

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA REPRESA
AGUADA BLANCA CON LA SONDA HYDROLAB DS5 EN LA ZONA
LACUSTRE DEL EMBALSE DURANTE LOS PERIODOS
HÚMEDOS Y DE ESTIAJE**

Tesis presentada por la Bachiller:

**Puente de la Vega Fernández, Yenifer
Maribel**

Para optar por el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Asesor:

Dr. Blgo. Arenazas Rodríguez, Armando J.

Arequipa – Perú

2019

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
URB. SAN JOSE SN - UMACOLLO

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

INFORME DICTAMEN BORRADOR DE TESIS

VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

*Determinación de la calidad de agua de la represa Aguada Blanca con
la Sonda Hidrolab DS5 en la zona faunística denominada los prados Húmedos
y de estiaje*

Presentado por el (los) Bachiller (es):

Jenifer Maribel Puerto de la Vega Fernández

Nuestro DICTAMEN es:

favorable

OBSERVACIONES:

2011
Arequipa 17 de Mayo del 2019

DICTAMINADOR

*Dr. Elgo Peralta Bravos Kalezos
Ced. 2829*

DICTAMINADOR

*Dr. Ing. Francisco S. Roque
Rodríguez*

DICTAMINADOR

*Dr. M. Terán Diezler
Ced. 2478*

(5154) 382030

(5154) 252542

ucsm@ucsm.edu.pe

http://www.ucsm.edu.pe

0012894

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme salud, fe y esperanza en cada paso de la realización de este proyecto de investigación.

A las autoridades del equipo técnico de la Autoridad Autónoma de Majes AUTODEMA por brindarme el apoyo técnico requerido en las diferentes etapas de investigación.

A mi familia por el apoyo en el proceso y su contención en todo momento.

A mis asesores por el tiempo y apoyo brindados.



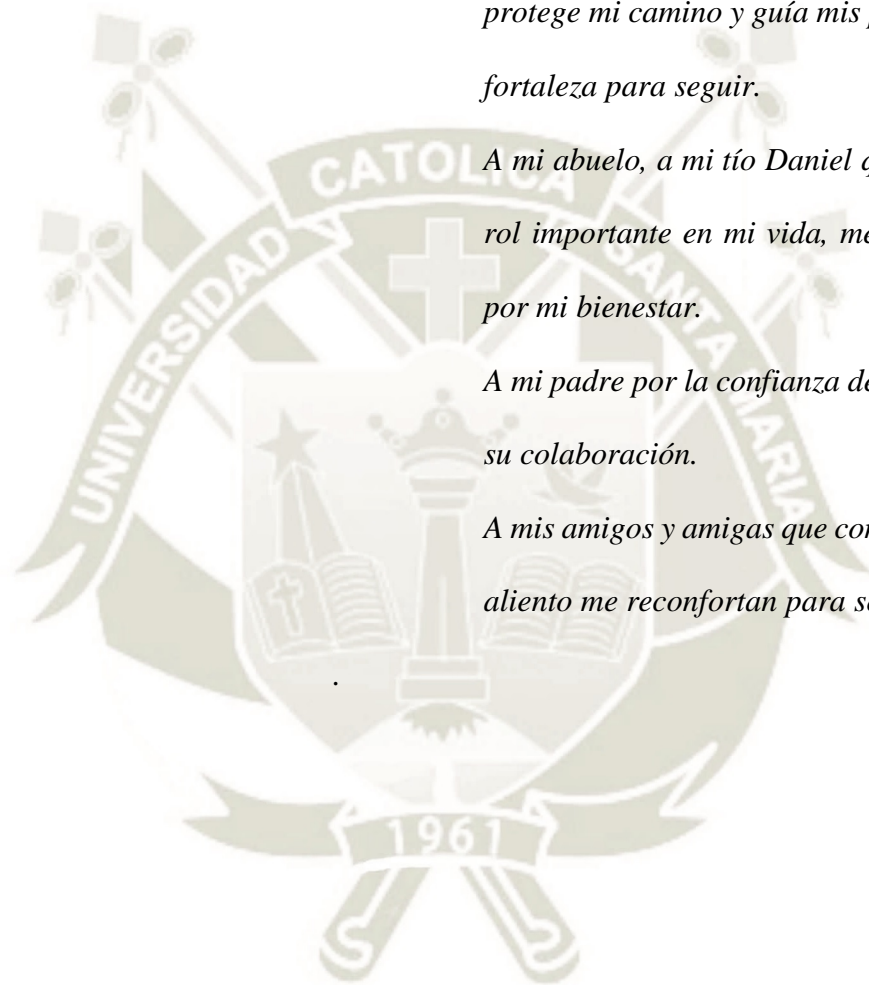
DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado en memoria de mi madre Maria Luisa presente en mi mente, mi alma y mi corazón, desde el cielo protege mi camino y guía mis pasos, me brinda fortaleza para seguir.

