



ANÁLISIS DE ALGUNAS VARIABLES ASOCIADAS A LA CALIDAD DEL AGUA COMO
APORTE EN LA BÚSQUEDA TECNOLÓGICA DE SENSORES Y SU PARAMETRIZACIÓN EN
EL MARCO DEL PROYECTO IOT PARA EL ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA EN EL
HUMEDAL RIO BLANCO

ANDRES STIVEN QUICENO COLORADO

DAVID CASTAÑO LONDOÑO

Tutor

GLORIA YANETH FLOREZ YEPES

Cotutor

VLADIMIR HENAO CÉSPEDES

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
Manizales, Caldas

2021

**ANÁLISIS DE ALGUNAS VARIABLES ASOCIADAS A LA CALIDAD DEL AGUA COMO
APORTE EN LA BÚSQUEDA TECNOLÓGICA DE SENSORES Y SU PARAMETRIZACIÓN
EN EL MARCO DEL PROYECTO IOT PARA EL ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA EN
EL HUMEDAL RIO BLANCO**

Tesistas

Andres Stiven Quiceno Colorado

Andres.quiceno@ucm.edu.co

David Castaño Londoño

David.castano@ucm.edu.co

Tutor

Gloria Yaneth Florez Yepes

gyflorez@ucm.edu.co

Cotutor

Vladimir Henao Céspedes

vhenao@ucm.edu.co

Universidad Católica de Manizales, Cra. 23 #No. 60, Manizales, Caldas

Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Programa Ingeniería Ambiental.

Agradecimientos

Agradecemos a los Docentes Gloria Yaneth Flores Yepes y Vladimir Henao Céspedes por el acompañamiento en este proceso, el cual fue de un constante aprendizaje y lleno de nuevos retos para superarnos como futuros ingenieros ambientales, también por creer en nosotros para darle un avance a un magnifico proyecto que realiza un aporte a la investigación, análisis y conservación de humedales desde la relación entre la ingeniería ambiental y la tecnología.

De igual forma queremos agradecerle a la Universidad Católica de Manizales que siempre nos ayudo a cumplir con cada objetivo y aprender lo suficiente como para desenvolvemos en los proyectos asignados como este y también por abrimos la oportunidad de estudiar en tan excelente institución.

Lista de contenido

Resumen.....	6
Introducción	7
Planteamiento del problema.....	8
Justificación	9
Objetivos	10
Objetivo general.....	10
Objetivos específicos	10
Marco teórico	11
Análisis y resultados	19
Documentar experiencias de análisis de indicadores en diferentes humedales.	19
Determinar los principales indicadores fisicoquímicos asociados a los humedales para la conservación de la biodiversidad.	27
Oxígeno disuelto.....	28
Solidos	30
pH	31
Nitritos y nitratos.....	34
Conductividad.....	35
Fosforo total.....	39
Demanda química de oxígeno	40
Demanda bioquímica de oxígeno	41
Turbiedad.....	43
Eutrofización	44
Realizar una búsqueda tecnológica de diferentes sensores y energías renovables con la definición de rangos máximos y mínimos de parámetros fisicoquímicos para la parametrización de los sensores... ..	47
Sensores para la medición de parámetros fisicoquímicos.....	50
Conclusiones	67
Trabajos Futuros	68
Bibliografía	68

Lista de Tablas

Tabla 1: Clasificación de la Eutrofización de la OECD (Ledezma, et al., 2013).	18
Tabla 2: Resultados del estudio en el algo columbia (Kulkarni, 2011).	22
Tabla 3: Rangos de parámetros fisicoquímicos según el estado del arte.	48
Tabla 4: Precios Sensor de pH Arduino.	51
Tabla 5: Precios de Sensor de OD.	52
Tabla 6: Precios de Sensor de Temperatura y Humedad.	53
Tabla 7: Precios de Sensor de conductividad eléctrica.	55
Tabla 8: Precios de Sensor para la medición de turbidez	57
Tabla 9: Especificación de Sensores Fuente: Elaboración propia.	57

Lista de Figuras:

Figura 1: Sensor de pH Arduino de Geek Factory.	50
Figura 2: Sensor de OD de DFROBOT.	51
Figura 3: Sensor de Temperatura y Humedad de SIGMA Electrónica.	53
Figura 4: Sensor de conductividad eléctrica analógica (K = 10) de DFROBOT.	54
Figura 5: Sensor de conductividad eléctrica analógica v2 (K = 1) de DFROBOT.	55
Figura 6: Sensor para la medición de turbidez. (SEN0189) de SIGMA electrónica.	56
Figura 7: Panel Solar de EFImarket.	61
Figura 8: Intensidad de radiación solar a nivel mundial.	62
Figura 9: Energía Eólica, Molino y partes de factorenergía.	64
Figura 10: Micro central hidráulica, Energía hidráulica de VERNIS.	65
Figura 11: funcionamiento micro-central eléctrica, Energía hidráulica de VERNIS.	66
Figura 12: Diagrama de Bloques para la conexión del diseño y estación de monitoreo.	67

Siglas y abreviaturas:

OD Oxígeno disuelto

DBO Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO Demanda Química de Oxígeno

Resumen

En el presente trabajo de grado se presentan los resultados relacionados con el análisis de algunas variables asociadas a la calidad del agua como aporte en la búsqueda tecnológica de sensores y su parametrización en el marco del proyecto IoT para el análisis de calidad del agua en el humedal rio blanco para el proyecto IoT en el humedal rio blanco dentro del proyecto de investigación: “IoT para el análisis de la calidad del agua en el humedal del nacimiento del Río Blanco”. Inicialmente, se realizó una búsqueda bibliográfica sobre experiencias de análisis de parámetros fisicoquímicos en diferentes humedales, que permitiera establecer las tecnologías utilizadas para determinar la calidad del agua en humedales. Se evidencio que la tecnología más utilizada en cuanto a sensores remotos, es el uso de imágenes satelitales proporcionadas por satélite landsat esté dando mayor variabilidad de resultados. Por otra parte, se evidenciaron pocos estudios realizados con sensores conectados a Arduino para obtener valores in situ sobre la calidad del agua respecto a los parámetros fisicoquímicos. Posteriormente, se identificaron los principales indicadores fisicoquímicos asociados a los humedales para la conservación de la biodiversidad como lo son: OD, Solidos, pH, Temperatura, DBO, DQO, Nitritos y nitratos, conductividad eléctrica, turbiedad y fosforo total. Por cada uno de los anteriores parámetros se establecieron rangos determinados en una gran variedad de humedales para establecer una base de datos y estimar los rangos en los cuales se puede encontrar el humedal de rio blanco, esto aportando información sumamente importante desde comportamientos dentro de los humedales, hasta afectaciones según cada parámetro fisicoquímico para el estado de la conservación y la biodiversidad. Finalmente, con los rangos establecidos, es posible definir rangos máximos y mínimos de los parámetros fisicoquímicos mencionados, y así realizar una búsqueda de sensores compatibles con Arduino, que puedan ser utilizados con la finalidad de ser incorporados en una estación para monitorear la calidad del agua. En relación con los sensores, fueron indicadas sus características, especificaciones, precios, funcionamiento. Por otro lado, se estudiaron algunas fuentes de energías renovables que pueden llegar a ser utilizadas para el suministro de energía de la estación de monitoreo, teniendo en cuenta que sean amigables para el medio ambiente sin generar impactos o aspectos negativos dentro del humedal o sus alrededores para el estado de la conservación, y que puedan ser indicadas para operar en condiciones alto andinas.

Palabras claves: Humedales, Calidad del agua, Estación de monitoreo, Arduino, landsat, parámetros fisicoquímicos, Estado de la conservación.

Introducción

La presente investigación cuenta con la importancia de analizar algunas variables asociadas a la calidad del agua como aporte en la búsqueda tecnológica de sensores y su parametrización en el marco del proyecto IoT para el análisis de calidad del agua en el humedal rio blanco, donde sabemos que los humedales alto-andinos son de suma importancia y estos se ven afectados continuamente por las diferentes actividades antrópicas, variando los valores normales o equilibrados de estos y generando cambios los cuales intervienen y afectan los parámetros fisicoquímicos teniendo consecuencias como una baja calidad del agua, cambios de color, cambios en la vegetación, eutrofización y pérdida de especies en donde se generan impactos negativos no solo dentro del humedal, si no sobre otras áreas.

La conservación de los humedales alto-andinos ha generado un interés profundo y muy significativo para diferentes actores, los cuales investigan elementos conceptuales, herramientas de evaluación y alternativas de gestión, que permitan tener un buen manejo en los procesos de estos ecosistemas, buscando alternativas para la mitigación y adaptación de cambios (Valencia et al., 2014). Estableciendo en similitud cuales pueden ser los parámetros fisicoquímicos que pueden tener alteraciones dentro del humedal, sabiendo que existen cambios como la pérdida de crecimiento y la reproducción de la biodiversidad, generación de cambios de color por escorrentías, pérdida del equilibrio del pH de neutro a ácido o básico, pérdidas de oxígeno, etc.

Por tal motivo el concepto de la utilización de sensores sistemas de información geográficos y geoposicionamiento global, permiten tener una mayor eficiencia en diferentes estudios, donde llegan a existir muchas ventajas al combinar los datos entre estos, ya que los sistemas de información geográficos proporcionan el medio para esta integración y también brindan herramientas para análisis cuantitativos de cambios (García et al., 2002) ya se para humedales u otros fines.

Una vez mencionado esto, nos hacemos a la idea de la implementación de las estaciones de monitoreo las cuales pueden generar un flujo de datos en tiempos reales con Arduino, para generar análisis continuos en el humedal alto-andino. Logrando un constante monitoreo y así llegar a generar mitigaciones para los impactos negativos antes del tiempo esperado, por cambios dentro de los parámetros fisicoquímicos y sabiendo que sus usos de energías pueden ser en pro del medio ambiente generando nuevas tecnologías.

Planteamiento del problema

Los humedales alto-andinos son ecosistemas de gran importancia, sobre los cuales, influyen actividades antrópicas, que inciden directamente sobre diferentes variables que pueden afectar el estado de conservación y la calidad del agua del humedal. Realizar una medición continua de dichas variables, genera un volumen importante de información del comportamiento de cada variable, con lo cual, a partir de realizar análisis de datos, es posible obtener estrategias de conservación y/o mitigación del impacto de las actividades antrópicas.

En el caso puntual de estudio del presente proyecto, algunas actividades antrópicas que han afectado la calidad de los humedales en la parte alta de la cuenca del río Chinchiná, son los diferentes sistemas productivos tales como, la ganadería y el cultivo de papa principalmente. A raíz de dichas actividades, se hace necesario monitorear constantemente, no solo las actividades en mención, sino también la afectación que estas pueden causar sobre algunas variables fisicoquímicas del humedal, correlacionando así estos datos con el estado de la calidad del agua en el ecosistema.

Por otro lado, el monitoreo constante de los humedales es una necesidad del Grupo en Desarrollo Tecnológicos y Ambientales-GIDTA de la Universidad Católica de Manizales, que desde el año 2010, ha venido realizando proyectos relacionados con la conservación de humedales alto andinos, considerando la medición de algunos parámetros tanto de suelo como de agua. Sin embargo, no se ha podido contar con mediciones continuas, dado los costos que se generan, por la medición in situ y los análisis de laboratorio de las muestras obtenidas. El anterior problema, puede ser solucionado con el diseño e implementación de una estación de monitoreo remoto, que permita obtener mediciones in situ y que los datos puedan ser digitalizados y transferidos remotamente a un sistema de análisis computacional de calidad de agua del humedal.

Finalmente, una vez ha sido contextualizado el problema que se desea resolver con este proyecto de investigación, se establece la siguiente pregunta de conocimiento, la cual orientara el énfasis de la investigación:

¿Cuáles son las variables fisicoquímicas que determinan la calidad del agua para la conservación como aporte a la parametrización de los sensores?

Justificación

Los humedales son uno de los ecosistemas más frágiles en el planeta, prestan múltiples servicios ecosistémicos, y a pesar de esto, no se han realizado suficientes estudios sobre su función dentro del ambiente. Dichos estudios son de interés público, ya que, durante muchos años, las comunidades se han asentado cerca a estos ecosistemas, gracias a que sus múltiples funciones le permiten representar el sustento para la vida humana, abasteciendo las actividades domésticas, el riego de cultivos y el soporte para la piscicultura, entre otros. Asimismo, los humedales son de gran valor cultural ya que, desde tiempos pasados, han sido para algunas comunidades, escenarios de adoración de dioses y sitios de celebración de ceremonias religiosas. Por otro lado, han proporcionado posibilidades de recreación, no solo desde la admiración paisajística, sino también desde las posibilidades de utilización directa para deportes náuticos, pesca deportiva, entre otros.

En concordancia con lo anterior y para garantizar a la humanidad el sustento y continuación de la vida, es importante obtener información (datos) de variables fisicoquímicas del humedal, a través de herramientas tecnológicas. Con los datos obtenidos será posible conocer el comportamiento del humedal, y establecer metodologías de análisis de datos, las cuales permitirán, desde un enfoque conservacionista de la biodiversidad acuática, proyectar el tiempo de vida del humedal. En este sentido, algunas variables fisicoquímicas que se deben registrar, dada su importancia como indicadores para determinar el estado de conservación de un humedal, y de la calidad del agua en términos de potabilización, son:

- el contenido de nitrógeno,
- el oxígeno disuelto,
- la temperatura
- la turbidez del agua

En cuanto a las variables fisicoquímicas definidas anteriormente, el Nitrógeno en el agua y en el suelo, determina el grado de eutrofización de los humedales, fenómeno que se presenta en el ecosistema y que debido principalmente a la acción antrópica ocasiona la disminución y deterioro de los humedales.

Este proyecto tendrá la finalidad de acontecer los resultados pertinentes en cuanto a las variables fisicoquímicas de la calidad del agua en el humedal rio blanco, donde se registrará la información

recolectada en cierto tiempo y así de igual forma mostrar la importancia y determinación del estado de este humedal.

Todo esto se hará con la finalidad de aportar la información necesaria para encaminar al proyecto de investigación IoT para el Análisis de la calidad del agua en el humedal del nacimiento del río Blanco.

Teniendo en cuenta la metodología a realizar, constara de la documentación de experiencias de análisis de indicadores en diferentes humedales y la determinación de los principales indicadores fisicoquímicos asociados a la conservación de la biodiversidad, donde se tendrá en cuenta la documentación del mismo humedal y proyectos o estudios que se han realizado por medio de sensores los cuales proyectaran resultados de las variables fisicoquímicas, ayudando a el aporte de nuevos conocimientos y tener en cuenta posibles afectaciones o resultados que se consideren pertinentes en el proyecto a realizar.

Finalmente se procederá a establecer los rangos máximos y mínimos de las variables fisicoquímicas con una revisión bibliográfica para la parametrización de los sensores y determinar su calidad en comparación a humedales en estado de conservación, con el propósito de recolectar la información pertinente que podrá ayudar a la continuación de objetivos próximos para la finalización del proyecto.

Objetivos

Objetivo general

Analizar algunas variables asociadas a la calidad del agua como aporte en la búsqueda tecnológica de sensores y su parametrización en el marco del proyecto IoT para el análisis de calidad del agua en el humedal rio blanco.

Objetivos específicos

- Documentar experiencias de análisis de parámetros fisicoquímicos en diferentes humedales.
- Identificar los principales indicadores fisicoquímicos asociados a los humedales para la conservación de la biodiversidad.

- Realizar una búsqueda tecnológica de diferentes sensores y energías renovables con la definición de rangos máximos y mínimos de parámetros fisicoquímicos para la parametrización de los sensores.

Marco teórico

Indicadores para la conservación de la biodiversidad

Indicadores Fisicoquímicos

La calidad de aguas se ha determinado a partir de variables físicas, químicas y biológicas ya sean evaluadas individualmente o grupalmente, estos parámetros fisicoquímicos dan informaciones extensas de la naturaleza de especies químicas del agua y propiedades físicas, la ventaja de las variables fisicoquímicas es que son rápidas de medir y pueden analizarse con mayor frecuencia, también permitiendo usarlo con diferentes fines, dependiendo de la necesidad por el parámetro a conocer (Samboni et al., 2007).

Los métodos basados para medir los indicadores fisicoquímicos del agua, solo valoran sus características en el momento en que se toma la muestra, por lo cual no pueden detectar la acción de factores ocasionales que sean de corta duración y no estén dentro del rango de muestreo, salvo que el muestreo sea de manera muy continua (Burillo 1997).

Los datos fisicoquímicos analizan los comportamientos o causas del problema, pero se necesita una frecuencia de muestreo más extensa, ya que indican una condición puntual del agua por cada muestra, en comparación los indicadores biológicos que también son sustanciales para la determinación de condiciones físicas y químicas son más utilizados a largo plazo (Pérez et al., 2009).

Se realizó un estudio en costa rica en el 2009, Pérez realizo un estudio de índices fisicoquímicos de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación donde se evaluaron las variables fisicoquímicas más relevantes:

- Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto.
- Solidos suspendidos
- pH

- Nitrato
- Conductividad
- Temperatura
- Fosforo total
- DQO (Demanda Química de Oxígeno)
- Agentes tóxicos
- Grasas y aceites

Estos indicadores fisicoquímicos se analizaron a partir de criterios de sostenibilidad ambiental y a la adaptabilidad de las especies en ecosistemas de interés (Pérez et al., 2009).

Estados ideales de la calidad del agua:

Según los autores (Pérez et al., 2009) el estado ideal para el DQO en (mg O₂/l) son:

Excelente	Buena o Regular	Mala	Pésima	No apta
De 1 a 25	De 26 a 40	De 41 a 60	De 61 a 150	Mayor a 150

Fosforo total en (µg/l) son:

Excelente	Regular o Mala	Pésima	No apta
De 1 a 50	De 51 a 100	De 101 a 150	Mayor a 151

Temperatura (°C) son:

Optima	Excelente	Buena	Mala	No apta
27.2	28.6-25.8	24.4-30.0	34.2 – 20.2	Mayor a 37

Además, al tener en cuenta la calidad de agua ya sea para un vertido, tratamiento de depuración, potabilización o cualquier otro uso, es muy importante reconocer los diferentes parámetros fisicoquímicos, esto como objetivo de identificar si se encuentran dentro del intervalo aceptable por la legislación vigente (Jimenez, S.F)

Un estudio de los sistemas acuáticos costeros en México en el 2017, Lanza realizó una búsqueda de los parámetros fisicoquímicos del agua, esto con el fin de saber las variaciones de estos parámetros frente a: oxígeno disuelto, nutrientes (nitrogenados y fosforados inorgánicos) y el índice de la biomasa Fitoplanctónica, dando como resultado que los intervalos de parámetros no-conservativos son derivaciones de las características ambientales de cada sistema acuático. (Lanza et al., 2017).

