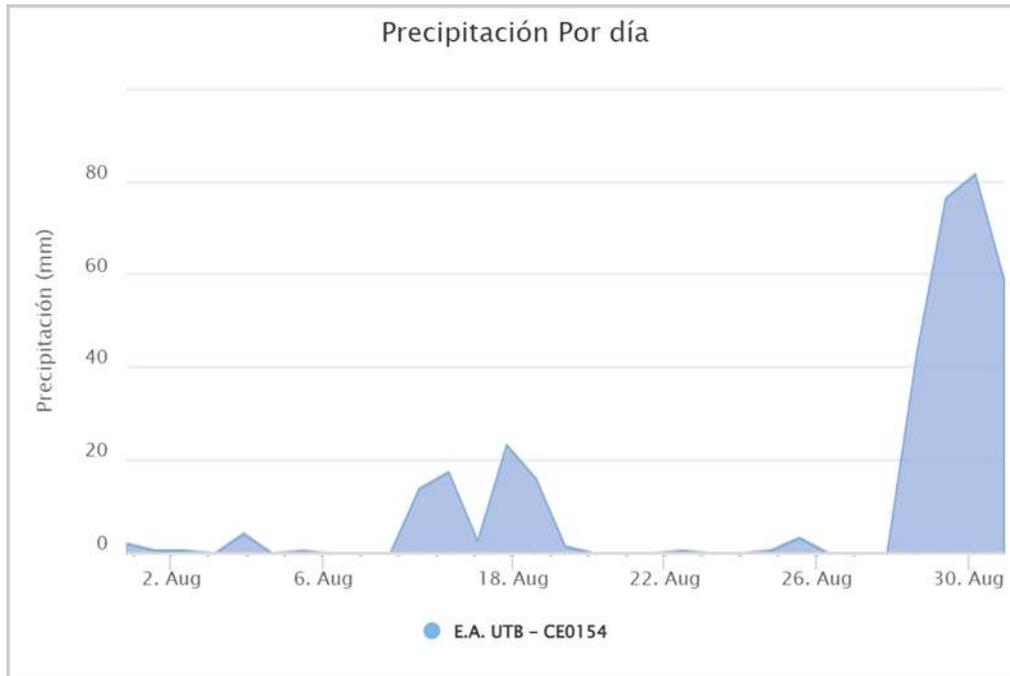
Características ambientales promedio			
Mes	Temperatura	Humedad relativa	Presión atmosférica
Agosto	27.42	89.51%	755.79

Fuente: Cálculos a partir de datos tomados del OBSERVATORIO AMBIENTAL CARDIQUE.

Por otro lado, es importante resaltar que para el mes de Agosto 2022 se presentó una suma acumulada de precipitación mensual de 345 mm, suma que de acuerdo con la escala establecida por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA)<sup>1</sup>, se clasifica como un mes con precipitaciones “Intensas”. La Ilustración 4 muestra la precipitación diaria registrada.

<sup>1</sup> Secretaría Distrital de Ambiente, Dirección de Control Ambiental, Red de Monitoreo de Calidad del Aire de

Agosto 2022



**Ilustración 4. Comportamiento de Precipitación en estación cercana a la estación El laguito**  
Fuente: Gráficas extraídas de la página web del observatorio ambiental de CARDIQUE (Estación automática UTB)

## 2. Analisis de resultados obtenidos

La estación automática de monitoreo CAR-AG4-El Laguito fue instalada en el mes de julio 2021, mes desde el cuál se viene realizando una medición continua de las variables in situ referenciadas. Sin embargo, para el presente informe se exponen los resultados de monitoreo de calidad de agua registrados por el equipo de medición en el mes de agosto 2022. Los resultados obtenidos, son analizados teniendo en cuenta los estándares permisibles de calidad del agua marina-estuarina contemplada en el artículo 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 del 2015 del MADS.

### 2.1. Oxígeno Disuelto

El oxígeno es uno de los factores más importantes que debe ser medido en el agua. Las fuentes de oxígeno son la precipitación, la difusión del aire en el agua, la fotosíntesis, los afluentes y la agitación moderada. El consumo de oxígeno ocurre por respiración de plantas, animales, demandas bioquímica, química y bentónica de oxígeno, los afluentes, la agitación excesiva, la extensión del periodo de estratificación térmica y el sedimento. (Roldán & Ramírez, 2008).