A mi abuelo, a mi tío Daniel quienes tienen un rol importante en mi vida, me apoyan y velan por mi bienestar.

A mi padre por la confianza depositada en mí y su colaboración.

A mis amigos y amigas que con sus palabras de aliento me reconfortan para seguir.



RESUMEN

El presente trabajo de investigación es uno de los puntos iniciales de la extensa cadena para una Gestión Integral del Recurso Hídrico en el sistema Chili regulado; conformado por 7 represas que confluyen en la represa de Aguada Blanca, estructura de la cual se abastece de recurso hídrico a la población para sus diferentes usos. La calidad de agua se define en función de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, según la normativa peruana utilizamos los ECA (Estándares de Calidad Ambiental) para medir su grado de contaminación estos se aplican a los cuerpos de agua superficial.

Se determinó que la calidad de agua de la represa Aguada Blanca en la zona lacustre del embalse durante los períodos húmedos y de estiaje en los años 2016-2017 encontrándose en un nivel aceptable.

Para determinar los niveles de los parámetros fisicoquímicos se utilizó la sonda Hydrolab DS5 y el software Hydras 3LT haciendo un monitoreo mensual *in situ*. Así mismo se transmitieron los datos de dicha sonda hacia una laptop con el cable de transmisión de datos TENDNET TU-S9 arrojando hojas de cálculo Excel, los datos hidrológicos también estuvieron gestionados en hojas de cálculo Excel. Se determinó la relación entre los parámetros fisicoquímicos e hidrológicos mediante el programa estadístico SPSS.

Se concluyó que en la época seca de los años 2016 y 2017 la turbidez y la conductividad presentan una relación altamente significativa ($p < 0.01$) con el volumen útil y la descarga Charcani; en la época húmeda de los años 2016 y 2017 la turbidez presenta una relación altamente significativa ($p < 0.01$) con nivel de embalse, el volumen útil y caudal de ingreso en los dos años respectivamente.

Palabras Clave: Embalse, calidad de agua, sonda multiparamétrica, sensor, monitoreo.

ABSTRACT

The present research work is one of the initial points of the extensive chain for an Integrated Management of Water Resources in the regulated Chili system; conformed by 7 dams that converge in the Aguada Blanca Dam; structure from which water is supplied to the population for its different uses. Water quality is defined according to physicochemical and microbiological parameters. According to Peruvian regulations, we use ECAs (Environmental Quality Standards) to measure their degree of contamination, these are applied to surface water bodies.

It was determined that the water quality of the Aguada Blanca Dam in the lake area of the reservoir during wet and dry periods in the years 2016-2017 is at an acceptable level.

To determine the levels of the physicochemical parameters, the Hydrolab DS5 probe and the Hydras 3LT software were used, performing a monthly on-site monitoring. Likewise, the data from this probe was transmitted to a laptop with the TENDNET TU-S9 data transmission cable, and Excel spreadsheets were sent, the hydrological data were also managed in Excel spreadsheets. The relationship between the physicochemical and hydrological parameters was determined through the statistical program SPSS.

It was concluded that in the dry season of 2016 and 2017 turbidity and conductivity have a highly significant relationship ($p < 0.01$) with the useful volume and Charcani discharge; In the wet season of 2016 and 2017 turbidity presents a highly significant relationship ($p < 0.01$) with reservoir level, useful volume and income flow in the two years respectively.

Key Words: Reservoir, water quality, multiparameter probe, sensor, monitoring.

GLOSARIO

ANA: Autoridad Nacional del Agua

AUTODEMA: Autoridad Autónoma de Majes

RNSAB: Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca

TRH: Tiempo de Retención Hídrica

EGASA: Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A.