Por otra parte mencionan los dispositivos de medición para las variables fisicoquímicos del agua, utilizados en un estudio acerca de la tolerancia de diez peces de diatomeas en el río Sarapiquí de Costa Rica, en el cual el oxígeno disuelto y la temperatura fueron medidos con un oxímetro, la conductividad con un conductímetro, el total de sedimentos en suspensión fueron calculados por el método gravimétrico, la turbidez fue medida con un equipo 2020 marca Lamotte, el pH con indicadores de pH y la alcalinidad se calculó con un equipo de alcalinidad marca Hach (Céspedes et al., 2015).

Indicadores biológicos:

Un bioindicador es un conjunto que responde a las afectaciones o variaciones de factores ya sean abióticos como bióticos del ecosistema, donde esta respuesta quede reflejada en un cambio en la entidad, estas variables, cambios o características pueden llamarse bioindicadores (Osorio, 2014).

Los indicadores, relacionados con el ambiente son sencillos y cómodos de medir ya que el factor que influye en ellos es el tiempo, el cual permite ver en qué sentido evoluciona la calidad del entorno, donde son pasos claves en el proceso ya que determinan problemas en un tiempo previsto y propone acciones para mejorar y evaluar dichas operaciones (Osorio, 2014).

Entre los indicadores biológicos más utilizados, se recalcan los macro invertebrados bentónicos (>500µm) ya que son muy utilizados para la evaluación de los ecosistemas fluviales del mundo estos presentan diferentes ventajas (Figueroa et al., 2003)

Según Rosenberg y Resh (1993) citado por FIGUEROA et al., 2003:

- Están presentes en casi todos los sistemas acuáticos continentales, haciendo posible realizar estudios comparativos.
- Son sedentarios, permitiendo el análisis espacial de las consecuencias de perturbaciones en el ecosistema.

- El análisis de muestras y muestreo cuantitativo de los macroinvertebrados bentónicos se realizan con equipos simples y de bajo costo.
- Se han realizado análisis, los cuales han sido validados en los diferentes ríos del mundo.

Las comunidades biológicas existentes en las aguas, responden a las perturbaciones del medio, cuando existen estas perturbaciones las poblaciones sufren un trastorno que se manifiesta en cambios por las diferentes especies, pudiendo llegar a la destrucción completa de la biocenosis (Burillo, 1997).

Los macroinvertebrados, están dentro del conjunto de bioindicadores, lo que permite por ser sedentarios ayudar a determinar orígenes de contaminación, estos permiten analizar cambios en tiempos prolongados (años) de exposiciones a contaminantes por concentración variable o subletal, cabe resaltar que un periodo largo de muestreos permite validar más las composiciones de resultados que las de un tiempo corto (Burillo, 1997).

Los seres vivos se comportan como indicadores en continuo de la calidad del agua, permiten en si detectar cambios en la calidad de esta misma, en periodos de corto mediano y largo plazo. También son capaces de reflejar la existencia de compuestos químicos que no se pudieron determinar en análisis físico-químicos, por otra parte, demuestra la influencia negativa a la hora de asociarse dos elementos, que en conjunto pueden ser nocivos, pero por separados son inofensivos para la calidad del agua. (Sánchez et al., 2015)

Las aves como indicador ambiental son ideales para monitorear y conocer de forma indirecta, sus características en el ecosistema.

- Llamativas (facilidad para detectarlas).
- Identificación rápida.
- Está en un grupo taxonómico mejor estudiado.
- El estudio de la estructura de sus comunidades proporciona un medio rápido, confiable y replicable para evaluar la conservación de hábitats.

Este monitoreo de aves es muy útil para la evaluación de impactos e implementar la conservación, manejo de ecosistemas y hábitats (Osorio, 2014 citado por programa scolel'te, 2013).

Una investigación que se realizó en los humedales altiplano mexicanos, se propuso utilizar como bioindicadores la grulla gris (*grus canadensis*) que funcione como indicador de la riqueza de especies, la

cual usa los humedales como refugios, donde se evidencio que al haber presencia de grullas existen más cantidades de especies que donde la grulla no habita, como se encontró que existe una similitud y una relación significativa entre la riqueza de especies y la presencia de estas grullas (López et al., 2014).

Es de suma importancia evaluar los bioindicadores para la calidad de agua, ya que, al tener presencia de una comunidad con una fuente hídrica determinada, se podría entrar a analizar los comportamientos y condiciones existentes allí, ya sea por una contaminación presente o si la contaminación no presenta cambios significativos en el cuerpo de agua (Pérez, 1999).

Sintomatología y efectos de la eutrofización

Los síntomas que puede presentar la eutrofización se pueden identificar de esta manera: según (VASQUEZ, et al., 2012) se observan a través de los siguientes aspectos: aumento de manera exponencial del fitoplancton, algas asociadas y micrófitos; modificaciones de las características de los diferentes hábitats debido al cambio que presentan las especies de plantas acuáticas: sustitución de especies ícticas y de macroinvertebrados; producción de toxinas por afloramientos de algas; modificación de características organolépticas (gusto, olor, color); baja en las concentraciones de oxígeno disuelto del agua y de su porcentaje de saturación, gracias a esto se puede presentar deterioro en el cambio paisajístico, pérdida de la cobertura vegetal, mortandad de peces y una colmatación.

Indicadores de eutrofización:

La palabra eutrófico hace referencia a rico en nutrientes y la eutrofización proviene del griego eu “bien” trophein “nutrido” que habla más específicamente de bien nutrido, por otra parte, diferentes autores definen este término como consecuencia de un desequilibrio al incremento de materia vegetal, que al entrar en descomposición genera afectaciones disminuyendo el oxígeno disuelto (Barreto, et al., 2013).

La eutrofización es el enriquecimiento natural de las plantas en las aguas superficiales. No obstante, la eutrofización se puede producir de forma natural y está asociada a fuentes antropogénicas de nutrientes. (Moreno et al., 2010)

La eutrofización es un proceso del deterioro de la calidad del agua, esto sucede por el incremento de nutrientes en los cuerpos hídricos, principalmente nitrógeno y fosforo, condicionando el uso de este recurso (Ledesma, et al., 2013).

Cuando se habla de estado trófico de los lagos o humedales es un concepto necesario en la gestión de estos. En este se observa la relación entre el estado de los nutrientes en un lago y el crecimiento de la materia orgánica del mismo. (Moreno et al., 2010)

Eutrofización es el proceso de cambio de un nivel trófico a otro de nivel mayor por adición de nutrientes. (Moreno et al., 2010)

Atendiendo a la definición eutrofización, cuando un cuerpo de agua es pobre en nutrientes (oligotrófica) sus aguas son transparentes, lo que genera que la radiación solar entre a los afluentes hídricos, posibilitando el crecimiento de algas y la coexistencia de una gran variedad de seres vivos. Las plantas y animales que habitan los ecosistemas oligotróficos son característicos de aguas bien oxigenadas, resultado que la presencia de estos indique una buena calidad del agua (Mas et al., 2017).

Por otra parte, con el incremento de elementos nutritivos en los cuerpos hídricos, propician el aumento de la actividad fotosintética, representada superficialmente por algas y fitoplancton. El incremento de la materia vegetal en la superficie de los cuerpos hídricos genera en gran parte turbidez y a su vez impide que la radiación solar penetre el fondo del agua y no pueda ser recibida por las especies vegetales que habitan en el fondo del cuerpo hídrico. (Mas et al., 2017).

Por otro lado, entre las causas antrópicas que aceleran el proceso de eutrofización se encuentran:

- Uso de fertilizantes agrícolas: el uso desmedido de fertilizantes y estiércol animal como abono orgánico es el principal causante de la eutrofización. Estos componentes llegan a los cuerpos de agua, con ayuda de la escorrentía o por medio de los riegos, lo que genera el arrastramiento de este material llegando a los cuerpos de agua.
- Descarga de residuos industriales y municipales: este problema se evidencia principalmente por la demanda del recurso hídrico, para la producción de diferentes insumos necesarios para la vida en la sociedad, gracias a esto los vertimientos generados por las industrias son depositados en los afluentes hídricos generando problemas de eutrofización. (Miranda, et al., S, F).

Índices tróficos: para poder identificar el estado trófico de los cuerpos de agua, nace la necesidad de crear un índice que por medio de la evaluación de determinadas variables sea posible identificar las condiciones de los cuerpos de agua, de esta manera estas herramientas son usadas para establecer clasificaciones tróficas. (Miranda, et al., S, F).

Procesos bióticos de la eutrofización:

Se habla de procesos bióticos en la calidad de agua, al momento de hablar del plancton que se genera en gran masificación a la hora del aumento de nutrientes de un afluente hídrico, ocasionando en gran proporción el aumento de la turbidez. Con el deterioro de la vegetación acuática sumergida es evidente que se pierden alimentos, hábitats y oxígeno disuelto de la fotosíntesis (OD). (Moreno et al., 2010)

Principales causas en los procesos antropogénicos de procesos de eutrofización pueden ser:

- Descarga de aguas residuales, que contienen altos niveles de nutrientes, contribuyendo al cambio trófico.
- Uso excesivo de fertilizantes que generan contaminación al afluente hídrico aportando nitrógeno y fósforo.
- La erosión y deforestación en suelos agrícolas, aumentan la carga de nutrientes debido al arrastre generado por la escorrentía donde son depositados en los afluentes hídricos.

En la eutrofización se analizan diferentes estrategias que van desde los análisis visuales hasta técnicas de vanguardia (Moreno et al., 2010).

Como indica (Moreno et al., 2010) se utilizaron análisis de los macrofitos y del fitoplancton para identificar el grado de eutrofia de un afluente hídrico también utilizaron el índice (IET O TSI) propuesto por Carlson (1977).

Índice del Estado Trófico de Carlson (IET):

El índice del estado trófico (TSI) propuesto por Carlson tiene como finalidad dar una clasificación a los diferentes cuerpos de agua en sus estados tróficos, de forma confiable, este índice ha sido el más utilizado para clasificar reservorios y lagos.

Este índice utiliza variables como, la profundidad de visión del disco secchi (TSIDs) y las concentraciones superficiales de elementos como fósforo total (TSIPt) y clorofila (TSICLRF a). Con este índice se puede medir la escala trófica de un lago en una escala de 0 a 100. (Miranda, et al., S, F).

Teniendo en cuenta un estudio realizado en el río tercero Córdoba (Argentina) se utilizó para la clasificación del estado trófico el Programa Internacional para la Organización, Cooperación y Desarrollo

Económico de aguas interiores (OECD, 1982), el cuál proporciona los valores límites de PT, Cl-a y DS, en el ámbito de los lagos de zonas templadas. (Ledesma et al., 2013).

Según los autores (Ledesma et al., 2013) la clasificación de la eutrofización de la OECD, 1982 es:

Tabla 1: Clasificación de la Eutrofización de la OECD (Ledesma, et al., 2013).

Categoría trófica.	PT Medio (µg/L)	Cl-a Media (µg/L)	Cl-a Máx. (µg/L)	DS Medio (m)	DS Mín. (m)
Ultraolitrófico	< 4	< 1	< 2,5	> 12	> 6
Oligotrófico	< 10	< 2,5	< 8	> 6	> 3
Mesotrófico	10-35	2,5-8	8-25	6-3	3-1,5
Eutrófico	35-100	8-25	25-75	3-1,5	1,5-0,7
Hipereutrófico	> 100	> 25	> 75	< 1,5	< 0,7

Metodología

Fase 1:

Se realizó la documentación de experiencias de análisis de indicadores en diferentes humedales.

En esta primera etapa se buscaron diferentes análisis realizados en humedales tanto a nivel internacional como nacional.

La búsqueda se realizó en diferentes bases de datos tales como Proquest, scopus, scielo, etc.

En este proceso, se tuvo en cuenta los procesos de revisión documental, abstracción, interpretación y argumentación.

Fase 2:

Se determinaron los principales indicadores fisicoquímicos asociados a los humedales para la conservación de la biodiversidad.

Posterior a esto se revisó información secundaria de estudios precedentes realizados en la zona de estudio y así determinando parámetros ideales del agua para la conservación de la biodiversidad.

Fase 3:

Se determino los valores máximos y mínimos según la revisión bibliográfica entre los diferentes parámetros fisicoquímicos asociados a el estado del humedal para la conservación de la biodiversidad.

Consultando diferentes sensores compatibles con Arduino que permitan realizar mediciones de los parámetros fisicoquímicos establecidos. Realizando un informe tecnológico que incluya: Precios, Especificaciones y Características principales, de los sensores consultados.

Documentando análisis y propuestas de diferentes tipos de energías renovables que pueden ser utilizadas en un humedal alto andino, teniendo en cuenta los aspectos e impactos positivos o negativos que se puedan presentar al momento de utilizar estas propuestas.

Análisis y resultados

Documentar experiencias de análisis de indicadores en diferentes humedales.

En este ítem en específico se hará referencia a las investigaciones que se han llevado a cabo en diferentes regiones del mundo sobre humedales. Donde se utilizaron tecnologías de punta para la investigación como lo son las imágenes landsat y toma de datos asociados a tecnología de sensores conectados Arduino. Esto se realizará con la finalidad de recolectar información precisa la cual favorecerá el desarrollo de las etapas de investigación y abrirá el panorama al uso de sensores conectados con Arduino.

En el verano de 1994 y 1995 se realizó un estudio en los embalses Beniarres, Amadorio y Guadalest pertenecientes al río Júcar, se midieron parámetros como clorofila, transparencia por discos secchi, solidos suspendidos y temperatura, y con la ayuda del satélite landsat tomar capturas del sector y realizar una relación empírica entre las imágenes tomadas por el satélite y por los datos obtenidos in situ. Se seleccionaron dos fechas estimadas, para coincidir con el paso del satélite por la zona destinada, para realizar la toma de las capturas, se seleccionaron las fechas para evitar la mayor nubosidad, en este

procedimiento se realizaron la toma de muestras in situ para determinar las condiciones del embalse y así relacionarlo con las imágenes capturadas por el satélite para conformar una serie de ecuaciones, donde se tomó como resultado que la teledetección funciona como para el seguimiento de los estados tróficos del lago, y con estos mismos obtener mapas de transparencia, sólidos suspendidos, temperatura y clorofila de cuerpos de agua determinados. (Serrano, M. et al., 1995)

En la provincia de Córdoba se ubica en una región semiárida central, donde se realizó un proyecto de investigación interdisciplinario e interinstitucional, donde en 1999 se iniciaron monitoreos periódicos (estacionales y mensuales). En este trabajo se presentan resultados de identificados y cuantificaciones de las fuentes principales de aporte de fósforo, donde se realizaron monitoreo con imágenes de satélite (Landsat) como herramienta para el monitoreo. Se plantaron objetivos para estimar la carga de fósforo total (pt) proveniente de la cuenca de drenaje del embalse, Evaluar el comportamiento físico, químico y biológico del embalse mediante reutilización de herramientas teórico numérico. El procedimiento realizado para la elaboración del proyecto se derivó en varias etapas donde, se determinaron las cargas de fósforo total, y calibración de los modelos conceptuales y teóricos. Se realizó la medición del fósforo total mediante el modelo flux posterior a esto se procedió a implementar imágenes satelitales utilizando el modelo de sensores de la serie Landsat, cedidas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales para realizar comparaciones con los años anteriores. Gracias a las imágenes capturadas por el satélite Landsat se obtuvieron imágenes que permitieron el monitoreo de los sensores para determinar la evolución de la clorofila y determinar y predecir qué condiciones podrá tener el afluente hídrico a medida que va pasando los años y determinar qué condiciones podría tener. (Bazán et al., 2005)

En un estudio en el embalse de Guanting en Beijing, China se utilizó la detección remota y el uso de Landsat 5 TM, donde se analizaron diferentes variables comunes en la calidad del agua como turbidez, algas, DQO, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, nitrógeno nitrato, fósforo disuelto y fósforo total. Para la recolección de estas, se recogieron 76 muestras en diferentes fechas donde fueron distribuidas uniformemente en el área de estudio, para las imágenes TM se observaron las diferentes condiciones ya que los climas variaban y sus imágenes alteraban los resultados por la nubosidad o lluvias, estas imágenes fueron correlacionadas para el análisis de las variables y se escogieron las mejores imágenes por sus resoluciones espaciales, con la utilización de los métodos de muestreo por números digitales de píxeles y algoritmos de regresión múltiple, las algas, concentración de nitrógeno de nitrato y turbidez se logró un 10% de error relativo medio, para nitrógeno total y fósforo disuelto dentro del 20%, y para el resto de

variables dentro del 30%, no se encontró un método de recuperación efectivo para la DQO, estos resultados expresan que al realizar este monitoreo de rutina más tradicional de la calidad del agua por RS en cuerpos de agua continentales relativamente limpios es posible y efectivo (He et al., 2008).

El lago Valencia es de suma importancia para la región centro norte de Venezuela, donde este lago ha sufrido las consecuencias, gracias al deterioro de las comunidades aledañas, donde se usa como vertedero de las aguas domésticas de la región. Se realizaron tomas de imágenes con el sensor Modis, con un modelo para la predicción en la evolución del tiempo con la concentración de la clorofila, que es un parámetro indicador de eutrofización en los humedales. Se obtuvieron imágenes en el periodo 2001 a 2003, fechas coincidentes con los muestreos realizados en el lago para determinar su calidad y determinar el comportamiento de la clorofila para realizar acciones de preservación, (De la Hoz, et al., 2009)

Para realizar este estudio se obtuvieron imágenes del satélite tierra/ Modis 2001 -2003, donde solo se tomó la clorofila como parámetro de indicador de la eutrofización. Este modelo usa el crecimiento de la vegetación en las imágenes obtenidas como relación al aumento de la clorofila y con modelos estadísticos determinar el crecimiento vegetal, donde se determinaron bandas multispectrales para discriminar las zonas donde hay clorofila, gracias a esto se pueden realizar predicción de acuerdo con lo mostrado por las imágenes a lo largo del muestreo en los tres años para determinar las condiciones que puede tomar este lago a futuro. (De la Hoz, et al., 2009).