El Decreto 1076 de 2015 en el artículo 2.2.3.3.9.10 establece que la concentración de oxígeno disuelto para preservación y conservación de la flora y fauna, debe ser superior a 4 mg/L. Partiendo

---

Bogotá D.C. Informe anual consolidado sobre niveles de concentración de contaminantes, 2009.

de lo anterior y de acuerdo a la evolución temporal horaria de Oxígeno Disuelto presentada para la estación de El Laguito para el mes de agosto (ver Ilustración 5), se observa que el 99% de los promedios horarios registran una disponibilidad de Oxígeno con valores superiores a lo establecido de mínimo 4 mg/l para la preservación de flora y fauna, valores que de acuerdo al comportamiento de los meses anteriores derivan en una mejora significativa. Los únicos registros presentados por debajo del límite, se presentaron entre los días 21 y 24 de agosto, en horas de la noche y madrugada, horas en las cuales se da un consumo de oxígeno por parte de los organismos del ecosistema y por la ausencia de luz solar no se libera por los procesos fotosintéticos, asimismo, horas en que la bomba de recirculación se encuentra en stand by.



Ilustración 5. Evolución temporal horaria de las mediciones de OD en el Laguito vs Limite Dec.1076/2015.

Fuente: Gráficas extraídas de la página web del observatorio ambiental de CARDIQUE

Asimismo, y de acuerdo con el perfil horario, para el mes de agosto se presenta un comportamiento típico del oxígeno disuelto durante las 24 horas del día, con una tendencia creciente entre las 07:00 y las 16:00 horas y con valores máximos promedios horarios de hasta 9.61 mg/l, y, un comportamiento decreciente en horas de la tarde noche, siendo en horas de la madrugada donde se obtienen los menores valores con promedios hora a hora por debajo de los 6.5 mg/l. En general, es destacable mencionar que la condición del cuerpo de agua mostró una disponibilidad de oxígeno buena las 24 horas del día. En complemento de lo anterior, el comportamiento exponencial creciente en el rango de la franja horaria diurna concuerda con las horas de mayor intensidad de radiación solar, lo cual contribuye a procesos de crecimiento de algas y por ende procesos fotosintéticos, del cual se deriva la producción de oxígeno; mientras que en la franja horaria nocturna, se evidencia un comportamiento decreciente, lo cual es consecuente con las horas de día

donde no hay mucha influencia de la radiación solar en los procesos fotosintéticos y no hay la misma recirculación del agua por las horas de stand by de la bomba.



Ilustración 6. Perfil horario de Oxígeno Disuelto Agosto estación AG4-El Laguito  
Fuente: Estudio Actual

## 2.2. pH

El pH condiciona los procesos químicos que se pueden dar en el sistema, como la solubilidad de los metales, además de afectar ciertos organismos que son sensibles a cambios de esta variable. Existen factores que pueden modificar el pH, como: floración de algas, actividad bacteriana, el vertimiento de aguas residuales, la escorrentía con contaminantes, entre otros (Orhel y Register, 2006). Es positivo destacar que todos los días del mes se presentó un valor óptimo y dentro del límite establecido por el Dec. 1076/2015 para esta variable, resaltando además la homogeneidad de los datos con promedio mes de 8.12 unidades (rango mediciones entre 7.95 a 8.36 unidades) y variaciones diarias menores a 0.4 unidades. Es destacable mencionar que los datos promedio día mantienen en 8.22, durante agosto se vislumbran variaciones menores a 0.1 unidades. Este comportamiento denota la buena estabilidad del pH sin evidencia de cambios abruptos.

*(Espacio intencionalmente en blanco)*



Ilustración 7. Evolución temporal diaria de las mediciones de pH en el Laguito vs Limite Dec.1076/2015.  
Fuente: Gráficas extraídas de la página web del observatorio ambiental de CARDIQUE

### 2.3. Conductividad

La conductividad es un indicativo de las sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones especialmente de Ca, Mg, Na, P, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. (Sierra, 2011). En los trópicos, los valores de conductividad están más relacionados con la naturaleza geoquímica del terreno y su concentración varía principalmente con las épocas de lluvia y de sequía, y con su estado trófico. (Roldán & Ramírez, 2008). La ilustración 8 muestra la evolución temporal horaria de esta variable en el cuerpo de agua El Laguito durante el mes de agosto 2022.