SEDAPAR: Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Arequipa

ECA: Estándares de Calidad Ambiental

OD: Oxígeno Disuelto

DBO: Demanda Bioquímica de oxígeno

pH: Potencial hidrogeno

STD: Sólidos Totales Disueltos

ICA: Índices de Calidad de Agua

MAIA: Macroinvertebrados acuáticos indicadores

OMS: Organización Mundial de la Salud

DAES: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas

ONU: Organización de las Naciones Unidas

OPS: Organización Panamericana de la Salud

UNE: Asociación Española de Normalización

GESTA: Grupo de estudio Técnico ambiental para agua

UFC: Unidades formadoras de colonias

MINAM: Ministerio del Ambiente

OCDE: Organización de Cooperación y Desarrollo Económico

SPSS: Startical Product and Service Solutions



ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
GLOSARIO	vii
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO TEÓRICO	1
1.1 Descripción de área de estudio	1
1.1.1 Generalidades	1
1.1.2 Principales usos	4
1.2 Planteamiento del problema	5
1.2.1 Descripción del Problema	5
1.2.2 Formulación del Problema	6
1.2.3 Sistematización del problema	6
1.3 Objetivos	7
1.3.1 Objetivo general	7
1.3.2 Objetivo específicos	7
1.4 Justificación	7
1.4.1 Ambiental	7
1.4.2 Social	8
1.4.3 Económica	8
1.5 Alcances del Proyecto	9
1.5.1 Temático	9
1.5.2 Espacial	9
1.5.3 Temporal	9
CAPÍTULO II: MARCO DE REFERENCIA	10
2.1 Antecedentes de la Investigación	10
2.2 Marco Teórico de referencia	13
2.2.1 Generalidades	13
2.2.2 Calidad del agua	13
2.2.3 Parámetros de la calidad del agua	15
2.2.4 Parámetros recomendados en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales	20
2.2.5 Sonda de monitoreo Hydrolab DS5	23
2.2.6 Eutrofización del agua	23

2.2.7	Niveles máximos de referencia para cianotoxinas	26
2.2.8	Métodos de monitoreo de agua en represas	26
2.2.9	Zonificación de los embalses	29
CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO OPERACIONAL		31
3.1	Aspectos metodológicos de la Investigación.....	31
3.1.1	Diseño de Investigación	31
3.1.2	Tipo de Investigación.....	31
3.1.3	Métodos de Investigación	31
3.1.4	Variables	32
3.1.5	Técnicas e instrumentos de investigación	33
3.1.6	Métodos de análisis de datos	33
3.1.7	Unidad de monitoreo	33
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA Y EXPERIMENTACIÓN.....		34
4.1	Ubicación del punto de monitoreo.....	34
4.2	Metodología de toma de datos.....	35
4.2.1	Pre- monitoreo	35
4.2.2	Monitoreo.....	37
4.2.3	Post- monitoreo	40
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSION		41
5.1	Evaluación de los parámetros fisicoquímicos	41
5.2	Evaluación de los parámetros hidrológicos.....	45
5.3	Evaluación de la relación de los parámetros fisicoquímicos e hidrológicos.....	49
5.4	Evaluación de la calidad de Agua.....	59
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		62
6.1	Conclusiones.....	62
6.2	Recomendaciones	65
BIBLIOGRAFÍA		66
ANEXOS.....		70

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 PARÁMETROS MÍNIMOS RECOMENDADOS PARA MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES	21
TABLA N° 2 PARÁMETROS A EVALUAR SEGÚN VALORES ECA	22
TABLA N° 3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	32
TABLA N° 4: COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LA REPRESA AGUADA BLANCA EN LA ZONA LACUSTRE DEL EMBALSE PARA LA ESTACIÓN SECA DE LOS AÑOS 2016 Y 2017	41
TABLA N° 5 COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LA REPRESA AGUADA BLANCA EN LA ZONA LACUSTRE DEL EMBALSE PARA LA ESTACIÓN HÚMEDA DE LOS AÑOS 2016 Y 2017	43
TABLA N° 6 COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS DE LA REPRESA AGUADA BLANCA EN LA ZONA LACUSTRE DEL EMBALSE PARA LA ESTACIÓN SECA DE LOS AÑOS 2016 Y 2017	46
TABLA N° 7 COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS DE LA REPRESA AGUADA BLANCA EN LA ZONA LACUSTRE DEL EMBALSE PARA LA ESTACIÓN HÚMEDA DE LOS AÑOS 2016 Y 2017	48
TABLA N° 8 RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS E HIDROLÓGICOS DE LA REPRESA AGUADA BLANCA EN LA ZONA LACUSTRE DEL EMBALSE EN LA ESTACIÓN SECA 2016.....	51
TABLA N° 9 RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS E HIDROBIOLÓGICOS DE LA REPRESA AGUADA BLANCA EN LA ZONA LACUSTRE DEL EMBALSE EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2016.....	53
TABLA N° 10 RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS E HIDROBIOLÓGICOS DE LA REPRESA AGUADA BLANCA EN LA ZONA LACUSTRE DEL EMBALSE EN LA ESTACIÓN SECA 2017.....	55
TABLA N° 11 RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS E HIDROLÓGICOS DE LA REPRESA AGUADA BLANCA EN LA ZONA LACUSTRE DEL EMBALSE EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2017.....	57