Un estudio en el lago Columbia utilizaron las imágenes satelitales por medio del Landsat 5 TM, donde se mide la cantidad de radiación solar que es reflejada en el agua superficial del lago, la reflectancia ya que esta depende de la concentración y los parámetros de la calidad del agua, los parámetros a medir fueron sólidos en suspensión, la clorofila y la turbidez donde se tomaron en 7 estaciones los datos correspondientes a las imágenes satelitales y valores in situ (Kulkarni, 2011).

Se utilizaron modelos de regresión para correlacionar los valores en relación de las imágenes satelitales y los valores tomados in situ, donde se obtuvieron los siguientes valores:

Tabla 2: Resultados del estudio en el algo columbia (Kulkarni, 2011).

Model No.	Variables	R	Std. Error of the Estimate
1	Chlorophyll-a and Log(B2/B3) (Log(Green/Red))	0.112	1.07467
2	Chlorophyll-a and B2/B3 (Green/Red)	0.156	1.06835
3	Chlorophyll-a and B3 (Red)	0.734	0.73443
4	Chlorophyll-a and B2 (Green)	0.864	0.54441
5	Total Suspended Solids and B3/(B1+B2+B3)	0.244	5.4979
6	Total Suspended Solids and B3	0.147	5.6073
7	Turbidity and B3/(B1+B2+B3)	0.461	10.7484
8	Turbidity and B3	0.247	11.7382
9	Ln(Turbidity) and B3	0.171	-

En el lago Guadalupe ubicado en los alrededores de la ciudad de México, en este artículo se presenta el análisis espectral utilizando una serie de imágenes SPOT y datos colectados en el sitio, se realizaron mediciones en los meses de febrero y septiembre 2006, donde son temporadas de lluvia y sequía. En la metodología se realizaron procedimiento de toma de muestras en el sitio con la ayuda de los discos secchi para medir los niveles de transparencia, y tomas de muestra de clorofila y fitoplancton y con la ayuda de las imágenes satelitales SPOT para comparar los valores en el sitio con el valor de las imágenes, relacionándolos con un modelo matemático para predecir los cambios en este sitio, donde se determinó que el lago paso de ser mesotrófico a hipertrófico en el periodo de febrero a septiembre, y la coloración del agua permitió la selección de las bandas y el aumento de fitoplancton facilita una mejor interpretación de las imágenes. (Gómez, 2013)

En un estudio a escala de tiempo, en humedales aislados en el lago trout se evaluaron dos redes de sensores inalámbricos de baja potencia, estas diseñadas para el monitoreo de forma remota, teniendo nodos para el monitoreo del nivel de agua, precipitación, evapotranspiración, temperatura y solutos en intervalos de tiempo, donde sus resultados muestran que la precipitación directa y la evapotranspiración dominan el presupuesto hidrológico en ambos humedales. También se observó que, respecto a la precipitación varia por el gradiente hidrológico y aguas abiertas, de igual forma por el alto rendimiento de la turba y los parámetros mencionados con periodos de sequía, las inversiones de la trayectoria del flujo resultantes implican flujo de solutos a través del ribereño en tiempos diarios. De acuerdo a lo planteado en el estudio se concluyó que los sensores inalámbricos se pueden implementar en ecosistemas remotos como humedales en bajos costos (Watras et al., 2014).

Las tecnologías geoespaciales demuestran la capacidad para producir información sobre las propiedades de los ecosistemas y sus dinámicas. En este caso el uso de sensores remotos facilita, cubrir áreas extensas

de difícil acceso, con la finalidad de suministrar información en diferentes espectros. Las tecnologías usadas para realizar estos procedimientos, es el LIDAR (LIGHT DTECTIONS AND RANGING), que proporcionan características tridimensionales de los niveles superficiales terrestres. Gracias a estos análisis LIDAR, se recolecta información a lo largo de los años, y comparando las imágenes obtenidas año tras año, se pueden relacionar haciendo comparaciones para determinar el cambio de los humedales en un periodo de tiempo determinado. (Rojas, 2014)

En el lago Al-Habbaniyah en Irak, se realizó un estudio en comparación de la aplicación de la teledetección y el SIG relacionados con los parámetros de calidad del agua y con mediciones in situ, donde fueron investigados parámetros como temperatura, pH, oxígeno disuelto, DBO₅ conductividad eléctrica, TSS, TDS, Turbidez, nitrato, clorofila y fosfato. Para este estudio se realizaron 5 estaciones, donde se recolectaron las muestras por debajo de la superficie del agua midiendo todos los parámetros mencionados, utilizando diferentes dispositivos para el análisis correspondiente y su discusión. Para las mediciones de teledetección se utilizaron imágenes satelitales por medio de landsat 8 en diferentes años, rectificándolas en la UTM y sabiendo que 24 imágenes son suficientes para hacer la corrección geométrica pertinente al estudio, después de la interpolación espacial, los DN de las imágenes fueron llevadas a cabo en el método de remuestreo del vecino más cercano, esto para minimizar efectos atmosféricos y convertir los DN en valores de reflectancia en el sensor (Al-fahdawi et al., 2015).

Sus resultados fueron característicos por sus diferentes variables de la zona, donde todas las mediciones in situ variaban en diferentes rangos donde la estación 1 fue la más fría, el TDS fue más característico en verano esto por temperaturas altas, también se muestra que en la estación 2 se encontraron los valores más altos de turbiedad, y en la estación 5 los valores más bajos de turbiedad, con respecto al TSS el valor más alto fue en la estación 1 durante el verano y el más bajo en la estación 4 durante el invierno, en relación a oxígeno disuelto la estación 1 tenía los valores más altos y la estación 2 los más bajos, y respecto a los resultados de teledetección de datos de reflectancia de landsat 8 por correlación, dependiendo de la variable en las diferentes estaciones cambian respectivamente por temperaturas, meteorología y por las condiciones propias de cada estación (Al-fahdawi et al., 2015).

En este restudio se busca relacionar los datos de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en campañas de campo durante un periodo de cinco años consecutivos en el embalse del Neusa con los valores obtenidos por el satélite lansad 7, en los cuales se busca determinar los valores de reflectancia a partir de las imágenes del satélite, y por ende establecer el modelo matemático que relacione cada uno de los parámetros

fisicoquímicos y la reflectancia y por último predecir el compartimiento de los parámetros físico químicos a partir de los datos obtenidos por el satélite. Se realizaron toma de muestras en tres partes diferentes del embalse, con la finalidad de recolectar la información pertinente y por ende comparar con los datos obtenidos por el satélite landsat 7, por último se ajustó el modelo matemático para cada parámetro fisicoquímico para realizar las predicciones, donde se concluyó que la relación entre las imágenes satelitales y los parámetros físico químicos se pueden relacionar de manera significativa, lo que sugiere que este modelo es viable para la calidad del agua, también se determinó que el lago ha sufrido deterioro en los últimos años por los resultados obtenidos a lo largo del tiempo y resalta el aumento significativo de sólidos suspendidos en el embalse. (Perdomo, 2015)

En el humedal Santa María del Lago en Bogotá, fue desarrollado un prototipo para medición de parámetros fisicoquímicos, alimentando con energía solar. Los datos obtenidos por el prototipo permiten determinar la correlación estadística de Sperman entre la calidad del agua y los indicadores biológicos del humedal. Las variables son medidas por diferentes sensores análogos y digitales, y son almacenadas y procesadas por una plataforma de hardware libre Arduino, donde estos sensores tienen dos procesos (Pérez et al., 2016).

- **Diseño y calibración del prototipo para la medición de parámetros fisicoquímicos y su correlación estadística.**
- **Protocolo para el uso del prototipo e interpretación de datos.**

En los resultados del diseño y calibración del prototipo sus lecturas son tratadas e interpretadas por medio de la plataforma de hardware libre Arduino, la plataforma interpreta los sensores enviando datos al servidor local a través del puerto USB, midiendo los parámetros por sensores de temperatura, pH y Turbiedad, utilizando diferentes etapas como (Pérez et al., 2016)

- **Etapas 1. Montaje y programación de sensores.**
- **Etapas 2. Selección del panel solar.**
- **Etapas 3. Correlación de Sperman.**
- **Etapas 4. Implementación y validación del prototipo.**

En el lago Vichuquen en dos temporadas del año del 2016 se utilizaron dos imágenes del sensor OLI de landsat 8, y muestras in situ de las condiciones del lago, para determinar la calidad del agua en parámetros

como, la clorofila, la transparencia, la turbidez, sólidos suspendidos y material orgánico disuelto, donde se busca como objetivo utilizar la teledetección como herramienta para estudiar la dinámica de los parámetros de la calidad del agua y su distribución espacial. Los resultados obtenidos determinaron un nivel eutrófico del lago en verano y mesotrófico en otoño, donde se hizo una relación entre las imágenes capturadas por el satélite landsat 8 y los parámetros tomados in situ, donde se estimaron a partir de modelos de regresión lineal múltiple, donde se concluyó que las ecuaciones matemáticas estimadas sirvieron para medir la variabilidad de los parámetros de la calidad del agua, y reconoce el uso de la teledetección como herramienta para determinar concentraciones de clorofila y de transparencia. (Briceño, I. et al., 2016)

En el humedal El Cascajo Santa Rosa en el distrito de Chancay, se realizó un estudio utilizando variables fisicoquímicas basado en la clasificación realizada por (VELA et al., 1999) se tomaron pruebas in situ con el objetivo de analizar la contaminación del humedal teniendo en cuenta parámetros fisicoquímicos como pH, Temperatura, oxígeno disuelto, profundidad y conductividad eléctrica. También se utilizaron imágenes satelitales obtenidas del sensor Landsat 7 en diferentes años, con el fin de recolectar la mayor cantidad de información en contenido de agua, actividades del entorno y concentración de solutos, en estas imágenes se observan las tonalidades de los colores para hacer sus respectivas observaciones. Se logró clasificar con las imágenes satelitales el índice de vegetación (NVDI) de la zona, donde estos resultados se compararon con los valores estándar de calidad ambiental (ECA), obteniendo que el humedal se encuentra en estado de eutrofización por actividad antrópica y otros factores de la zona como vertimientos de alcantarilla y pastoreo (Loayza et al., 2017).

Se hizo un estudio en humedales alto andinos en los municipios de Manizales y Villamaría acerca del deterioro, utilizándose análisis multitemporal como imágenes satelitales provenientes de sensores ópticos (LANDSAT y RAPIDEYE), se obtuvieron distintas figuras donde se analizaron los diferentes índices y clasificaciones en ellas obteniendo que el humedal con mayor impacto temporal es la laguna negra, por un descenso acelerado y en las tierras de porvenir y santa teresa se obtuvo que entre el 2002 y 2010 hubo un leve aumento en el área de humedales, se aplicó la regresión lineal para corroborar datos y observaciones en dicho estudio, mostrando disminuciones de los espejos de agua en el tiempo, más en unos que en otros humedales del sector y concluyendo que entre los análisis de RAPIDEYE y LANDSAT, en cuanto a factores antropogénicos y climáticos, concurre una gran tensión y variación en el ecosistema de humedales esto causado por los factores antropogénicos de dicho lugar (Florez et al., 2018).

En un estudio se identificaron las diferentes tecnologías por visión de computadora en base de la detección por turbidez, estudiando sus diferencias y sus importancias de los otros métodos, según el estudio es de aclarar que la reflectividad de la luz cambia en las diferentes aguas con turbiedades características a ellas, la principal problemática de la detección de imágenes por teledetección es la corrección atmosférica, según (Liu et al., 2018).

- El método de detección de turbidez basado en la visión por computadora, consiste en un cambio regular a base de la reflectividad de la luz a desemejantes grados de turbidez.
- Las bandas invisibles se pueden ajustar con bandas visibles en extracción de características.
- Durante la extracción de distintivos de la imagen, se encuentra características sensibles en cambios de turbiedad en la combinación de la banda de luz visible.

Según sus resultados como bien lo indican las imágenes satelitales la turbidez varía según sus las diferentes fuentes de agua, agua potable 10NTU, lagos- ríos 400NTU, agricultura –erosión 1000NTU, aguas residuales puede alcanzar miles de NTU. Para la tecnología de visión la precisión en el rango de turbidez es medio y alto, este no cumple con los requisitos de alta resolución y alta precisión en conclusión los métodos de detección de turbidez por imágenes en computadora este puede suplir el turbidímetro en medio y alto rango (Liu et al., 2018).

En la ciudad de Llanquihue en la X región de los lagos en el ser de chiles, existen áreas naturales y gran extensión de humedales de gran importancia, pero en donde se observa su estado son deplorables, donde se obtendrá una línea base para realizar un estudio en el cual se pondrá en práctica el uso de sensores para la medición de las variables fisicoquímicos, para determinar la salud de los humedales y su posterior conservación. Para este trabajo se realizó un estudio previo a la exploración del territorio, donde se deben tener en cuenta las condiciones geográficas del sector, en la cual se tendrán en cuenta zonas de altura o vegetación, por ende, se deberá tener en cuenta si es una ciudad, para tener en cuenta los obstáculos. Se utilizaron prototipos de Tecnología abierta para generar equipos y plataformas para la recolección de información real, donde se recomienda el trabajo de nuevas bases de datos donde puedan ser enviados los datos recolectados por los sensores para establecer sistemas en la calidad de agua de los afluentes. (Macaya, 2018)

En Veracruz, México, en un humedal costero, se evaluó la tecnología de un dispositivo llamado KRAKEN de una empresa mexicana, este fue instalado en un humedal artificial el cual fue construido para el análisis

de tratamientos de aguas residuales grises del campamento ecoturístico encontrado en la región de mancha-México. El dispositivo utilizado en la investigación llamado KRAKEN cuenta con 4 sensores los cuales permiten medir: temperatura, pH, redox y oxígeno disuelto, y se puede conectar e interactuar en una red haciendo uso de tecnologías IoT. Su operación se basa en función del agua ya que son descargas directamente sobre el humedal teniendo que estar el dispositivo KRAKEN sumergido todo su tiempo, este capta su energía por medio de un panel solar, teniendo una frecuencia de muestreo de cada seis horas según su necesidad de monitoreo. Según los resultados obtenidos por el autor a través de una página de internet de acceso libre se pudieron observar todos los resultados como series temporales para cada parámetro fisicoquímico del sensor, el pH es neutro por la cantidad de iones de hidroxilo, la temperatura afecta los procesos biológicos y fisicoquímicos que incluyen los nutrientes encontrados en el agua, y en el cual el crecimiento de planta acuáticas y algas como la alta concentración de materia orgánica afectan directa y negativamente los niveles de oxígeno en el agua (Flores, 2019).

En el embalse del estado de chihuahua, México se realizó un estudio por el deterioro a las actividades humanas, crecimientos industriales, urbanos y por agricultura, se determinaron los parámetros fisicoquímicos como OD, pH, sólidos totales, nitratos, turbidez y temperatura por medio de muestras in situ en los diferentes embalses de la zona, para este trabajo de igual forma se utilizaron imágenes satelitales Landsat 5 y se realizó la corrección geométrica de estas mediante una serie de puntos de control y el algoritmo desarrollados por Pala y Pons. También se implementaron otros aspectos topográficos y el efecto atmosférico sobre la señal electromagnética para este estudio. Como resultados se evaluaron 30 modelos de regresión lineal en relación con los parámetros fisicoquímicos, las bandas del satelital e información espectral como variable predictora, con la aplicación del modelo permitieron obtener la distribución espacial de la turbidez, donde sus resultados determinaron que la calidad de agua en los embalses de la zona no presentan condiciones óptimas, respecto al oxígeno disuelto se obtuvieron valores medios aceptables y con el modelo representado para la turbidez especialmente distribuida presenta que en boquilla se obtienen los valores más altos, relacionados con la suspensión de sedimentos a lo largo de todo el embalse (Alvarez et al., 2019).

Determinar los principales indicadores fisicoquímicos asociados a los humedales para la conservación de la biodiversidad.

Para determinar los principales indicadores fisicoquímicos asociados a los humedales para la conservación de la biodiversidad, es importante saber cuáles son estos, por tal motivo se identificaron los principales parámetros de la calidad del agua en humedales, los cuales pueden generar diferentes cambios dentro de él y tener alteraciones entre diferentes rangos según las diferentes características en los humedales.

Oxígeno disuelto

El porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es un indicador fisicoquímico con altas aprobaciones en los estudios de humedales, ya que concreta el estado hídrico por su biodiversidad y supervivencia. Los porcentajes del oxígeno disuelto pueden variar según el estado del humedal, por ejemplo, algunas veces los peces pueden estar en niveles bajos, pero van a tener afectaciones tanto ellos como la demás biodiversidad, donde se ve afectado el crecimiento, la reproducción y las actividades de estas comunidades por tal motivo es importante reconocer las especies y su estado dentro del humedal. El oxígeno disuelto establece si los procesos de degradación sujetan los organismos aerobios o anaerobios, lo que permite y entiende la capacidad del agua en procesos de autopurificación, también si las concentraciones son muy bajas los cambios o impactos negativos generados allí, como metales pesados y plaguicidas, pueden afectar los organismos y la biodiversidad (Pérez et al., 2008).

En el humedal Torca-Guaymaral los valores de OD estuvieron en el intervalo de 0,1 a 7,91 mg/L, los valores más altos para todos los puntos fueron en las temporadas de lluvia con valores de 3,31 mg/L, en este estudio se afirmó que persisten los vertimientos al sector Guaymaral, donde en diferentes estaciones o puntos percuten en traer con estos materia orgánica y compuestos con altos niveles de degradación biológica. En el punto 4 del estudio existieron resultados de OD superiores a 2 mg/L, sin influencia de vertimientos residenciales y presentando niveles bajos de este parámetro por la disminución del espejo de agua por la acción del fenómeno del niño (Caho-Rodriguez et al., 2017).