*(Espacio intencionalmente en blanco)*

Agosto 2022



**Ilustración 8. Evolución temporal horaria de las mediciones de Conductividad en el Laguito.**  
Fuente: Gráficas extraídas de la página web del observatorio ambiental de CARDIQUE

El laguito reportó valores horarios entre 36188.7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 47663.8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo cual corresponde a las características propias de agua marina estuarina. Además, se resalta que durante el mes se registró alta estabilidad en los datos registrados y que las variaciones registradas corresponden a la dinámica natural del cuerpo de agua por su condiciones de recirculación por bombeo y no resisten un mayor análisis.

#### 2.4. Clorofila

La clorofila A es el pigmento común a todos los organismos productores primarios y tiene relación directa con la productividad primaria y el desarrollo vegetal, por lo que es utilizado como un indicador indirecto de la biomasa algal en los sistemas acuáticos. Puede utilizarse como indicador del estado trófico considerando otros parámetros asociados (como nutrientes, composición biológica). La normativa de referencia de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1982), clasifica el estado trófico de los sistemas según la concentración de clorofila a (C<sub>la</sub>) en las siguientes categorías:

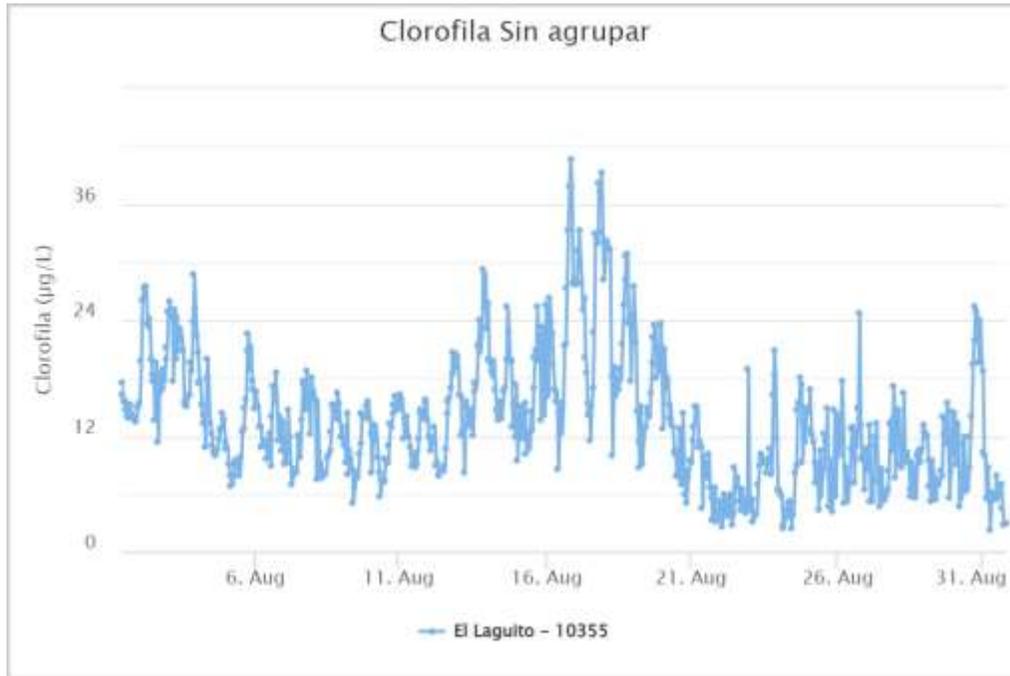
**Tabla 3 Clasificación del estado trófico**

Clasificación	Concentración $\mu\text{g}/\text{L}$
Ultraoligotróficos	< 2.5
Oligotrófico	2.5 – 8.0
Mesotrófico	8.0 – 25
Eutrófico	25 – 75
Hipereutrófico	> 75