TABLA N° 12 CONSIDERACIONES PARA LA CLASIFICACIÓN SEGÚN EL USO	59
TABLA N° 13 EVALUACIÓN CALIDAD DE AGUA PERIODO 2016	60
TABLA N° 14 EVALUACIÓN CALIDAD DE AGUA PERIODO 2017	60



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1 RECURSOS HÍDRICOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA HIDRÁULICO CHILI.....	2
FIGURA N° 2 REGULACIÓN, TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE LA REPRESA AGUADA BLANCA.....	3
FIGURA N° 3 MICROORGANISMOS INDICADORES DE LA CONTAMINACIÓN HUMANA.....	19
FIGURA N° 4 CARACTERÍSTICAS DE LAS TOXINAS PRODUCIDAS POR CIANOBACTERIAS DE AMBIENTES ACUÁTICOS CONTINENTALES.....	25
FIGURA N° 5 ZONAS DE UN EMBALSE.....	30
FIGURA N° 6 IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO-EMBALSE AGUADA BLANCA ...	34
FIGURA N° 7 Sonda HYDROLAB DS5.....	37
FIGURA N° 8 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LA REPRESA PARA LA ESTACIÓN SECA DE LOS AÑOS 2016 VS 2017.....	42
FIGURA N° 9 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LA REPRESA PARA LA ESTACIÓN HÚMEDA DE LOS AÑOS 2016 Y 2017.....	44
FIGURA N° 10 PARÁMETROS HIDROLÓGICOS DE LA REPRESA PARA LA ESTACIÓN SECA DE LOS AÑOS 2016 Y 2017.....	47
FIGURA N° 11 PARÁMETROS HIDROLÓGICOS DE LA REPRESA PARA LA ESTACIÓN HÚMEDA DE LOS AÑOS 2016 Y 2017.....	49
FIGURA 12 CORRELACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN SECA 2016.....	70
FIGURA 13 CORRELACIÓN DE LA TEMPERATURA Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN SECA 2016.....	71
FIGURA 14 CORRELACIÓN DEL PH Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN SECA 2016.....	72
FIGURA 15 CORRELACIÓN DE LA CONDUCTANCIA Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN SECA 2016.....	73
FIGURA 16 CORRELACIÓN DE LA TURBIDEZ Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN SECA 2016.....	74

FIGURA 17 CORRELACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN SECA 2016.....	75
FIGURA 18 CORRELACIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN SECA 2016.	76
FIGURA 19 CORRELACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN SECA 2016.	77
FIGURA 20 CORRELACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2016.....	78
FIGURA 21 CORRELACIÓN DE LA TEMPERATURA Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2016.....	79
FIGURA 22 CORRELACIÓN DEL PH Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2016.	80
FIGURA 23 CORRELACIÓN DE LA CONDUCTANCIA Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2016.....	81
FIGURA 24 CORRELACIÓN DE LA TURBIDEZ Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2016.....	82
FIGURA 25 CORRELACIÓN DE LOS SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2016.	83
FIGURA 26 CORRELACIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2016.....	84
FIGURA 27 CORRELACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2016.	85
FIGURA 28 CORRELACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN SECA 2017.	86
FIGURA 29 CORRELACIÓN DE LA TEMPERATURA Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN SECA 2017.	87
FIGURA 30 CORRELACIÓN DEL PH Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN SECA 2017.....	88
FIGURA 31 CORRELACIÓN DE LA CONDUCTANCIA Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN SECA 2017.	89