En un estudio en los humedales de tumilco, Veracruz, México, se presentaron valores relativamente bajos, donde se registraron los valores más altos en los meses de junio y julio entre 2,83 y 0,20 mg/L de OD, el oxígeno disuelto es uno de los índices más importantes ya que los valores mayores a 4 mg/L se consideran aceptables para la vida de especies y organismos, estos valores pueden afectar por la temperatura, salinidad, presión atmosférica y materia orgánica disuelta (Diaz, 2015).

En los humedales de Ventanilla, región Callao, Perú, se obtuvieron valores variables en las diferentes estaciones, en el que alcanzaron condiciones hipóxicas y valores altos, estos adecuados para el desarrollo

de la hidrobiota como flora y fauna acuática, asimismo las estaciones con valores bajos en concentración de oxígeno disuelto fueron donde estaban las aguas subterráneas (Fajardo, 2018).

Según el estudio en el humedal Meandro del Say, el oxígeno disuelto está estrechamente relacionado con la temperatura, esto ya que influye en la capacidad del oxígeno para disolverse ya que los gases tienen diferentes temperaturas, los valores obtenidos de OD oscilan entre 14,91 y 31,45, donde estos valores según los intervalos de la calidad del agua están contaminados, lo que conlleva a la desaparición de organismos y especies sensibles, dando un índice del deterioro hídrico y elevada eutrofización en el humedal (Arias et al., 2015).

Por otra parte, en los humedales de eten los valores de oxígeno disuelto variaron entre 4,9 y 5,9 mgO₂/L en las dos épocas registradas, según este estudio y su discusión el oxígeno disuelto debe tener valores mayores a 4 mg/L, según lo visto en los resultados y otros estudios comparativos los cuales oscilan en sus mismos valores (Carranza, 2020).

Según el estudio realizado en los humedales del anti plano antioqueño dio como resultado valores entre 3 y 7,5 mg/l o₂. Algunos humedales presentaron valores por debajo de 3mg/l o₂ lo cual puede generar un estado denominado hipoxia que puede afectar condiciones negativas en las especies ícticas. Por otra parte, se registró un humedal con un oxígeno disuelto mayor a 7,5 mg/l o₂, lo cual indica que presenta condiciones óptimas para el desarrollo de vida acuática y perfectos para la conservación de la biodiversidad. (Quijano et al., 2018).

Un estudio realizado en la universidad libre con un humedal superficial, determino que el oxígeno entra al sistema, por medio de los tallos y las hojas de las plantas con la finalidad de que los microorganismos descompongan la materia orgánica presente. (Rincón et al., 2018).

Según el estudio realizado en el humedal el Avispal, se determinaron una serie de parámetros fisicoquímicos en los cuales se estudió el oxígeno disuelto, el cual hace referencia a la cantidad de oxígeno disuelto en el agua que es esencial para lagos y riachuelos saludables, es un indicador que permite conocer la contaminación del agua y como puede ser la vida vegetal y animal en estos ecosistemas. En el estudio realizado se encontraron fluctuaciones entre 0,50 y 4,74 mg O₂/l de oxígeno disuelto, donde comparándolo con el parámetro que garantiza una actividad biológica estable es de 2,0 mg O₂/l lo que hace referencia a que el humedal el avispal en algún periodo de sequía contaba con un porcentaje de

oxígeno disuelto muy bajo lo que causaba que no tuviera forma de sostener formas superiores de fauna y flora (García, 2015).

Un estudio realizado en el afluente hídrico en las cercanías de cusco, se realizó una serie de pruebas fisicoquímicas para determinar las condiciones del cuerpo de agua, en las cuales se mencionó el oxígeno disuelto y se hizo referencia que es indispensable en el agua para la vida acuática y este depende de condiciones ambientales, debido a que aumenta si la temperatura disminuye o en contrario si la presión aumenta. En este estudio se registraron valores entre 5,38 y 42,2 oxígeno ppm (Ecofluidos, 2012).

Sólidos

Los sólidos suspendidos fueron agregados para la evaluación y seguimiento sobre el agua, esto por efectos agrícolas o escorrentías por aguas lluvias o de riego. Es importante entender que los sólidos pueden generar problemas de colmatación o alteración en otras variables como turbiedad o conductividad, también la sedimentación de estos sólidos pueden destruir hábitats por disminución de la columna de agua en humedales, igualmente la relación entre los sólidos suspendidos y la calidad del agua están de la mano debido a la capacidad de adsorción de contaminantes como plaguicidas y nutrientes, esto teniendo afectaciones donde puede aumentar la temperatura del agua. Según un estudio en el humedal de Costa Rica el análisis de la concentración de sólidos suspendidos es más importante o preferible que la de sólidos sedimentables, ya que la velocidad del flujo y la presencia de las plantas acuáticas pueden lograr una remoción no solo de sólidos sedimentables, si no hasta el 90% del material suspendido (Pérez et al., 2009).

En el humedal Torca-Guaymaral se obtuvieron un promedio de valores entre 93 y 16 mg/L, donde esto se debe a procesos erosivos y reducción en los niveles de agua que aumentan la cantidad de minerales, por esto en la época seca lluviosa y seca se destacan los valores más altos del humedal (Caho-Rodríguez et al., 2017).

En los humedales del anti plano antioqueño se realizó un estudio donde se determinaron sólidos totales, sólidos suspendidos totales, y sólidos disueltos totales en los puntos de interés, donde por lo general se encontraron valores entre los 15 y 100mg/l, determinando valores bajos en los cuales se puede observar una relación buena en la calidad de vida de los humedales, debido a que estos parámetros están

relacionados con el color, la turbiedad y la penetración de luz en el agua permitiendo el intercambio de oxígeno, y CO₂ que son necesarios para conservar buenas características en el agua. (Quijano et al., 2018).

Según el estudio realizado en el humedal el juncal, se hizo énfasis en el estudio de los sólidos presentes en los humedales, los cuales se dividen en sólidos disueltos, sólidos totales, sólidos suspendidos, a los cuales se le atribuyen si están en gran cantidad a la interferencia con la penetración de la luz, disminución del oxígeno disueltos, y deterioro en la vida acuática. (Espejo, 2017).

Según el estudio realizado en la universidad libre con un humedal superficial, se determinó que los humedales pueden reducir de manera significativa los sólidos suspendidos, por mecanismos como lo es la sedimentación, adsorción, precipitación química, adicionalmente es importante mantener una densidad de plantas para lograr una buena remoción. (Rincón et al., 2018).

Según el estudio realizado en el humedal el Avispal, se determinaron parámetros fisicoquímicos entre los cuales se mencionó los sólidos totales, los cuales hacen referencia al material en suspensión disuelto, que pueden ser de origen orgánico o inorgánico. En este humedal se registraron valores de 240mg ST/l, donde se hace una comparación con valores que superen los 130 mg ST/l, se relacionan con erosiones prolongadas como consecuencia de deforestación de los humedales (García, 2015).

En el afluente hídrico de captación ubicado en las cercanías a la ciudad de cusco, se realizó una caracterización de los parámetros fisicoquímicos en los cuales se trabajaron los sólidos disueltos totales (SDT), los cuales comprenden las sales inorgánicas y bajas cantidades de materia orgánica disueltas. Después de realizado el estudio se obtuvieron valores que va en un rango de 5 a 140 SDT ppm, en lo cual si se compara con la normativa de ese país donde el límite para el consumo es de 1000ppm podemos ver que la calidad del agua está en buenas condiciones frente a este parámetro (Ecofluidos, 2012).

pH

El pH es un indicador muy importante en todos los índices de la calidad del agua, este por el grado de afectación por agentes contaminantes y de la extensión de una estela de contaminación producida por la descarga del efluente, los cambios en el pH indican muchas anomalías en los humedales, como cambios de reacciones básicas o ácidas, también indicar el ingreso de químicos o fertilizantes, afectando la toxicidad de algunos compuestos, como el amoníaco, el control de la ionización y la disponibilidad biológica de ciertos contaminantes como metales pesados (Pérez et al., 2008).

En el humedal Torca-Guaymaral los valores de pH se mantuvieron neutros en el periodo de transición de temporada seca lluviosa, donde los valores fueron entre 7,15 y 7,5, sin embargo, aunque no se presentaron variables altas en este indicador, tuvo una moderada de 0,6 con la conductividad. El pH se ve afectado por la evaporación del cuerpo de agua, las fuentes de contaminación y concentración de CO₂, procesos biológicos y temperatura. En la temporada seca se obtuvieron los valores más altos de pH al estar en mayor concentración con los iones carbonatos por bajos niveles de agua y en los puntos con menor variación de pH se relacionó la vegetación acuática, permitiendo una asimilación del carbono presente en el humedal (Caho-Rodriguez et al., 2017).

En un estudio en los humedales de tumilco, Veracruz, México, se obtuvieron variaciones importantes en los valores de pH donde se alcanzó un máximo de 9,8 y un mínimo de 6,2 entre los meses de septiembre y octubre, mientras que en los meses de junio, julio y agosto variaron entre 7,62 y 8,10 donde nos indica que concuerda con los cambios de cobertura dentro de las comunidades vegetales presentes, los procesos de descomposición de la materia orgánica vegetal es la causa de pH ácido y la disponibilidad de nutrientes suponen una alta producción algal, el cual ocasiona el agotamiento de CO₂ en los humedales por una alta actividad fotosintética (Diaz, 2015).

En los humedales de Ventanilla, región Callao, Perú, los valores de pH fueron estrechos entre las diferentes estaciones, en solo cinco estaciones se presentaron valores fuera del rango estándar, pero las estaciones con valores más altos fueron cerca a los canales de aguas cercanos a los asentamientos humanos indicando que las variaciones de pH podrían estar relacionados con las actividades humanas (Fajardo, 2018).

Según el estudio en el humedal Meandro del Say, se obtuvieron valores de pH entre 5,9 a 7,3 unidades, evidenciadas en 3 estaciones donde se logró demostrar que en la primera estación se encontró una mayor variabilidad por ser la zona clausurada de intercambio de agua del río Bogotá y el humedal Meandro del Say, esta dicha actividad pudo alcanzar la zona muestreada y afectar la unidades de pH en la zona, estos muestreos fueron relacionadas en diferentes épocas muestreadas en los hábitats acuáticos, según el estudio las concentraciones de pH no están categorizados entre los intervalos que podrían ser perjudiciales en el desarrollo de diferentes especies endémicas y transitorias de los cuerpos de agua (Arias et al ., 2015).

Por otra parte, en los humedales de eten los valores de pH fueron registrados en los meses de septiembre del 2019 y abril del 2020, los valores de estas épocas oscilaron entre 8,01 a 8,15, donde estos se compararon con el decreto legislativo 015-2015 de estándares nacionales de calidad ambiental este

publicado por el ministerio de ambiente, esta normativa aclarando que los valores de pH deben oscilar entre 6,8 a 8,6 estando dentro de los parámetros dichos por el decreto (Carranza, 2020).

El estudio que se realizó en los humedales del anti plano antioqueño dio como resultado valores, entre 5,5 y 7.4 unidades de pH, lo cual evidencia poca floculación en los valores del pH, lo cual infiere buenas condiciones para el desarrollo acuático del sector. El pH es importante, porque de este depende la fauna íctica del lugar, permitiendo el desarrollo de peces y otros organismos que aportan a la cadena trófica. En otras palabras, los valores de pH registrados son óptimos para procesos biológicos como respiración y fotosíntesis. (Quijano et al., 2018).

En el humedal el juncal se realizó un estudio donde se mostraron los valores de los parámetros fisicoquímicos que se iban a determinar, en donde se mencionó que el pH es la condición acida o alcalina de un humedal, donde se habla que el pH de un agua natural depende de las concentraciones de CO₂, y de las características del suelo. Adicionalmente valores de pH entre 5 y 9 permiten condiciones de tolerancia para el sostenimiento de las condiciones acuáticas (Espejo, 2017).

el estudio realizado en la universidad libre sobre un humedal artificial, se determinaron parámetros fisicoquímicos en los cuales mencionan el pH como la condición de los afluentes a tendencias alcalinas o acidas, que son influidos por factores, bióticos, abióticos y bioquímicos. Adicionalmente se mencionó en este estudio que la descomposición de material vegetal muerta aumenta la acidez en el agua, y adicionalmente se determinó que el crecimiento de algas ayuda al mantenimiento de un pH ligeramente básico. (Rincón et al., 2018).

Según el estudio realizado en el humedal el Avispal, se realizaron mediciones de diferentes parámetros fisicoquímicos entre los cuales se realizaron mediciones de pH el cual hace referencia a la cantidad de CO₂ disuelto, en el cual se encontró que el humedal el avispal se encuentra en un rango de pH entre 6,58 y 7,70, donde se concluyó que este pH es óptimo para mantener el desarrollo de la biota acuática (García, 2015).

Según el estudio realizado en el afluente hídrico ubicado en cusco, se determinaron parámetros físicos para realizar su análisis entre los cuales determinaron el pH, el cual hace referencia para determinar si el afluente es acido o básico, donde hace referencia que un pH optimo debe estar entre los rangos entre 6,5 y 8,5 es decir entre neutra. Según el estudio realizado los valores que arrojó el pH esta entre los rangos de

5,2 y 8,4 lo cual hace referencia a que las condiciones se encuentran en óptimas condiciones (Ecofluidos, 2012).

Nitritos y nitratos

El Nitrato en los humedales fue incluido para visualizar el lavado de fertilizantes y por la gran capacidad de favorecimiento en los procesos de eutrofización antropogénica, es importante la inclusión del indicador de nitrato en aguas con pH básico y con condiciones anaerobias, puede ser conveniente para la sustitución de la concentración por la suma de nitrato y nitrógeno amoniacal. Es importante entender que este índice no es asociado en aguas negras o industriales (Pérez et al., 2008).

En los humedales de Ventanilla, región Callao, Perú, la concentración de nitratos en 10 estaciones superaron los estándar ECA 2008, el cual cuando el medio es anaeróbico se observan fuertes reducciones de concentración de nitrato, esto explicando los resultados de las demás estaciones donde esta concentración fue baja, según el estudio se observó que la presencia de nitratos en los cuerpos de agua son un producto final de la oxidación del nitrógeno, proveniente de desechos fecales, la ganadería y la agricultura (Fajardo, 2018).

Según el estudio realizado en los humedales del anti plano antioqueño, las altas concentraciones de nitritos y nitratos son indicativas de contaminación por carácter fecal o biológico. Según los análisis realizados en esta área, presentaron valores por debajo del límite de detección ($< 0,100 \text{ mg/l NO}_3 - \text{N}$ y $< 0,002 \text{ mg/l NO}_2 - \text{N}$), los cuales representan valores muy bajos debido a los valores que se encuentran comúnmente están en 0,1 y 0,2 mg/l, lo cual representa una buena calidad en el cuerpo hídrico para el desarrollo de la vida acuática. (Quijano et al., 2018).

En el humedal el juncal se realizó un estudio, donde se establecieron parámetros físicos a estudiar, donde se determinó los nitratos como parámetros establecidos, en los cuales se mencionó que son compuestos que pueden provenir de rocas que los contenga o bien por oxidación de la materia orgánica con ayuda de las bacterias. También se puede presentar aumento de este compuesto por el uso de fertilizantes y el vertimiento de aguas residuales domésticas. (Espejo, 2017).

Según el estudio realizado en el humedal el Avispal, se determinaron una serie de parámetros fisicoquímicos para su estudio en el cual se hizo referencia los nitratos los cuales son compuestos inorgánicos derivados mayormente al uso excesivo de fertilizantes generando contaminaciones

abundantes en fuentes superficiales o subterráneas. Dentro del estudio se encontraron rangos de Nitratos que van entre 0,114 y 0,53 mg NO₃/l. para estos resultados, es de resaltar que la presencia de nitratos, se asimila a la contribución de nitrógeno total, lo cual puede generar un aporte para la eutrofización, aportando el crecimiento de algas y plantas acuáticas (García, 2015).

Según el caso de estudio realizado en la cuenca del río Santo Tomás, en cercanías con la ciudad de Cusco se realizaron mediciones para determinar las condiciones de los parámetros físicoquímicos en relación con la calidad del agua. De acuerdo a lo anterior se plantearon una serie de parámetros entre los cuales está indicado los nitratos, donde hace referencia a que la concentración de estos nitratos puede ser alta debido a la filtración o escorrentías de tierras agrícolas o también a la cantidad generada de residuos humanos o animales por la oxidación del amoníaco. Posteriormente se evidenciaron rangos de nitritos en este cuerpo de agua entre 1,57 y 5,51 mg/l, a lo cual hacen referencia que estos valores están muy por debajo de lo permitido de la norma establecida por la OMS sobre consumo humano que está en 50mg/l. (Ecofluidos, 2012)

Conductividad

La conductividad es un indicador físicoquímico muy reconocido e importante, sirviendo como señal de ingreso de fertilizantes inorgánicos, por sus bajos costos en mediciones de laboratorio como in situ, siendo la variable que mejor segrega la calidad del agua en la protección de alteraciones antropogénicas y donde frecuentemente se establece como una señal de contaminación en una fuente hídrica, como en los humedales (Pérez et al., 2008).

En el humedal Torca-Guaymaral se obtuvieron valores en época seca de 594 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y en la época de transición entre seca y lluvia valores de 137 a 709 $\mu\text{s}/\text{cm}$, esta conductividad aumento en la época con menos precipitaciones y donde se registraron los mayores valores de conductividad en la temporada seca por el fenómeno del niño el cual causo altas temperaturas y bajas precipitaciones, causando la mineralización de las sales del agua, también en este estudio se evidencio que existe una relación entre la conductividad y los sólidos disueltos con una correlación moderada de 0,48 siendo estos parámetros directamente proporcionales (Caho-Rodriguez et al., 2017).

Según el estudio en el humedal Meandro del Say, la conductividad muestra el contenido de iones en el agua lo cual puede ser una medida relativa del estado trófico, contenido de nutrientes y productividad, esta conductividad en el humedal presenta valores entre los 198,83 a 560,41 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dependiendo de las tres diferentes estaciones, donde en los meses de lluvia este indicador aumento significativamente, también en las estaciones que se presentaron influencias tanto industriales como residenciales se mostraron valores más altos, aumentando el contenido de sales en el cuerpo de agua (Arias et al., 2015).