Fuente: OCDE, 1982

Agosto 2022

En la Ilustración 9 se observa el comportamiento promedio horario de algas totales en la estación El laguito con valores desde 2.29  $\mu\text{g/L}$  hasta 40.61  $\mu\text{g/L}$  con un promedio de 13.64  $\mu\text{g/L}$ , que teniendo en cuenta lo establecido por la OCDE, su clasificación a nivel promedio del mes corresponde a estado Mesotrófico



**Ilustración 9. Evolución temporal de las mediciones de Clorofila en el Laguito.**  
Fuente: Gráficas extraídas de la página web del observatorio ambiental de CARDIQUE

Es inferible a partir de la ilustración que hubo una ligera variación de los cuales se destacan tres periodos de las mediciones, puesto que el promedio entre los días 01 y 13 de agosto es de 14.31  $\mu\text{g/L}$ , para la mitad de agosto se observa un aumento en los registros con un promedio 19.28  $\mu\text{g/L}$ , para posteriormente reducirse en las en las últimas semanas con un promedio de 9.24  $\mu\text{g/L}$ , resaltando que para los días en que se registraron valores por debajo de 4 mg/l de oxígeno disuelto (del 21 al 24 de agosto), los valores de clorofila alcanzaron sus registros mínimos, con promedios horarios por debajo de los 5 mg/l condiciones de un estado oligotrófico, es decir, condiciones no favorables para la conservación o reproducción de las especies. A pesar de esto, y como se mencionaba con anterioridad a nivel general el cuerpo de agua presentó condiciones favorables para la preservación de flora y fauna, resultado que es una confirmación de la recuperación del mismo con respecto a los primeros meses del año 2022.

### 2.5. Cálculo del ICAM<sub>pff</sub>

Para el presente análisis se realizó la determinación del ICAM<sub>pff</sub> de manera subjetiva por la limitante de ser calculado con un mínimo de dos (2) parámetros medidos (Oxígeno Disuelto y pH) y que cuyo resultado arroja un **valor de confianza del 27%** (cálculo realizado por la plataforma en línea Redcam)<sup>2</sup>; sin embargo, es importante resaltarlo ya que permite de manera general observar el cambio de condiciones que presentó este cuerpo de agua para el mes de agosto.

**Nota:** Los valores usados para el cálculo por día del ICAM<sub>pff</sub> corresponden a los valores promedios diarios obtenidos a partir de las mediciones horarias de Oxígeno Disuelto y pH (ver Ilustración 5 e Ilustración 7) de la estación del Laguito.

De acuerdo con lo expuesto con anterioridad y con la Ilustración 10 donde se muestra la evolución temporal del cálculo del ICAM<sub>pff</sub> se puede observar que la mayor parte del mes de agosto la condición del cuerpo de agua estuvo Adecuada-óptima. Sin embargo, se obtuvo un dato con indicador “pésimo” registrado el 17 de agosto donde se observa que las condiciones de Oxígeno Disuelto marcaron valores elevados de hasta 10.3 mg/L, es decir, indicando una saturación del cuerpo del agua, condición que de igual manera pone en riesgo la disponibilidad de especies, y, sus condiciones de pH se mantuvieron constantes en el valor 8.3 unidades. En general, se denota una condición muy buena para su uso y para la preservación de especies de flora y fauna.