FIGURA 32 CORRELACIÓN DE LA TURBIDEZ Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN SECA 2017.	90
FIGURA 33 CORRELACIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN SECA 2017.	91
FIGURA 34 CORRELACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN SECA 2017.	92
FIGURA 35 CORRELACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2017.....	93
FIGURA 36 CORRELACIÓN DE LA TEMPERATURA Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2017.....	94
FIGURA 37 CORRELACIÓN DEL PH Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2017.....	95
FIGURA 38 CORRELACIÓN DE LA CONDUCTANCIA Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2017.....	96
FIGURA 39 CORRELACIÓN DE LA TURBIDEZ Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2017.....	97
FIGURA 40 CORRELACIÓN DE LOS SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2017.	98
FIGURA 41 CORRELACIÓN DE LOS SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2017.	99
FIGURA 42 CORRELACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA Y LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2017.	100
FIGURA 43 ESTRUCTURA DE LA PRESA.....	120
FIGURA 44 EMBALSE DE LA REPRESA AGUADA BLANCA.....	121
FIGURA 45 INGRESO AL EMBALSE AGUADA BLANCA.....	121
FIGURA 46 VISTA PANORÁMICA DE LA REPRESA AGUADA BLANCA.....	122

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS E HIDROBIOLÓGICOS DE LA REPRESA AGUADA BLANCA EN LA ZONA LACUSTRE DEL EMBALSE EN LA ESTACIÓN SECA 2016.....	70
ANEXO 2 RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS E HIDROBIOLÓGICOS DE LA REPRESA AGUADA BLANCA EN LA ZONA LACUSTRE DEL EMBALSE EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2016.....	78
ANEXO 3 RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS E HIDROBIOLÓGICOS DE LA REPRESA AGUADA BLANCA EN LA ZONA LACUSTRE DEL EMBALSE EN LA ESTACIÓN SECA 2017.....	86
ANEXO 4 RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS E HIDROBIOLÓGICOS DE LA REPRESA AGUADA BLANCA EN LA ZONA LACUSTRE DEL EMBALSE EN LA ESTACIÓN HÚMEDA 2017.....	93
ANEXO 5 MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS (2016-2017) ÉPOCA HÚMEDA.....	101
ANEXO 6 MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS (2016-2017) ÉPOCA SECA.....	103
ANEXO 7 MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA PARÁMETROS HIDROLÓGICOS (2016-2017) ÉPOCA SECA.....	106
ANEXO 8 MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA PARÁMETROS HIDROLÓGICOS (2016-2017) ÉPOCA HÚMEDA.....	109
ANEXO 9 SOLICITUD DIRIGIDA A AUTODEMA.....	112
ANEXO 10 ESPECIFICACIONES DE LA SONDA HYDROLAB DS5.....	113
ANEXO 11 IMÁGENES DE LA REPRESA AGUADA BLANCA.....	120

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Quilca – Chili alberga en su sistema la represa en estudio Aguada Blanca (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015) en la que confluyen las aguas de otras represas. El uso del recurso hídrico está ligado a la calidad de agua, la cual comprende las características químicas, físicas y biológicas de la misma.

Siendo Arequipa la segunda ciudad más importante del Perú uno de los principales problemas que presenta va dirigido a la calidad del recurso hídrico. Existen reportes de las autoridades competentes que presumen la presencia de floraciones algales en las diferentes represas de la cuenca, frente a esta situación dichas autoridades han ido implementando mejores técnicas para los monitoreos, como el uso de equipos especializados y planteando soluciones para la Gestión Integral del Recurso Hídrico.

Las represas son depósitos naturales o artificiales de agua superficial, cuya calidad de agua se mide utilizando los ECA's para Agua conforme a la categorización designada por la autoridad competente.

El ECA mide la concentración de parámetros fisicoquímicos, biológicos y elementos o sustancias presentes en el agua, aire o suelo.

Es importante saber cuál es la calidad de agua de una represa pues debido a la deficiente calidad ocasiona un impacto negativo en el entorno ecológico, así como altos costos en el tratamiento y potabilización del agua, para la ciudad de Arequipa. Esta situación, podría derivar en problemas de salud colectiva como enfermedades gastrointestinales, renales, etc.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1 Descripción de área de estudio

1.1.1 Generalidades

Según el Glosario de términos aprobado por la ANA mediante RJ 180-2016-ANA los términos reservorios y presas son sinónimos, así mismo define a los Embalses como grandes depósitos formados natural o artificialmente que por lo común se encuentra cerrada la boca de un valle mediante un dique o presa y en el que se almacenan aguas con fines de riego, abastecimiento de poblaciones y producción de energía (ANA, 2016).

El embalse de Aguada Blanca está situado unos 40 kilómetros al este de la ciudad de Arequipa, a 3,670 metros sobre el nivel del mar, casi inmediatamente después de la confluencia de los ríos Blanco y Sumbay que forman el río Chili.