Por otra parte, en los humedales de eten sus valores más altos fueron en la época de septiembre del 2019 donde los valores estuvieron entre 7860 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta 17610 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y mientras que en la época de abril del 2020 fueron desde los 7630 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta los 16610 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estos valores se compararon en otros estudios relacionados en diferentes épocas, donde los resultados fueron similares a los demás humedales (Carranza, 2020).

un estudio que se realizó en los humedales del anti plano antioqueño dio como resultados valores, e 82.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 82.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 64.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los más altos, y en menor medida valores como 22.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 21.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 21.63 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pero en general se presentaron valores por debajo de los 45 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estos valores indican presencia baja de compuestos ionizados, aceites, fenoles y alcoholes entre otros. (Quijano et al., 2018).

EL estudio realizo en el humedal el juncal, se realizó estudios de conductividad donde se mencionó que este parámetro es la capacidad del agua para conducir electricidad, y sirve como indicar para iones disueltos. Se debe a la presencia de una base, un ácido o una sal. Se establece que un aumento en la conductividad de las aguas naturales afecta a la productividad del ecosistema y la distribución de los organismos, debido a que estos deben osmoregular en los medos con altos niveles de salinidad o conductividad. (Espejo, 2017).

Un estudio realizado en la universidad libre con un humedal superficial, se mencionó que la conductividad es la capacidad del agua para conducir electricidad, adicionalmente se trabajó con plantas en las cuales se determinó que estas eran capaces de asimilar algunos iones e incorporarlos en sus tejidos para disminuir la cantidad de conductividad de los humedales de manera significativa. (Rincón et al., 2018).

Un estudio realizado en el humedal el Avispal, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros fisicoquímicos para su análisis dentro del cual se analizó la conductividad, donde esta hace referencia a la capacidad que tiene el agua de conducir corriente eléctrica midiendo los iones en solución, dentro de este

estudio y encontraron rangos de valores de 104 a 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$, relacionando estas variaciones se dan directamente por las cantidades de sólidos totales disueltos. Adicionalmente se puede encontrar que en la normatividad no se presentan límites máximos o mínimos permisibles, los valores se encuentran en un rango de agua natural que esta entre los 0 y 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (García, 2015).

En el afluente hídrico de cusco se realizó un estudio, donde se determinaron los indicadores fisicoquímicos entre los cuales se mencionó la conductividad, donde se hace referencia como la capacidad de una solución para transportar la corriente eléctrica, hacen referencia que la medida que indica una calidad no debe superar los 1500 uS, en lo cual se encontró que para este afluente el rango fue entre 10 y 389 uS lo cual se encuentran en un rango permisible (Ecofluidos, 2012).

Temperatura

La temperatura es un indicador que fui incluido dentro de los indicadores de la calidad del agua, debido a las afectaciones en procesos físicos como volatilización y solubilidad de los gases, procesos químicos como pH y velocidades de reacción, y procesos biológicos como la descomposición de materia orgánica, siendo muy transcendental en la medición ocasional de valores extremos en humedales poco profundos (Pérez et al., 2008).

En un estudio de Costa rica se midieron diferentes temperaturas en el humedal durante un tiempo registrado, donde se obtuvieron diferentes cambios entre ellos la variación máxima de la temperatura diaria por 5 días, alcanzando variaciones de 1,4 °C, permitiendo con este factor evaluar el alejamiento de la temperatura del valor ideal para la biota (Pérez et al., 2009).

En un estudio en los humedales de tumilco, Veracruz, México, se presentaron variaciones contundentes a lo largo del periodo de muestreo, donde los valores fueron entre 24,81 y 35,91 °C, estas variaciones de temperatura son a causa de la radiación solar, temperaturas atmosféricas y las precipitaciones pluviales como lluvias y secas, se ha observado en diferentes estudios de México que las mayores temperaturas están en la temporada seca con respecto a la temporada de lluvias (Diaz, 2015).

En los humedales de Ventanilla, región Callao, Perú, los valores de temperatura variaron entre los 19,1 y 34,9 °C, según este estudio se obtuvo un muestreo de 6 meses lo cual no permite hacer comparaciones con otros muestreos, sin embargo los datos sirven para futuras investigaciones y demostrando que estas

variaciones de temperatura se deben a las temporadas o periodos estacionales de clima como verano, otoño e invierno y también se debe a las condiciones de profundidad de los cuerpos de agua (Fajardo, 2018).

Según el estudio en el humedal Meandro del Say, la temperatura influye en la actividad biológica, este siendo muy importante en las comunidades acuáticas practicando una gran influencia sobre el metabolismo, fisiología y comportamientos, los valores de temperatura en las tres estaciones a medir fueron entre 19,38 a 22,9 °C, según el autor este parámetro puede estar relacionado con la hora por sus diferencias entre estas (Arias et al., 2015).

Por otra parte, en los humedales de eten los valores de temperatura variaron entre 19,2 a 20,1 °C en el mes de septiembre del 2019 y en la segunda época que fue registrada en el mes de abril del 2020 los valores oscilaron entre 28 a 29,8 °C, donde estos valores se compararon con diferentes estudios en diferentes épocas, estos valores variando en fechas y horas (Carranza, 2020).

Según el estudio realizado en la universidad libre con un humedal superficial, se determinó que cuando el humedal trabaja con temperaturas inferiores a los 10°C las reacciones responsables para la remoción de DBO y nitrógeno disminuyen su velocidad, en cambio se habla que cuando la temperatura aumenta, se genera mayor saturación del agua, decreciendo la solubilidad del oxígeno, generando que se produzcan mayor cantidad de gases como el metano, ácido sulfhídrico ocasionando la aparición de olores desagradables. (Rincón et al., 2018).

Un estudio realizado en el humedal el avispa, se realizó un diagnóstico en el cual se determinaron diferentes parámetros fisicoquímicos, en el cual se habla de la temperatura la cual regula los procesos vitales de los organismos vivos, y adicionalmente puede afectar propiedades químicas y físicas. En este estudio se encontraron temperaturas que varían entre los 22,9 °C y 27°C, pero se hace referencia que según la normativa no se tiene un parámetro definido para la temperatura, pero un aumento significativo de esta en un periodo largo de tiempo puede llegar a afectar la vida acuática (García, 2015).

El estudio realizado en cusco sobre su afluente hídrico de captación, se determinaron parámetros fisicoquímicos entre los cuales se mencionaron la temperatura y definen esta como un parámetro termodinámico del estado que caracteriza el calor o transferencia de energía. Adicionalmente este parámetro no tiene un valor límite establecido por la OMS, se obtuvieron valores entre 13,93 y 20.7°C (Ecofluidos, 2012).

Fosforo total

El fosforo total en los cuerpos de agua es esencial por el ciclo biológico, este siendo un agente limitante del crecimiento de algas y plantas acuáticas en humedales de agua dulce, sirviendo para reconocer problemas de eutrofización y para definir estados eutróficos en cuerpos de agua. La principal fuente de contaminación es por las zonas agrícolas, donde existe un arrastre del fosforo a las partículas erosionadas del suelo como en prácticas de quemas y fanguero. (Pérez et al., 2008).

Según el estudio realizado en el humedal del Juncal, se determinaron los parámetros fisicoquímicos, entre los cuales se mencionaron los compuestos del fosforo, que pueden proceder de la disolución de rocas fosfatadas, la mineralización de la materia orgánica. Se encuentra como fosforo orgánico o inorgánico, disuelto o en suspensión. Estos fosfatos ayudan en gran medida a la eutrofización, lo que trae como consecuencia el aumento de materia orgánica, bacterias heterótrofas, que modifican las condiciones del agua y disminuyen el oxígeno disuelto. (Espejo, 2017).

En el humedal Torca-Guaymaral se descubrieron correlaciones positivas del fosforo con el nitrógeno de 0,83 y con los tensoactivos de 0,79 siendo muy importante para el sector, cuando existen condiciones de bajo oxígeno disuelto en el humedal el crecimiento de los organismos vegetales es menor, trayendo consecuencias en que los niveles de fosforo aumenten (Caho-Rodriguez et al., 2017).

En un estudio en los humedales de Ventanilla, región Callao, Perú, el fosforo es estimado como el elemento menos abundante pero también el factor más limitante en la productividad primaria, en las diferentes estaciones el enriquecimiento de fosforo fue evidente, estas concentraciones de fosforo elevadas son un factor de preocupación importante en la calidad de aguas superficiales y también en particular con respecto a la eutrofización del mismo (Fajardo, 2018).

Un estudio que se realizó en los humedales del anti plano antioqueño, se encontró que todos los humedales pertenecientes al anti plano antioqueño presentan concentraciones de fosforo y ortofosfatos solubles menores al límite de detección ($<0,098$ mg/l $-P$ y $<0,010$ mg/l $PO_4 -P$ respectivamente), donde se encuentran valores propensos para la generación de micro algas y macrofitas acuáticas, donde estas concentraciones se pueden clasificar como aguas de intermedia a mala calidad (Quijano et al., 2018).

En el Humedal el Avispal se realizó un estudio donde se diagnosticaron diferentes parámetros físicos químicos de la región, entre los cuales se mencionó el fosforo total, el cual hace referencia a que es un elemento esencial para la vida como un limitador de nutrientes, pero no obstante es precursor de la

eutrofización junto con el carbono y nitrógeno. El estudio realizado arrojó valores que van entre los 0,039 y 0,386 mg P/l, en la cual se hace referencia a que aguas de drenaje agrícola contienen concentraciones de 0,05 y 1mg P/l, en lo cual se puede atribuir a que las aguas del humedal provienen de estos drenajes agrícolas (García, 2015).

Demanda química de oxígeno

La demanda química de oxígeno es un indicador de contaminación orgánica, en el cual es similar DBO y DQO se originan de los ácidos húmicos y fúlvicos, estos solo aumentan la DQO y oxidan en presencia de dicromato. En el estudio del humedal en Costa Rica los ámbitos para la calidad de la DQO se establecieron en base a la sostenibilidad ambiental, donde una demanda máxima de 25 mg O₂/l, fija los análisis como aguas no contaminadas, el intervalo de 26 a 40 mg O₂/l, pertenecen a una demanda química de oxígeno apta los estudios del lugar por piscicultura mg O₂/l y para las condiciones de agua regulares o malas se establecieron en 40 mg O₂/l (Pérez et al., 2008).

En el humedal Torca-Guaymaral se mostraron los valores más bajos de DQO en la temporada lluviosa seca de 138,45 mg/L y los valores más altos con 302 mg/L, según este estudio se dice que se muestran relaciones existentes entre la DQO y los vertimientos por la diferenciación de valores al suspender vertimientos a 4 empresas, también al hacer las relaciones de DBO/DQO se indicó que el consumo de oxígeno está relacionado con especies de difícil degradación por parte de los microorganismos ya que esta relación fue inferior a 0,3 (Caho-Rodríguez et al., 2017).

En un estudio en los humedales de Tumulco, Veracruz, México, la DBO y DQO se discute que los humedales de Veracruz están en un nivel de contaminación, esto se debe a que los sistemas se encuentran recibiendo descargas de aguas residuales crudas, aunque se observó que no existió puntos de descarga de aguas residuales en la fase de campo, pero si una alta disponibilidad de nutrientes y en menores instancias aportes de materia orgánica de origen animal los cuales contaminan las aguas superficiales (Díaz, 2015).

Según estudio que se realizó en los humedales del anti plano antioqueño, se encontraron valores registrados entre 13,5 y 110,2 mg/l DQO, los cuales hacen referencia a niveles bajos de DQO en los humedales, teniendo presente que cuando se encuentra vertimientos industriales en cuerpos de agua estos valores pueden subir hasta los 2000 mg/l DQO. Se registraron relaciones entre la DBO Y DQO por debajo

de 0,39, lo que indica bajas concentraciones de materia orgánica, lo que contribuye a que exista una buena calidad en los cuerpos de agua. (Quijano et al., 2018).

Según el estudio realizado en el humedal el juncal, donde se determinaron parámetros fisicoquímicos, como la DQO, con lo cual se define como la cantidad de oxígeno consumida por las materias existentes en el agua. En este estudio se demostró que el vertimiento de aguas residuales domesticas o industriales incrementa el contenido de la materia orgánica en el afluente, como consecuencia se genera el aumento de la DQO y la disminución de oxígeno disuelto. (Espejo, 2017).

Según el estudio realizado en la universidad libre con un humedal superficial, se determinó que el la DQO Es un parámetro, que mide el material orgánico en una muestra mediante oxidación química, adicionalmente se demostró la capacidad de remoción de la DQO es debido a los microorganismos que utilizar materia orgánica para la producción de la biomasa. (Rincón et al., 2018).

En el Humedal el Avispal se realizó un estudio donde se tuvieron en cuenta una serie de parámetros fisicoquímicos entre los cuales se mencionó la demanda química de oxígeno, la cual hace referencia a la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica e inorgánica, según el estudio realizado se encontraron valores entre 11,4 y 131.3mg O₂/l, haciendo comparación que las fuentes que presentan un DQO entre 10 y 20 mg O₂/l es un agua superficial de buena calidad con bajo contenido de materia orgánica biodegradable, a lo que llegaron en conclusión para determinar que un periodo de tiempo el humedal estaba en buenas condiciones pero posteriormente sufrió un cambio que aumento su DQO y empeoro la calidad (García, 2015).

En el rio santo tomas ubicado en cusco, se realizaron la medición de una variedad de parámetros fisicoquímicos del agua para ver su condición actual, entre los cuales se le dio prioridad a la DQO, la cual define que este parámetro es usado para caracterizar la contaminación orgánica del agua la cual se mide a partir de la cantidad del oxígeno disuelto necesario para la degradación química de los contaminantes orgánicos. Posteriormente se obtuvieron los resultados de medición los cuales arrojaron valores < 4mg/l, lo cual hace referencia a que se encuentra por debajo del límite de detención, lo que indica que existe poca cantidad de oxígeno en el cuerpo de agua para la actividad microbiana (Ecofluidos, 2012).

Demanda bioquímica de oxigeno

En el humedal Torca-Guaymaral los valores de DBO estuvieron entre 15 y 25 mg/L, esto por causa del material orgánico proveniente del humedal torca y los vertimientos que llegaban al humedal, según el estudio en este humedal ningún resultado de DBO fue mayor del objetivo del 100 mg/L, lo que indica que las mayores demandas de oxígeno se deben a la materia difícilmente biodegradable (Caho-Rodriguez et al., 2017).

En un estudio en los humedales de tumilco, Veracruz, México, la DBO y DQO son parámetros indicativos de la materia orgánica e inorgánica, donde en estos humedales de la zona se obtuvieron valores representativos de aguas contaminadas por materia orgánica, esto por diferentes comportamientos como la producción de biomasa viva y la descomposición continua de materia orgánica muerta, provocando que estos ecosistemas sean altamente productivos (Diaz, 2015).

En otro estudio en los humedales de Ventanilla, región Callao, Perú, se obtuvieron diferentes valores en estaciones adecuadas para medir los valores de DBO en la zona, donde en algunas zonas los valores de DBO eran altos y en otras estaciones existía un déficit de oxígeno para la demanda bioquímica de oxígeno registrada en los cuerpos de agua los cuales son sensibles a la contaminación por materia orgánica por la baja capacidad para oxidarla (Fajardo, 2018).

Por otra parte, en los humedales de eten respecto a la demanda bioquímica de oxígeno, en los dos meses de estudio se obtuvo el valor más alto de 140 mg O₂/L y el mínimo de 110 mg O₂/L, donde se establecen que los valores para estuarios son de 15 mg/L y ecosistemas marinos 10 mg/L lo cual en este humedal del eten los valores son excedidos, demostrando la contaminación en el área (Carranza, 2020).

El estudio que se realizó en los humedales del anti plano antioqueño, se encontraron valores entre los 4 y los 36,8 (mg/l DBO₅), con lo cual se evidencia que existen tasas más altas de descomposición debido principalmente a la presencia de materia orgánica, no obstante, estos valores registrados indican que se encuentran en un rango de poca contaminación, lo que hace referencia a la buena calidad de los humedales. (Quijano et al., 2018).

En el humedal el juncal se realizó un estudio, en el cual se determinaron parámetros fisicoquímicos, en los cuales se mencionó la DBO que mide la cantidad de oxígeno consumido en la degradación de la materia orgánica. Un aumento de la DBO ocasiona una disminución del oxígeno disuelto, afectando la vida acuática. En aguas naturales los valores de DBO mayores de 6ppm indican contaminación. (Espejo, 2017).

El estudio realizado en la universidad libre sobre un humedal artificial, se determinaron parámetros fisicoquímicos Como la DBO, en el cual el estudio realizado determino que la remoción de materia orgánica, se da por sedimentación en flujos lentos lo que genera que el 50% de la DBO sea removida. (Rincón et al., 2018).

Un estudio realizado en el humedal el avispa, se diagnosticaron parámetros fisicoquímicos en los cuales se tuvo presente la demanda bioquímica de oxígeno, la cual hace referencia a la cantidad de oxígeno para degradar la materia orgánica, los valores que se registraron en el humedal el avispa se encontraban en un rango entre 2,56 y 16,56 mg O₂/l, según la literatura esta fuente se considera contaminada ya que supera el límite < 2,0 mg O₂/l (García, 2015).

Según el estudio realizado en el afluyente hídrico de captación de cusco, se hizo un diagnóstico sobre la DBO, y definieron este parámetro como la cantidad en miligramos de oxígeno disuelto que utilizan las bacterias para descomponer la materia orgánica. Donde este estudio indico que se obtuvieron valores <2,0mg/l, a lo cual se hace referencia que se encuentra bajo el límite de detención, lo que indica que el agua tiene poca capacidad de disolver el oxígeno (Ecofluidos, 2012).

Turbiedad

Según el estudio realizado el humedal del Junca determinó valores de turbiedad, en los cuales hablan sobre la dificultad del agua para transmitir la luz debido a la presencia de materiales insolubles. El aporte de vertimientos a un cuerpo con altas concentraciones de sólidos en suspensión, y coloides, genera una disminución en la transparencia generando que la luz no pueda penetrar, disminuyendo la productividad del sistema y los niveles de oxígeno producto de la fotosíntesis. (Espejo, 2017).