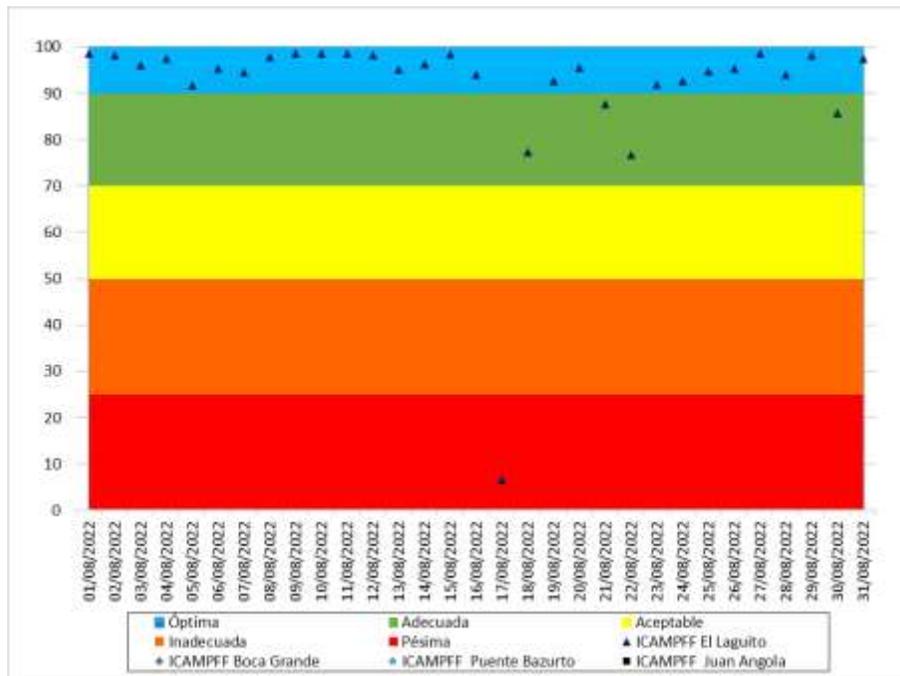


Ilustración 10. Evolución del ICAM<sub>pff</sub> de la estación del Laguito basado en las mediciones diarias de OD y pH (Confianza del resultado 28%)

Fuente: Estudio actual

<sup>2</sup> Cálculo ICAM en línea: <https://siam.invemar.org.co/redcam-icam>

### 3. Registros Fotograficos

Durante las visitas regulares de revisión, verificación y/o mantenimiento realizadas en agosto 2022 se evidenció el siguiente registro fotográfico.



Ilustración 11. Evidencia fotográfica del aspecto general del cuerpo de agua El laguito.



Ilustración 12. Evidencia fotográfica de boya y sonda El laguito.

Agosto 2022



Ilustración 13. Evidencia fotográfica del canal de ingreso agua mar a El laguito.



Ilustración 14. Evidencia fotográfica de la bomba de intercambio entre el mar caribe y El laguito.

Agosto 2022

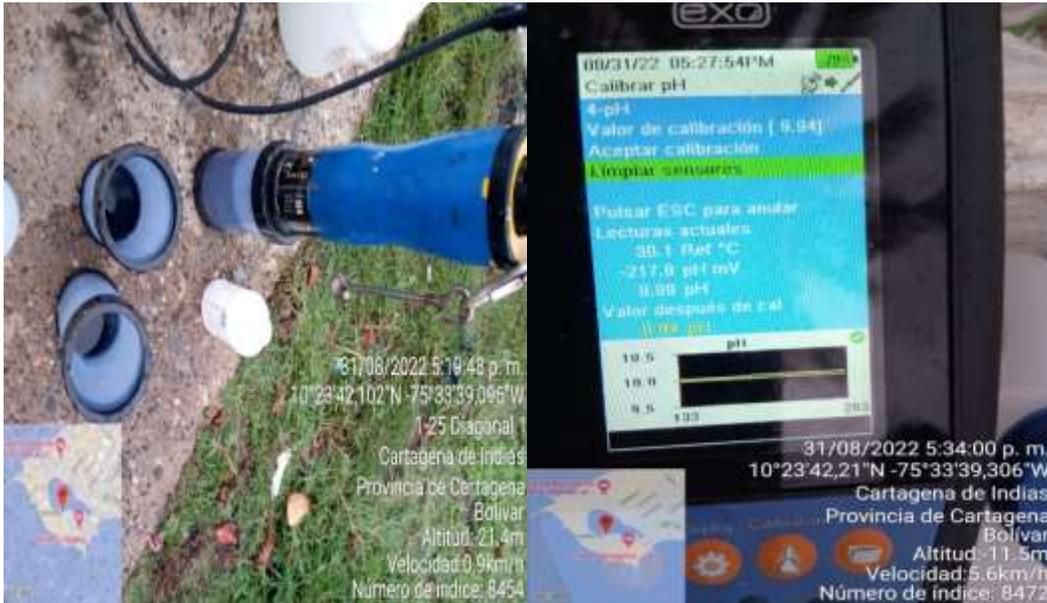


Ilustración 15. Evidencia fotográfica de verificación sonda.



Ilustración 16. Evidencia fotográfica de Avifauna presente en el sitio.

FIN DEL DOCUMENTO