El río Blanco que se encuentra regulado en gran parte por el embalse El Fraile, es tributario del embalse por la margen izquierda, hasta su confluencia con el río Sumbay y presenta una cuenca de drenaje de 1,200 km². Un tributario importante es la quebrada Pasto Grande, que ingresa al río Blanco por la margen derecha, inmediatamente aguas arriba de la Presa El Fraile.

El río Sumbay, es de mayor área de drenaje y mayor precipitación, hasta su confluencia con el río Blanco tiene una cuenca de 2,450 km² y es tributario por la margen derecha, aunque se encuentra parcialmente regulada por el embalse Aguada Blanca, no existiendo sobre su cauce obras de regulación. La cuenca del río Sumbay, presenta tributarios importantes tales como el río Pausa por su margen izquierda, y por su margen derecha, mediante un tramo común corto, los tributarios Caquemayo, Challhuanca y Capillune.

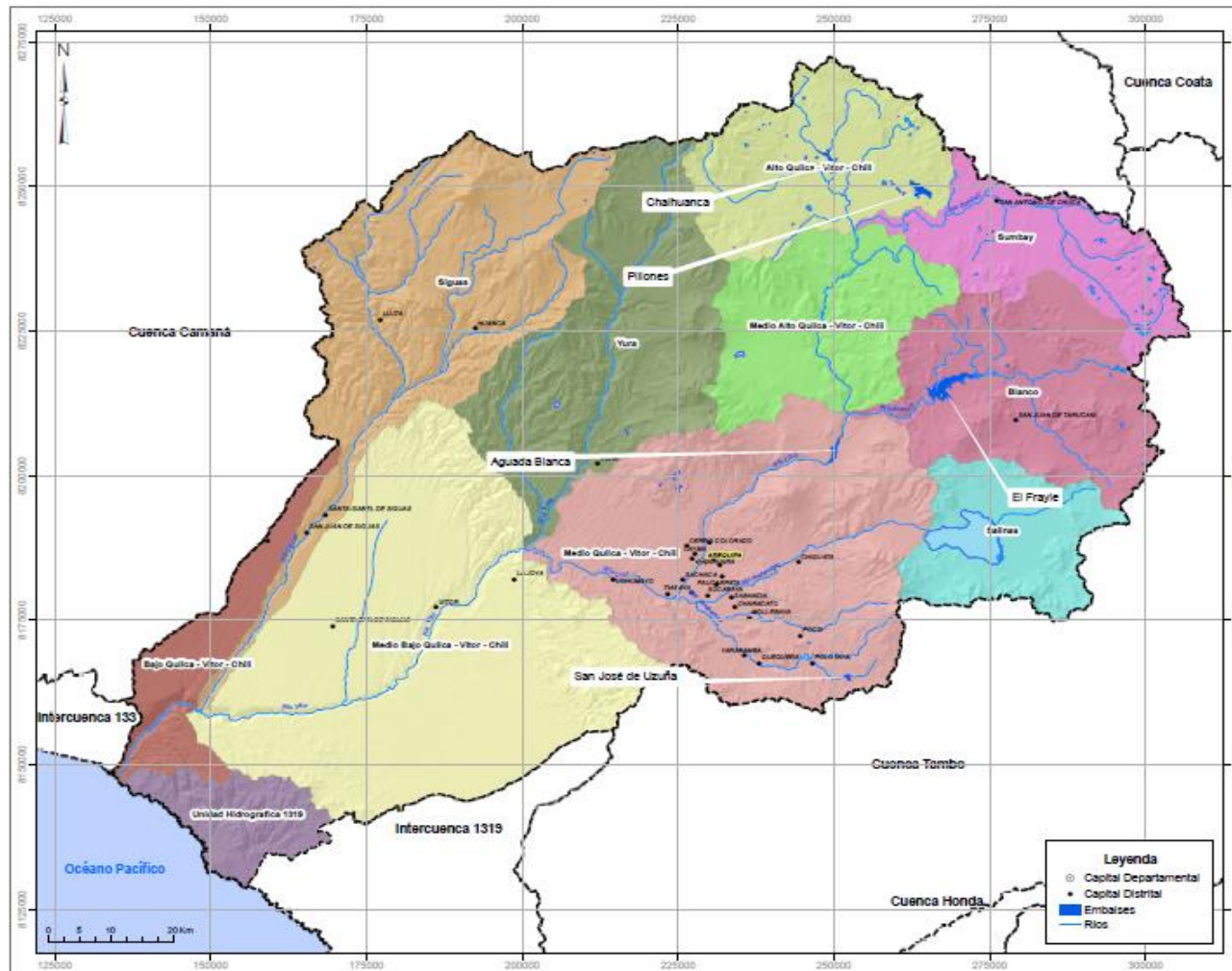


Figura N° 1 Recursos hídricos que conforman el Sistema Hidráulico Chili

Fuente: (ANA, 2013)