El estudio realizado en la universidad libre sobre un humedal artificial, se determinaron parámetros fisicoquímicos en los cuales mencionan la turbidez como la condición en la cual el agua pierde su transparencia, lo cual hace mención que los humedales deberán tener un tiempo de retención alto para disminuir los valores de turbidez (Rincón et al., 2018).

En el humedal el avispa, se realizó un diagnóstico en el cual se determinaron diferentes parámetros fisicoquímicos en los cuales se trabajó con la turbiedad, donde la definieron como la reducción de la

transparencia en el agua a causa de material particulado. Se menciona que una turbiedad mayor a 2NTU afecta la cantidad de luz que penetra el agua, para este caso en específico en el humedal el avispal se encontraron valores en el año 2006 entre 11 y 16 NTU, sin embargo 4 años después se encontraron valores por encima de los 100 NTU, donde se reflejó que el río Cauca estaba aportando sedimentos al humedal. Para finalizar se hace referencia que el valor típico en aguas superficiales es < 1000 NTU, y menciona que el humedal el avispal con un valor de 100 NTU cumple con el límite (García, 2015).

Según el estudio realizado en el afluente hídrico ubicado en Cusco, se determinaron parámetros fisicoquímicos para realizar diferentes análisis entre los cuales se seleccionó la turbiedad, la cual puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos o pueden ser sólidos tanto orgánicos como inorgánicos. Adicionalmente se encontraron rangos de turbiedad que están entre 1,49 y 14,47 UNT, lo cual hace referencia que para consumo humano está en condiciones medias, pero para condiciones naturales se encuentra en muy buenas condiciones (Ecofluidos, 2012).

Eutrofización

El estudio realizado en el humedal el Juncal, se establecieron parámetros a medir en los cuales se mencionó la eutrofización, la cual se refiere al enriquecimiento del medio acuático con nutrientes, ocasionando el crecimiento de macrofitas acuáticas o fitoplancton, en los cuales se hace referencia que concentraciones superiores a 0.02 mg/L de fósforo indican condiciones de eutrofia. (Espejo, 2017).

En el humedal de las Pampas han existido varios cambios importantes por la erosión de suelos y sedimentación en el humedal, regulación de arroyos, canalizaciones y desecamiento de tierras anegadizas, urbanización y culminando con la eutrofización de las aguas de superficie. En estas lagunas se identifican dos cambios extremos, estados claros dominados por la macrofitas y con aguas transparentes o lagunas turbias que son aguas verdes dominadas por el fitoplancton. Sin embargo estas aguas varían según la alta intensidad de uso de la tierra o por las zonas menos perturbadas, según este estudio el humedal ha cambiado de un estado claro a uno turbio altamente eutrófico, donde se evidencia el nivel de eutrofización por el déficit que existe en la gestión ambiental de los agroecosistemas y urbanizaciones cercas a la zona de estudio, a futuro se podrían ver lagunas hipereutrofizadas, altamente turbias, con sedimentos anóxicos y saturados en fósforo, con comunidades vegetales y animales altamente simplificadas, con altos niveles

de materia orgánica en ambientes altamente reductores, presentando mortandades masivas de peces y aves y riesgos para la salud pública (Quirós, 2006).

En otro estudio en el humedal Parque ecológico el mirador en ventanilla, se buscó dar solución a la problemática por eutrofización, ya que este humedal posee abundancia de nutrientes (nitratos y fosfatos), en este se recolectó la especie *Eichhornia Crassipes* donde fue sembrada en la fuente de agua, donde se obtuvo que la eficiencia de remoción con esta especie fue de 32.012% en nitratos y 39.20% en fosforo total, en este estudio se quería lograr el 100% de remoción pero esto no se logró por las condiciones y factores presentes como la variación del flujo del agua debido a la infiltración del aguas subterráneas las cuales alteran la cantidad de estos nutrientes y la cantidad de especies que se sembraron en el humedal, se observó que la especie *Eichhornia Crassipes* es recomendada para la depuración del exceso de nutrientes y para el aumento de oxígeno disuelto en el agua (Bravo, 2016).

Según un estudio realizado en el lago del parque norte de Medellín Antioquia, se realizó un muestreo en diferentes meses para la evaluación del estado trófico del lago, se utilizaron los índices de estado trófico de Carlson (IETC), el mismo modificado por Toledo et al. (IETM), el índice de estado trófico basado en la clorofila a activa (IET Cl. a) y el coeficiente de atenuación (K) propuesto por Poole y Atkins, en este se mostraron los valores obtenidos por IETM que describió mejor el lago, donde se obtuvieron coeficientes de variación entre 5,9% a 19,5% esto mostrando que el lago presento una variación temporal significativa en su condición trófica durante el tiempo de muestreo y tendió a permanecer en una condición de eutrofia, también en este el fosforo total (53%), el nitrógeno total (85%) y la clorofila a activa (63%) si variaron temporalmente de manera significativa, esto significando que se constituyen en buenos referentes para la descripción aproximada de la dinámica de los ensamblajes biológicos de este cuerpo de agua (Moreno et al., 2010).

Según el estudio realizado en el Humedal JABOQUE ubicado en la ciudad de Bogotá Colombia, se realizó una modelación de su estado trófico en los cuales se dividieron en tres secciones del humedal, con la finalidad de explicar el comportamiento del fosforo total en el agua y relación con el estado trófico. Posteriormente se mencionó la importancia del fosforo total cuya disponibilidad es reducida en el medio natural, pero es importante porque hace parte de los procesos metabólicos de los seres vivos. Generalmente los procesos de incremento de fosforo en los cuerpos de agua se ven debido a la aplicación indiscriminada de abonos en la agricultura, lo que genera que este nutriente aumente en los cuerpos de agua, promoviendo el aumento del proceso de eutrofización. Adicionalmente se obtuvo información de la OCDE para

determinar el estado trófico de los diferentes cuerpos de agua donde según el fósforo total (Pt) determinaron los niveles, $< 4,0 \text{ mg/m}^3 \text{ Pt}$ ultraoligotrófico, $< 10,0 \text{ mg/m}^3 \text{ Pt}$, $10\text{-}35 \text{ mg/m}^3 \text{ Pt}$ mesotrófico, $35\text{-}100 \text{ mg/m}^3 \text{ Pt}$ eutrófico, $> 100 \text{ mg/m}^3 \text{ Pt}$ hipertrófico. (Beltrán et al., 2018).

Posteriormente de realizar este estudio se determinaron que en las tres secciones estudiadas del humedal JABOQUE, se determinó que la primera sección se obtuvo un valor de fósforo total de $45,9 \text{ mg/m}^3 \text{ Pt}$, para la segunda sección $35,89 \text{ mg/m}^3 \text{ Pt}$ y para la tercera sección $19,9 \text{ mg/m}^3 \text{ Pt}$, a lo cual se concluyó que las dos primeras secciones se encuentran en un estado de eutrofia, y la tercera sección en condiciones Mesotróficas, a lo cual se puede decir que en la tercera sección se combinaron condiciones de carácter físico y biológico que se asocian en función depuradora el Humedal. (Beltrán et al., 2018).

En el libro llamado “lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos”, se hace referencia a acerca de la eutrofización, el cual la define como el enriquecimiento de las aguas superficiales con nutrientes para las plantas. Por otra parte, informa que la si bien la eutrofización se produce de manera natural, está relacionada con el aporte de las fuentes antropogénicas de nutrientes. El concepto de estado trófico relaciona el estado de los nutrientes de un cuerpo de agua y el crecimiento de la materia orgánica de este mismo, y así mismo se relaciona el termino de eutrofización con el cambiado de un estado trófico a un nivel superior y hace relación que la agricultura es uno de los factores principales de eutrofización de las aguas superficiales. (Ongley, 1997)

Adicionalmente en este libro se basó en información sobre el estudio mundial más completa sobre la eutrofización desarrollado por la (OCDE), en los cuales se encontró una relación entre niveles tróficos y características de los lagos, en el cual se encontró estados tróficos de la siguiente manera: oligotrófico con una cantidad de materia orgánica baja y un promedio de $8,0$ de fósforo mg/m^3 , mesotrófico con una cantidad de materia orgánica media y un promedio de $26,7$ de fósforo mg/m^3 , eutrófico con una cantidad de materia orgánica alta y un promedio de $84,4$ de fósforo mg/m^3 , Hipertrófico con una cantidad de materia orgánica alta y un promedio entre $750\text{-}1200$ de fósforo mg/m^3 . Por último, se presentaron los efectos de la eutrofización en los cuales se mencionó, aumento del fitoplancton, modificación de las características del habitat, producción de toxinas por determinadas algas, desoxigenación del agua, reducción de las posibilidades de utilización del agua para fines recreativos entre otras. (Ongley, 1997)

Según el estudio realizado para determinar el estado trófico de un lago tropical de alta montaña, en este caso laguna de la cocha ubicada en Colombia, donde se mencionó que no se han realizado estudios

suficientes para determinar las condiciones morfológicas, hidrológicas, químicas, físicas y biológica, a lo cual se llevó a realizar un estudio más detallado para determinar las condiciones de la laguna en cuanto a su contaminación, por consiguiente se usó el índice propuesto por la organización para la cooperación y el desarrollo económico (OCDE), para determinar el grado de eutrofia de lagos y embalses, con los siguientes criterios: ultraoligotrófico con valores de Clorofila ($\mu\text{g/L}$) <1 , Fósforo ($\mu\text{g/L}$) <4 , oligotrófico con valores de Clorofila ($\mu\text{g/L}$) 1-2,5, Fósforo ($\mu\text{g/L}$) 4-10, mesotrófico con valores de Clorofila ($\mu\text{g/L}$) de 2,5 a 7,9 y Fósforo ($\mu\text{g/L}$) entre 10 y 35, eutrófico con valores de Clorofila ($\mu\text{g/L}$) de 8 a 25 y Fósforo ($\mu\text{g/L}$) entre 35 a 100, hipertrófico con valores de Clorofila ($\mu\text{g/L}$) > 25 y Fósforo ($\mu\text{g/L}$) > 100 . (Lopez et al., 2018).

Posteriormente se realizaron diferentes muestreos en diferentes épocas del año para determinar el estado trófico del lago utilizando el modelo propuesto por la OCDE, en los cuales se comparó los valores registrados de clorofila en el lago con los valores presentados por la OCDE en los cuales se encontró que el 11,86% de los valores se encontraron en el rango oligotrófica, el 79,66% en la categoría mesotrófica y el 8,47 en la categoría eutrófica. A lo que se explicó que se usó este índice de cuantificación a través de la clorofila debido a que es un método económico y rápido, siendo demasiado útil en la determinación de la calidad del agua. (López et al., 2018).

Realizar una búsqueda tecnológica de diferentes sensores y energías renovables con la definición de rangos máximos y mínimos de parámetros fisicoquímicos para la parametrización de los sensores

En los resultados obtenidos según el estado de arte, existe una variación dentro de los valores registrados en los diferentes humedales, donde estos valores pueden ser similares dentro del humedal Rio blanco, esto debido a que los humedales tienen iguales comportamientos y afectaciones tanto internos como externos que pueden conllevar, por ejemplo:

- Cambios de clima las cuales generan lluvias, estas afectando el OD y conductividad del humedal o épocas de verano que pueden afectar la misma temperatura.
- Factores de contaminación antrópicas que en algunos humedales se presentan o el mismo estado y comportamiento del humedal por la zona donde se encuentre.

- Cambios dentro de la vegetación del humedal o cerca a el que pueden afectar el pH u otros parámetros fisicoquímicos por la cantidad de materia orgánica en descomposición

En donde se establecieron los rangos dentro de estos como valores máximos y mínimos afectados ya que pueden generarse o no dependiendo del mismo o interacciones humanas, los cuales pueden ser similares o tener características y resultados diferentes entre los estudios investigados.

Rangos según el estado del arte:

Tabla 3: Rangos de parámetros fisicoquímicos según el estado del arte.

Variabes	Valor mínimo	Valor máximo	Nota
Oxígeno disuelto <mg/L>	0,1	42,2	El valor mínimo fue establecido por (Caho-Rodriguez et al., 2017) y el valor máximo por (ECOFLUIDOS, 2012).
Solidos <mgST/L>	15	240	El valor mínimo fue establecido por (QUIJANO et al., 2018) y el valor máximo por (GARCIA, 2015).
pH	5	9	El valor mínimo y máximo fue establecido por (ESPEJO, 2017).
Nitratos y Nitritos<mg/L>	Nitratos: 0,100 Nitritos: 0,002	Nitratos: 0,53 Nitritos: 5,51	El valor mínimo fue establecido por (QUIJANO et al., 2018) y el valor máximo por (GARCIA, 2015).

Conductividad <math>\mu\text{S}/\text{cm}>	0	17610	El valor mínimo fue establecido por (GARCIA, 2015) y el valor máximo por (Carranza, 2020).
Temperatura<math>^{\circ}\text{C}>	13,93	35,91	El valor mínimo fue establecido por (ECOFLUIDOS, 2012) y el valor máximo por (DIAZ, 2015).
Fosforo total <math>\text{mg}/\text{L}>	0,01	0,386	El valor mínimo fue establecido por (QUIJANO et al., 2018) y el valor máximo por (GARCIA, 2015).
DQO<math>\text{mg}/\text{L}>	4	302	El valor mínimo fue establecido por (Caho-Rodriguez et al., 2017) y el valor máximo por (ECOFLUIDOS, 2012).
DBO<math>\text{mg}/\text{L}>	2,56	140	El valor mínimo fue establecido por (GARCIA, 2015) y el valor máximo por (Carranza, 2020).
Turbiedad <math>\text{NTU}>	1,49	100	El valor mínimo fue establecido por (ECOFLUIDOS, 2012) y el

			valor máximo por (GARCIA, 2015).
--	--	--	-------------------------------------

Sensores para la medición de parámetros fisicoquímicos

En este apartado, se encuentran el listado de los sensores que son compatibles con Arduino para la toma de datos in situ en diferentes humedales, los cuales proporcionaran los datos necesarios para llevar un registro de información. Adicionalmente se mostrarán sus características, especificaciones y como estos aportaran la información necesaria para conocer en qué estado se encuentran los humedales, por otra parte, se presentarán el listado de empresas que suministran dichos sensores y la diferencia de precios que se pueden encontrar para lograr un análisis de comparación y tomar la mejor decisión a la hora de adquirir dichos sensores.

Sensor de pH Arduino



Figura 1: Sensor de pH Arduino de Geek Factory.

Este Kit de sensor de pH con Arduino tiene la capacidad de conectarse por wifi o ethernet y puede registrar la información obtenida en un webservice o almacenamiento de datos en la nube o conectando una memoria SD para registrar sus datos (Geek Factory, 2021).

Según Geek Factory las características del dispositivo son:

- Incluye circuito acondicionador de señal y sonda para medición de pH
- Potenciómetro de ajuste de ganancia
- Led indicador de encendido

Tabla 4: Precios Sensor de pH Arduino

PRECIO	PESOS COLOMBIANOS
Geek Factory	\$236417
Electronicas AFG	\$88880

Sensor de oxígeno disuelto



Figura 2: Sensor de OD de DFROBOT.

En este dispositivo la construcción de la sonda permite que no necesite tiempo de polarización para la medida y este pueda tomar los datos de forma inmediata también el cabezal de membrana se puede reemplazar mejorando costos y mantenimiento del dispositivo (SIGMA electrónica, 2021).

Este dispositivo es compatible con los microcontroladores Arduino, utilizado para reflejar la calidad del agua y utilizado en diferentes métodos como la acuicultura, las ciencias naturales y la vigilancia del medio ambiente (DFROBOT, 2021).

Según SIGMA electrónica las características del dispositivo son:

- Sonda de calidad que no necesita tiempo de polarización
- Solución química reemplazable en el cabezal de bajo mantenimiento

Según DFROBOT las especificaciones del dispositivo son:

- Sonda de oxígeno disuelto
- Tablero del convertidor de señal

Tabla 5: Precios de Sensor de OD.

PRECIO	PESOS COLOMBIANO
SIGMA electrónica	\$833000
DFROBOT	\$617610

Sensor para medición de temperatura y humedad



Figura 3: Sensor de Temperatura y Humedad de SIGMA Electrónica.

Este sensor, es adecuado cuando se desean realizar mediciones de temperatura en ambientes con gran cantidad de humedad, y adicionalmente este sensor es sumergible para determinar la temperatura en los cuerpos de agua, Cada sensor DS18B20 tiene un único código serial de 64-bit que permite conectar múltiples DS18B20 al mismo bus 1-wire, permitiendo realizar mediciones de temperatura en múltiples puntos (Sigma Electrónica, 2021).

Según Sigma Electrónica las Características del sensor DS18B20:

- No necesita componentes externos

Aplicaciones:

- Controles térmicos
- Sistemas industriales
- Termómetros

Tabla 6: Precios de Sensor de Temperatura y Humedad.

DISTRIBUIDOR	PESOS COLOMBIANOS
Sigma Electrónica.	\$ 15470

Sensor de conductividad eléctrica analógica



Figura 4: Sensor de conductividad eléctrica analógica (K = 10) de DFROBOT.

Este sensor es de gran ayuda para medir cuerpos de agua con alta conductividad, como lo son el agua de mar y salmuera concentrada. Este sensor tiene un rango de medición hasta 100ms/cm. (DFROBOT, 2021)

Según DFROBOT las características del sensor son las siguientes:

- Fuente de excitación de CA, reduce efectivamente la polarización.
- La biblioteca de software admite la calibración de un solo punto, e identifica automáticamente la solución tampón estándar, integra el algoritmo de compensación de temperatura.
- Tamaño uniforme y conector, conveniente para el diseño de estructuras mecánicas.

Sensor de conductividad eléctrica analógica v2



Figura 5: Sensor de conductividad eléctrica analógica v2 ($K = 1$) de DFROBOT.

Este dispositivo normalmente es utilizado en soluciones acuosas, este para la evaluación de la calidad del agua y puede ser utilizados en estudios ambientales de control y acuicultura (DFROBOT,2021).