Según el diseño original, tiene una capacidad útil de 38.196 MMC y un volumen muerto de 5.322 MMC con un volumen total de 43.518 MMC. En el 2003 se hicieron trabajos batimétricos y topográficos los que verificaron se había sufrido una pérdida de almacenamiento significativa por acumulación de sedimentos. Por ese motivo se toma como datos más realistas que la capacidad útil es de 30'432,960 m³, su volumen muerto es de 654,706 m³ y su volumen Total es de 31'087,666 m³ (ANA, 2009).

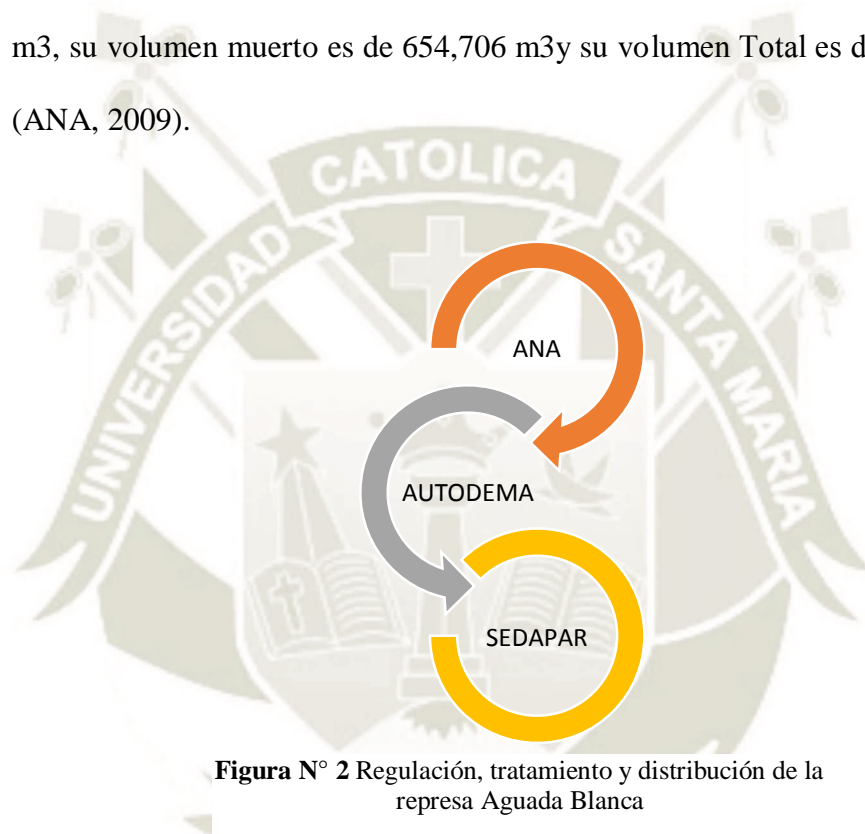


Figura N° 2 Regulación, tratamiento y distribución de la represa Aguada Blanca

Fuente: Elaboración propia

La represa de Aguada blanca se encuentra dentro de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca (RNSAB) se ubica entre las vertientes occidentales y la parte más occidental de la cordillera de los Andes en el sur del Perú, entre los 2800 y más de 6000 msnm, y recibe influencia directa de estos factores.

En la RNSAB tienen lugar precipitaciones en la época de verano, debido al descenso en latitud de la zona de convergencia intertropical y al alto permanente boliviano. También pueden darse precipitaciones en invierno, por el ingreso de masas de

aire frío polar (nevadas arequipeñas), alcanzando valores entre los 200 y 600 mm al año. De igual forma, la atmósfera es más diáfana, lo que determina que la insolación sea muy intensa. Sin embargo, a 3000 m la temperatura del aire es más elevada que en otras áreas de menor altitud. Esta diferencia se debe al hecho de que a gran altitud la superficie terrestre puede ser calentada por el sol, más que otra superficie situada a menor altitud, calentando el aire que está por encima de ella. Las elevaciones aisladas, como son las cumbres de las montañas, son más frías que las altiplanicies de idéntica elevación, ya que las primeras están expuestas a la enfriadora influencia de los vientos (Zeballos et al., 2010).