Según DFROBOT las características son:

- Señal de salida filtrada por hardware, baja fluctuación
- Fuente de excitación de CA, reduce efectivamente la polarización
- La biblioteca de software admite calibración de dos puntos e identifica automáticamente la solución tampón estándar, integra el algoritmo de compensación de temperatura
- Tamaño y conector uniformes, conveniente para el diseño de estructuras mecánicas.

ESPECIFICACIÓN

- Tarjeta de conversión de señal (transmisor) V2
- Sonda de conductividad eléctrica

Tabla 7: Precios de Sensor de conductividad eléctrica.

DISTRIBUIDOR	PESOS COLOMBIANOS
--------------	-------------------

Sigma Electrónica.	\$ 428400.
l + D Electrónica.	\$ 390320.
Vistronica	\$ 354459
Mercado libre	\$ 318316
DFROBOT K 10	\$291994
DFRROBOT K 1	\$255450

Sensor para la medición de turbidez

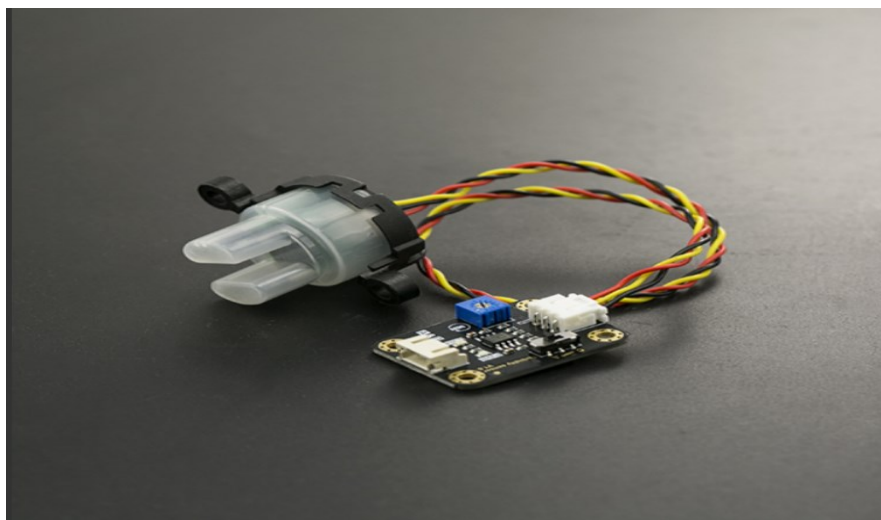


Figura 6: Sensor para la medición de turbidez. (SEN0189) de SIGMA electrónica.

Este sensor ayuda a detectar la calidad del agua midiendo los niveles de turbidez, su mecanismo de acción ayuda a detectar las partículas en suspensión de los cuerpos hídricos midiendo la transmisión de la luz y la velocidad de dispersión que cambian con la cantidad de sólidos suspendidos totales en el agua. (Sigma Electrónica, 2021)

Según sigma Electrónica las características de este sensor son las siguientes.

- Método de salida: analógico
- Salida digital: señal de nivel alto/ bajo (puede ajustar el valor de umbral ajustando el potenciómetro).

Tabla 8: Precios de Sensor para la medición de turbidez

DISTRIBUIDOR	PESOS COLMBIANOS
Sigma Electrónica	\$ 53.193
Mouser Electronics.	\$ 38.630
T. E.M Electronic components.	\$ 52.419

Características Sensores:

Tabla 9: Especificación de Sensores Fuente: Elaboración propia.

	SENSOR DE PH ARDUINO (KIT SENSOR DE PH ARDUINO GRAVITY DFROBOT)	SENSOR DE OXIGENO DISUELTO (SEN023 7-A)	SENSOR PARA MEDICIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD (SEN DS18B20 2M)	SENSOR DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ANALÓGICA (K = 10)	SENSOR DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ANALÓGICA V2 (K = 1)	SENSOR PARA LA MEDICIÓN DE TURBIDEZ. (SEN0189)
Corriente de funcionamiento						40mA (Max)
Alimentación del módulo	5V	3,3 ~ 5,5 V	3~5.5VDC Max	5V ~ 3V	3,0 ~ 5,0 V	5V DC
Tamaño del circuito	43mm×32 mm	42 mm * 32 mm		42 mm * 32 mm	42 mm * 32 mm / 1.65in * 1.26in	

Rango de medición	0-14	0 ~ 20 mg / L	-55°C hasta +125°C (-67°F -hasta +257°F)	10 ~ 100ms / cm	1 ~ 15 ms / cm	
Precisión	± 0.1pH (25 °C)	0 ~ 50PSI	±0.5°C desde -10°C hasta +85°C	± 5%.	± 5%	
Tiempo de respuesta	≤ 1min	hasta un 98% de respuesta completa, en 90 segundos (25 °C)				<500ms
Vida útil del electrodo		1 año (uso normal)		0 a 5 años (este valor puede variar dependiendo la frecuencia de uso)	> 0,5 años (según la frecuencia de uso)	
Período de mantenimiento		Período de reemplazo de la tapa de membrana: 1 ~ 2 meses (en agua fangosa); 4 ~ 5 meses (en				

		agua limpia) Período de reemplaz o de la solución de llenado: una vez al mes				
Longitud del cable		2 metros	2 metros	100 cm	100 cm	
Conector de sonda	BNC	BNC		BNC	BNC	
Conector de señal		Interfaz analógica de gravedad (PH2.0- 3P)			PH2.0-3Pin	
Señal de salida		0 ~ 3,0 V		0 ~ 3.2V	0 ~ 3,4 V	Salida analógica: 0-4.4V
Interfaz		Plug and Play	1-Wire	Plug and play		
Tipo de sonda		sonda galvánica		Grado de laboratorio	grado de laboratorio	
Constante de celda					1	

Rango de detección de soporte					0 ~ 20 ms / cm	
Peso						30g
Temperatura de almacenamiento						- 10°c – 90 ° c
Temperatura de funcionamiento				0 ~ 40 ° C	0 ~ 40 ° C	5°c – 90°c

Información de la tabla suministrada de las paginas anteriormente mencionadas como Geek Factory, DFRobot y Sigma Electronica.

Sistemas de generación de energía propuestos para la operación de la estación de medición

Para el funcionamiento de las estaciones remotas, es necesario contar con un suministro de energía capaz de mantener la corriente de la estación durante el tiempo que estará funcionando para la recopilación de los datos que se verán reflejados en tiempo real en el sitio.

Por tal razón es de suma importancia documentar las diferentes alternativas de energía que podrían usar en el lugar del muestreo, debido a que las estaciones remotas pueden llegar a operar en ubicaciones en donde no se cuenta con acceso a una red de energía eléctrica, y por tanto la estación debe contar con su propio sistema de generación de energía, debido a esto se proponen las siguientes opciones de energía renovable que pueden ser usadas en un trabajo futuro.

Paneles solares:

Los paneles solares, son sistemas fotovoltaicos, que en su funcionamiento convierten parte de la luz solar en energía eléctrica, algunos de los materiales para la fabricación de las celdas fotovoltaicas presentan propiedades fotoeléctricas, que son compuesto por un ánodo y un cátodo que son recubiertos por materiales fotosensibles. La luz que entra en contacto con el cátodo libera electrones que son recibidos por el ánodo de carga positiva, generando un flujo corriente. Por consiguiente, este tipo de energía es considerada renovable debido a que no causa ningún tipo de contaminación, no emites gases de efecto invernadero y es una de las energías que mayor representa la lucha contra el cambio climático. (Salazar et al., 2016).



Figura 7: Panel Solar de EFlmarket.

Los paneles solares pueden ser una alternativa para el funcionamiento de los sensores que serán utilizados en el Humedal del Rio Blanco, buscando tener las mejores condiciones de carga eléctrica y mejores resultados dentro del ejercicio para la toma de datos a medida del tiempo.

Como Funcionan los paneles Solares:

Los paneles solares funcionan con fotones o partículas de luz los cuales permiten que golpeen electrones libres de átomos, generando así un flujo de electricidad, estos paneles constan de muchas unidades llamadas células fotovoltaicas, donde para trabajar con estas se necesita establecer un campo eléctrico y magnético, para conseguir esto se utilizan distintos materiales los cuales dan como resultado una carga positiva o negativa (EFlmarket, 2021).

Como Instalar los paneles solares:

Según La empresa OTOVO la instalación consta de 4 pasos y hace énfasis en que se debe contratar un profesional eléctrico para la instalación, los pasos son:

1. Los paneles solares deben estar al descubierto, los cuales son instalados con soportes, en este se tiene en cuenta la tipología e inclinación.
2. Al tener la estructura se debe fijar la cubierta para colocar los paneles solares, en este proceso se tienen en cuenta diferentes formas para la instalación según la inclinación o tipo de la cubierta.
3. Posteriormente se debe realizar la conexión del sistema con el inversor y conectar este al cuadro eléctrico.
4. Por último, es necesario las baterías, se debe hacer la conexión, esto para almacenar energía y tener la capacidad necesaria para el funcionamiento continuo.

Condiciones climatológicas para la instalación de paneles solares:

En las condiciones meteorológicas depende del estado del día, en un día nublado la radiación es difusa en su totalidad y para un día el cual esta despejado con un clima seco, se puede aprovechar hasta un 90% de la radiación total. Para hacer uso y aprovechamiento del sol se condiciona por la intensidad de radiación que es recibida en la tierra, esta radiación depende de la latitud del lugar el momento del día, las condiciones atmosféricas y climatológicas, las unidades métricas empleadas para la radiación es el W/m^2 que expresa la cantidad de energía que llega a un área de un metro cuadrado (Hernández, 2017).

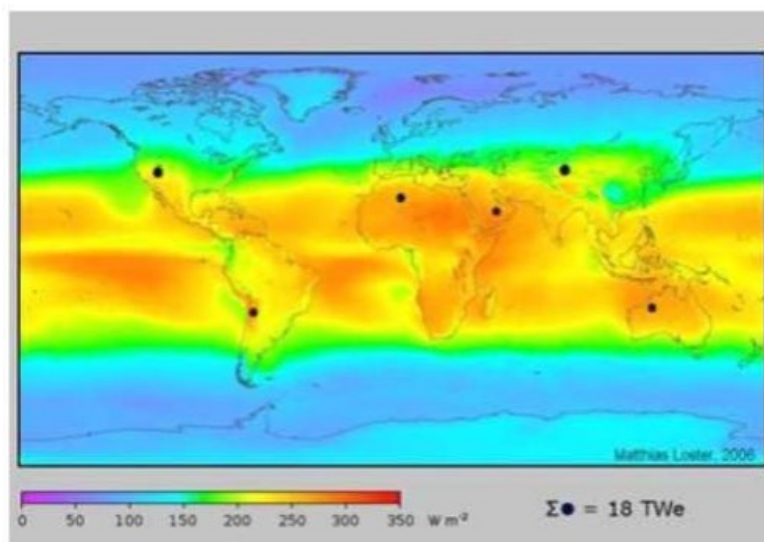


Figura 8: Intensidad de radiación solar a nivel mundial.

Si se toma como referencia el potencial de irradiación solar que se promedió en el planeta tierra con un valor de 3,9 kWh/m²/día, y en cierta manera el promedio de irradiación solar que se obtuvo en Alemania que es pionera en la instalación de estos sistemas con un valor de 3.0 kWh/m²/día, se obtuvo un buen resultado en cuanto al potencial de irradiación que se ve reflejado en suelo colombiano con un promedio de 4,5 kWh/m²/día, lo cual indica que la zona colombiana es apta para el uso de estas tecnologías. (Meléndez, et al, 2017).

Energía eólica:

La energía eólica está dentro de las fuentes de energía renovables más empleada, esto es debido a que este tipo de energía tiene tiempo de construcción es menor con relación a otros tipos de energía. (Giménez, et al., 2016). La energía eólica no contamina, es inagotable y ayuda a disminuir el consumo de combustibles fósiles favoreciendo la disminución del cambio climático, desde un punto medioambiental es un proceso sumamente favorable por ser limpio estando exento en problemas de contaminación, a su vez los impactos generados por el uso de combustibles fósiles se ven suprimidos gracias al uso de esta energía beneficiando la atmósfera, el agua, la fauna y vegetación. (Cortés, 2013)

Los sensores necesitan energía de forma continua para el registro periódico de los datos. Esta energía se basa principalmente en el uso de las corrientes de aire las cuales golpean con los aerogeneradores, por consecuencia del movimiento de la masa de aire, esto se da en gran medida, por acción de la radiación solar que calienta las corrientes y estas pierden densidad y tienden a subir y por otra parte las capas de aire que están más frías en la parte superior descienden, lo que genera doble corriente de aire y aumentan la eficiencia de los aerogeneradores. (Eraso et al., 2017).

Un aerogenerador es conformado por la torre; un sistema de orientación ubicado al final de la torre, un armario de acoplamiento a la red eléctrica pegado a la base de la torre; la góndola para la protección de los componentes mecánicos del molino, un rotor delante de las palas y un eje; adentro de la góndola tiene elementos como el freno, el multiplicador, el generador y sistema de regulación eléctrica. (Factorenergia, 2021)

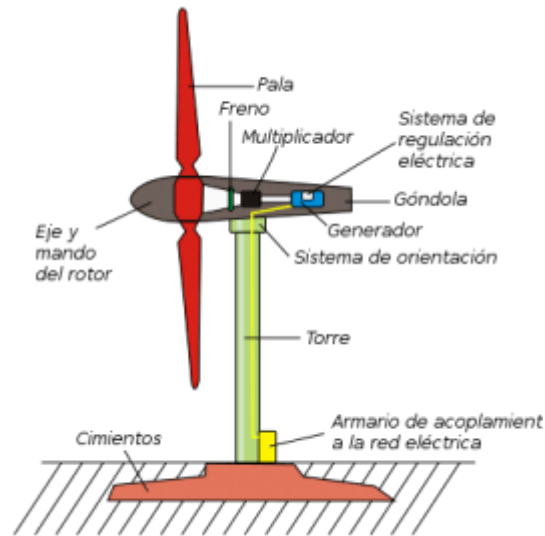


Figura 9: Energía Eólica, Molino y partes de factorenergia.

Energía hidráulica:

Para la producción de energía hidráulica la forma más utilizada consiste en el uso de magnetos o dinamos cuyo giro produce alternancias magnéticas negativas y positivas, en donde se liberan electrones o electricidad, pero para lograr estos giros es necesario contar con un flujo de agua obligatorio y contar con la ayuda de la gravedad para responder a la demanda de los dinamos y hacer girar los generadores de forma constante, todo esto se logra con el ciclo natural del agua. (Severiche, 2012)

En este tipo de sistemas se tiene una necesidad la cual consiste en generar energía limpia, esto permite que en lugares donde exista un cauce de agua cercano, la micro central es ideal para zonas aisladas y sin red eléctrica, de igual forma dentro de su justificación económica es mejor en comparación con una instalación de tendido eléctrico en una zona aislada y el único costo que se tendría sería el del mantenimiento de la instalación, este consiste en una limpieza de filtros en la absorción de agua, el (Vernis, 2011).

Para un humedal se podría aprovechar esta alternativa, canalizando una parte del cauce de este mismo, respetando el caudal permitido para el desarrollo del ecosistema que posteriormente será regresada a su

cauce afectando en menor medida al ecosistema y generando impactos ambientales casi nulos, por tal razón este cauce se podrá utilizar aguas abajo para el desarrollo de diferentes actividades.

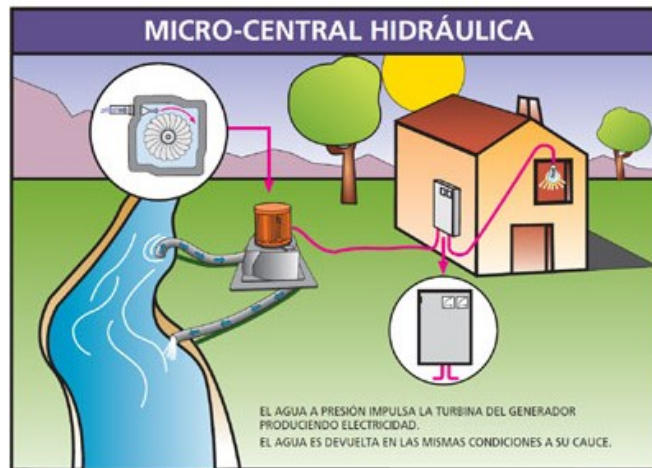


Figura 10: Micro central hidráulica, Energía hidráulica de VERNIS.

Ventajas: Según José Luis Lorenzo Escuin, Vernis Motors 2011.

- La generación de energía es producida cerca, permitiendo que en el traslado de energía no existan pérdidas importantes.
- Su tamaño permite una instalación y transporte en lugares poco accesibles.
- No existe una contaminación de agua o aire.
- Su instalación, operación y mantenimiento es sencillo.

Funcionamiento:

Para el funcionamiento del sistema, de la micro- eléctrica es muy similar a una hidroeléctrica de mayor tamaño, para este caso en particular, el principio fundamental consisten en aprovechar el cambio en la energía potencial del agua en dos diferentes alturas, en lo cual se obtiene una diferencia de energía potencial a dos alturas, debido a esto se genera una diferencia de presiones en el lugar donde se recupera el agua y de donde será ubicada la planta, con la finalidad de transformarla en energía eléctrica a través del hidro generador (conjunto de turbina y generador), por otra parte la energía producida por este mecanismo será transferida hacia un grupo de baterías auxiliares para ser almacenada, naturalmente se

generara más energía que la consumida, por tal razón se deberán emplear disparadores de energía para liberar la energía sobrante (Vernis, 2011).

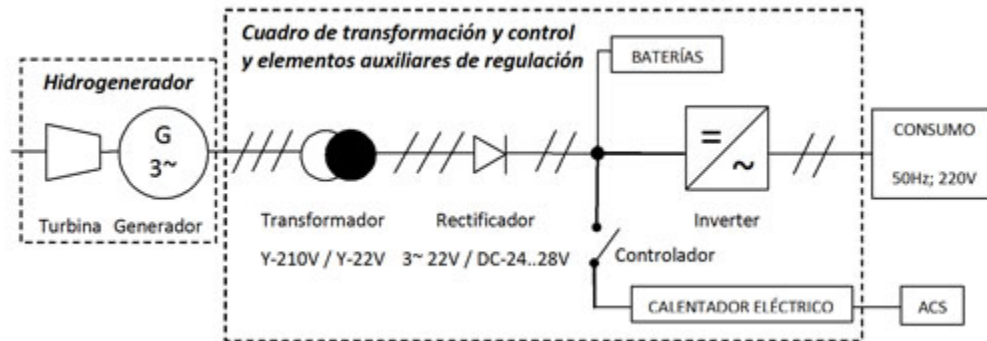


Figura 11: funcionamiento micro-central eléctrica, Energía hidráulica de VERNIS.

Elementos: Según José Luis Lorenzo Escuin, Vernis Motors 2011.

- **Hidrogenerador**
- Turbina Turgo- Rodete
- Turbina Turgo- Inyector
- Pie hidrogenerador
- Generador
- **Equipo de transformación y control**
- Transformador
- Rectificador
- Controlador
- Inverter
- Cuadro eléctrico
- **Equipo auxiliar**
- Baterías
- Resistencias Reguladoras
- Toma de Tierra

Diagrama de bloques para la conexión del diseño y estación de monitoreo:

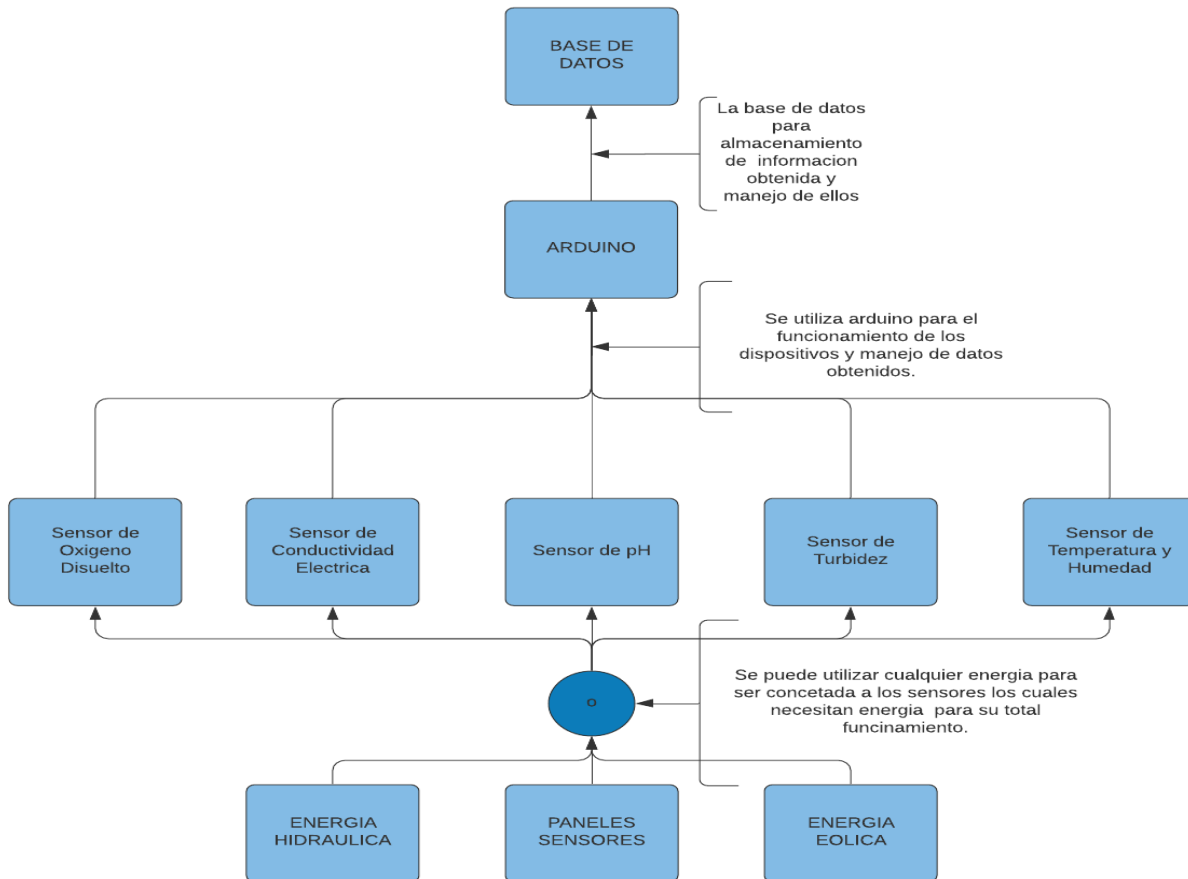


Figura 12: Diagrama de Bloques para la conexión del diseño y estación de monitoreo.

Conclusiones

- Los parámetros que se deberían tomar para la calidad del agua y el estado de conservación del humedal Rio Blanco deberían ser Oxígeno Disuelto, Conductividad, pH, Turbidez y Temperatura. Esto debido que se relaciona a la necesidad de la conexión de sensores con Arduino.
- Fue de suma importancia establecer los parámetros que influyen en el estado de la conservación de los humedales esto ya que es necesario determinar los parámetros fisicoquímicos más relevantes para el desarrollo del ecosistema y como los rangos de estos parámetros determinan si las condiciones de los humedales son óptimas.

- Los sensores que se deberían utilizar son Sensor de pH, Sensor de Conductividad, Sensor de turbiedad, Sensor de Oxígeno disuelto, Sensor de Temperatura.
- Las energías renovables que se deberían utilizar estas dependiendo de las necesidades del humedal para el funcionamiento de los sensores son Energía Hidráulica, Energía Eólica y/o Paneles Solares.

Trabajos Futuros:

- Realizar la caracterización de los indicadores fisicoquímicos en el humedal Rio blanco, para saber el estado del humedal y compararlos entre los rangos máximos y mínimos registrados en este trabajo.
- Realizar una aproximación a una estación de monitoreo, donde se incluya más la parte tecnológica y operacional del sistema de monitoreo.
- Puesta en marcha de la estación de monitoreo y utilización de energías renovables para el funcionamiento de los sensores con Arduino.

Bibliografía

- Pérez, A.G., Rodríguez, A. (2009). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Universidad de Costa Rica*.
- Burillo, L. (1997). La calidad de las aguas en los humedales: los indicadores biológicos., *Sehumed*.

- Osorio, B.C. (2014). Inventario de la biodiversidad de aves como indicador de la calidad ambiental del “Humedal Laguna el Oconal” del Distrito de Villa Rica. *Universidad Nacional Agraria de la Selva*.
- López, E.G., Rodríguez, R.C., Chávez, F. (2014). Son las grullas indicadoras de la riqueza de especies de aves acuáticas en humedales en el altiplano mexicano. *Acta Zoológica Mexicana*.
- Moreno, D.P., Quintero, J., López, A. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *Universidad Autónoma Metropolitana*.
- Sánchez, D. (2015). Calidad del agua y su control. *Universidad de Castilla la Mancha*.
- Samboni, N.G, Carvajal, Y., Escobar, J.C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista ingeniería e investigación vol. 27 no.3*
- Céspedes, E., Umaña, G., Silva, A.M. (2015). Tolerancia de diez especies de diatomeas (Bacillariophyceae) a los factores fisico-químicos del agua en el Río Sarapiquí, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*.
- Lanza, G., y Gutiérrez, F.J. (2017). Intervalos de parámetros no-conservativos en sistemas acuáticos costeros de México. *Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Jiménez, A.A. (2000). Determinación de los parámetros fisico-químicos de calidad de las aguas. *Universidad Carlos III. Avd. de la Universidad 30. 28911-Leganés. Madrid*.
- Ledesma, C., (2013). Determinación de indicadores de eutrofización en el embalse Río Tercero, Córdoba (Argentina). *Revista ciencia agronómica*.
- Barreto, L. (2013). Eutrofização em rios brasileiros. *Enciclopédia biosfera*.
- Mas, M. (2017). Uso de la teledetección y los sig en la vigilancia de la calidad del agua: aplicación al mar menor. *Universidad politécnica de Cartagena*.
- Miranda, G. (S.F). Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico. *Universidad Autónoma del Estado de México*

- Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, A., Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, Universidad de Concepción*.
- Pérez, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Rev. Acad. Colomb. Cienc 23(88)*.
- Vásquez, G.L., Herrera, L., Cantera, J.R., Galvis, A., Cardona, D.A., Hurtado, I.C. (2012). Metodología para determinar niveles de eutrofización en ecosistemas acuáticos. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*.
- Perez, N.P., Rodriguez, L.A. (2016). Prototipo de medición de parámetros fisicoquímicos para determinar la relación entre indicadores biológicos y calidad del agua en el humedal Santa María del lago- Bogotá. *Universidad distrital Francisco José de caldas*.
- Flores, I.N., Peralta, L.A., Hernández, D. (2019). Monitoreo IoT de humedales costeros Meusa. *Verse Technology, Tecnológico Nacional de México*.
- Guerra, V. Ochoa, S. (2005). Identificación y variación de la vegetación y uso del suelo en la reserva pantanos de centla, tabasco (1990- 2000) mediante sensores remotos y sistemas de información geográfica. *Universidad Autónoma Indígena de México*.
- Loayza, K., Castillejos, K., Mestas, R., Quiliche, J. P. J. (2017). Estudio de la Teledetección y Caracterización Fisicoquímica del Humedal “El Cascajo”, Santa Rosa, Chancay- Lima, Perú, *Revista de ciencia y Tecnología*.
- Amado-Alvarez, J., Pérez-Cutillas, P., Alatorre-Cejudo, L. C., Ramírez-Valle, O. (2019). Análisis multiespectral para la estimación de la turbidez como indicador de la calidad del agua en embalses del estado de Chihuahua, México. *Revista geográfica de América central*.
- AL-Fahdawi, AAH, Rabee, AM y Al-Hirmizy. (2015), Water quality monitoring of Al-Habbaniyah Lake using remote sensing and in situ measurements. Doi 187, 367.
- Liu, Y., Chen, Y., Fang, X. (2018). *A review of turbidity detection based on computer vision*. IEEE Access. Doi 6, 60586–60604.

- Kulkarni, A. (2011). Water quality retrieval from landsat TM imagery. *Procedia Computer Science*. Doi. 6, 475–480.
- He, W., Chen, S., Liu, X., & Chen, J. (2008). Water quality monitoring in a slightly-polluted inland water body through remote sensing - Case study of the Guanting Reservoir in Beijing, China. *Frontiers of Environmental Science and Engineering in China*. Doi. 2(2), 163–171.
- Flórez-Yepes, G. Y., Betancur-Pérez, J. F., Monterroso-Tobar, M. F., Londoño-Bonilla, J. M. (2018). Temporary wetland evolution in the upper Chinchiná river basin and its relationship with ecosystem dynamics. *DYNA*. Doi. 85(207), 351-359.
- Watras, CJ, Morrow, M., Morrison, K. (2014). Evaluación de redes de sensores inalámbricos (WSN) para el monitoreo remoto de humedales: diseño y resultados iniciales. *Environ Monit Assess*. Doi 186, 919–934.
- Pérez, M. (2011). Aplicaciones de la teledetección y sig en la caracterización de humedales en la reserva de la biosfera de la mancha húmeda, Universidad complutense de madrid.
- Rojas, S., Olaya, R., Jaramillo, R., Arroyave, L. (2014). Algoritmos y aplicaciones para el monitoreo de variables esenciales de la biodiversidad en humedales. *Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt*.
- Bazan, R., Corral, M., Pagot, M., Rodríguez, A., Orona, C., Rodríguez, I., Larrosa, N. (2005). Teledetección y modelado numérico para el análisis de la calidad de agua del embalse Los Molinos, Córdoba, Argentina. *Tecnología y Ciencias del agua*.
- Macaya, M. (2018). Diseño y prototipado de plataforma de monitoreo de variables de calidad de agua en humedales urbanos en el sur de Chile. *Universidad de Chile*.
- De la Hoz, C., Gotilla, C. (2009). Modelo para la predicción de parámetros de calidad del agua del lago de valencia utilizando imágenes de satélite. *TPM Venezuela y Instituto de ingeniería*.

- Perdomo, A. (2015). Predicción de parámetros fisicoquímicos de calidad del agua mediante el uso de sensores remotos: caso de estudio embalse del neusa. *Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano*.
- Gómez, R. (2013). Análisis espectral del Lago de Guadalupe, mediante imágenes de satélite y datos In Situ. *Instituto de Geografía UNAM*.
- Serrano, M., Camacho, A., Vicente, E., Peña, R. (1995). Estudio por teledetección de la evolución del estado trófico de tres embalses del ámbito de la confederación hidrográfica del Júcar en el periodo estival de los años 1994 y 1995. *CEDEX y Universidad de Valencia*.
- Briceño, I., Pérez, W., San Miguel, D., Ramos, S. (2018). Determination of water quality Vichuquén Lake, using satellite images Landsat 8, sensor OLI. *Revista de Teledetección, Universidad mayor Chile*.
- Caho-Rodríguez, C. A., López-Barrera, E. A. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *Producción + Limpia*. Doi.
- Díaz, A. (2015). Calidad del agua mediante el análisis fisicoquímico, demanda bioquímica y química de oxígeno en los humedales de Tumilco, Veracruz, México. *Universidad veracruzana facultad de ciencias biológicas y agropecuarias*.
- Fajardo, N. S. (2018). Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú. *Universidad nacional mayor de san marcos*.
- Arias, Y. P., Peñaloza, L. (2015). Determinación de la estructura y dinámica de la comunidad planctónica del humedal Meandro del Say y su relación con las condiciones fisicoquímicas de calidad del agua. *Universidad de Santo Tomas*.
- Carranza, D., Flores, B. E (2020). Determinación de la calidad del agua de los humedales de eten utilizando macroinvertebrados odonata, coleóptera, diptera y hemiptera durante septiembre 2019 – abril 2020. *Universidad de Lambayeque*.

- Quijano, M., Villabona, S., García, J., Gómez, A. (2018). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los humedales del Altiplano del Oriente antioqueño. *Universidad Católica de Oriente*.
- Espejo, M. E. (2017). Determinación de la calidad fisicoquímica del agua del humedal el Juncal y su reconocimiento como ecosistema estratégico dentro de la educación básica primaria. *Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano*.
- Rincón, J., Millán, N. (2013). Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales. *Universidad libre*.
- Garcia, V. (2015). Diagnóstico del recurso hídrico y componente social del área de influencia del humedal, el Avispal ubicado en el corregimiento de Quinamayó, municipio de Jamundí. *Universidad Autónoma de Occidente*.
- Ecofluidos. (2012). Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco. *ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A.*
- Quirós, R., Boveri, M.B., Petracchi, C.A., Rennella, A.M., Rosso, J.J., Sosnovsky, A. & von Bernard, H.T. (2006). Los efectos de la agriculturización del humedal pampeano sobre la eutrofización de sus lagunas. *Área de Sistemas de Producción Acuática, Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires*.
- Bravo, F. R. (2016). Remoción de nutrientes con *Eichhornia Crassipes* para reducir la eutrofización en el humedal del Parque Ecológico Municipal Laguna El Mirador en Ventanilla – Callao. *Universidad César Vallejo*.
- Moreno, D. P., Ramírez, J. J. (2010). Variación temporal de la condición trófica del lago del parque norte, Medellín (Antioquia), Colombia. *Instituto de Biología Universidad de Antioquia*.
- Beltrán, J., Rangel, J. (2012). Modelación del estado trófico del humedal de Jaboque, Bogotá D. C., Colombia. *Universidad Nacional de Colombia*.

- Ongley, E. (1997). En Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. *Burlington, Canadá: GEMS/Water Collaborating Centre Canada Centre for Inland Waters*. C-3.
- López, M. L., Martínez, S. M. (2015). Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: caso laguna de La Cocha. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*.
- Vernis, S.L. (2011). Micro central Vernis: Energía hidráulica producida en casa. *Vernis Motors*.
- Severiche, C.A. (2012). El agua y la generación de energía en entornos de sostenibilidad. *Revista de la escuela de ingenierías y arquitectura. Universidad Tecnológica de Bolívar*.
- Factorenergía. (2021). Energía eólica. Qué es, cómo funciona, ventajas y desventajas. *Factor energía*.
- Eraso, F., Escobar, E., Paz, D.F., Morales, C. (2017). Metodología para la determinación de características del viento y evaluación del potencial de energía eólica en Túquerres-Nariño. *Revista Científica*. Doi. 31(1), 19-31.
- Giménez, J.M., Gómez, J.C. (2011). Generación eólica empleando distintos tipos de generadores considerando su impacto en el sistema de potencia. *Universidad Nacional de San Juan Argentina & Universidad Nacional de Rio Cuarto, Córdoba*.
- Moreno, P.A. (2013). Energía eólica: ventajas y desventajas de su utilización en Colombia. *Universidad libre instituto de posgrados de ingeniería especialización en gerencia ambiental Bogotá D.C.*
- EFlmarket. (2018). ¿cómo funcionan los paneles solares? *EFlmarket, tu guía de eficiencia energética*.

- Salazar, A., Pichardo, J.A., Pichardo, U. (2016). La energía solar, una alternativa para la generación de energía renovable. *Revista de Investigación y Desarrollo 2016*, 2-5: 11-20.
- Valencia, M.P., Figueroa, A. (2013). Vulnerabilidad de humedales altoandinos ante procesos de cambio: tendencias del análisis. *Revista de ingenierías Universidad de Medellín*.
- García, H., García, R.R., Moreno, R., González, A. (2002). Uso de sensores remotos y SIG para delimitar los cambios en el uso del suelo agrícola de 1970 a 1997 en el estado de Guanajuato. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM Núm. 47, 2002, pp. 92-112*.
- Hernandez, R. (2017). Análisis de factibilidad para la instalación de un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas para la alimentación eléctrica del edificio 4 en el itslv. *CIATEO*.
- Meléndez, J.I., Cruz, O.M., Bastidas, J.D., Quiroga, O.A. (2017). Aspectos técnicos y regulatorios para la implementación de generación eléctrica fotovoltaica a nivel residencial en Colombia. *Grupo de investigación GISEL, Universidad Industrial de Santander, Colombia*.