1.1.2 Principales usos

La represa Aguada Blanca constituye el sistema regulador, la cual receptiona el agua que descargan todos los embalses aguas arriba, cuyo caudal promedio es de 11.13 m³/s equivalente a 351 Hm³/año que pasan por dicho embalse (ANA, 2009).

Considerar los tiempos de retención en la represa, es de vital importancia en cuanto a la calidad del agua; ya que, a mayor tiempo de retención (TRH) o periodo de almacenamiento prolongado, los procesos de eutrofización se establecen en la masa de agua, y contribuye a la disponibilidad de nutrientes (N y P), por ende el TRH es un factor decisivo en la eutrofización de las masas de agua del sistema de embalses de la cuenca del Chili; siendo esto el principal problema para el sistema de tratamiento de agua potable, debido a la alta biomasa fitoplanctónica.

La producción hidroeléctrica del Sistema Charcani, administrado por EGASA, depende del caudal regulado en el embalse Aguada Blanca. El sistema, ubicado inmediatamente aguas abajo del embalse Aguada Blanca y antes de la primera toma para fines agrícolas y poblacionales (Canal Zamácola de La Campiña). Consta de un conjunto

de 6 hidroeléctricas, siendo la más importante la central hidroeléctrica de Charcani V. La potencia real total instalada alcanza a 163.46 MW, de los cuales 135 MW corresponden a Charcani V (ANA, 2014).

El servicio de agua potable en Arequipa es proporcionado por la Empresa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Arequipa, SEDAPAR. El recurso hídrico tiene origen en dos fuentes: una que proviene del caudal regulado en el río Chili (embalse de Aguada Blanca) y otra del manantial La Bedoya, ubicado en el distrito de Chiguata, y que pertenece a la cuenca del río Andamayo.

La agricultura de La Campiña y de las irrigaciones de La Joya, con 7,585 ha y 9,145 ha respectivamente, se sirve del Sistema Regulado Chili (embalses Aguada Blanca y El Fraile sobre la sub cuenca Chili) (ANA, 2014).

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Descripción del Problema

La represa de Aguada Blanca tiene como función almacenar, suministrar y garantizar el recurso hídrico de la ciudad de Arequipa y su embalse ocasiona estancamiento, durante éste se produce la contaminación eutrófica continua, produciendo un problema ambiental latente que años atrás afectó directamente a la población con la dotación de aguas que presentaban mal olor y coloración diferente a la habitual. Según (Martínez et al., 2009) la eutrofización es un problema asociado a la calidad de agua de embalses y lagos, ya que se caracteriza por el alto enriquecimiento de nutrientes, específicamente de nitrógeno y fósforo.

El embalse Aguada Blanca, según el diseño original, tiene una capacidad útil de 38.196 MMC y un volumen muerto de 5.322 MMC. Tiene un volumen total de 43.518

MMC. Trabajos batimétricos y topográficos en el año 2003, verificaron que este embalse había sufrido una pérdida de almacenamiento significativa por acumulación de sedimentos y el no funcionamiento, desde hace 20 años aproximadamente, de la compuerta vagón. Según esta nueva información, el embalse Aguada Blanca tiene los siguientes valores característicos: Capacidad útil 30'432,960 m³, volumen muerto 654,706 m³, volumen Total 31'087,666 m³ (ANA, 2009).

Debido a los problemas periódicos con el deficiente servicio de dotación de agua contaminada a la población no se obtienen los datos en el tiempo prudencial para evitar futuros acontecimientos de contaminación.

1.2.2 Formulación del Problema

¿Cuál es la calidad de agua del embalse de Aguada Blanca en la zona lacustre determinada por los parámetros que mide la sonda Hydrolab DS5 durante los periodos húmedos y de estiaje?

1.2.3 Sistematización del problema

¿Cuál es la zona lacustre para la evaluación de los periodos húmedos y de estiaje en la represa Aguada Blanca?

¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos que se monitorearán en la zona lacustre de la represa Aguada Blanca?

¿Cuáles son los parámetros hidrológicos que se monitorearan en de la represa Aguada Blanca?

¿Cuál es la relación de los parámetros fisicoquímicos e hidrológicos para determinar la calidad de agua de la represa Aguada Blanca durante los periodos 2016-2017?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar la calidad de agua de la represa Aguada Blanca con la sonda Hydrolab DS5 en la zona lacustre del embalse durante los periodos húmedos y de estiaje.

1.3.2 Objetivo específicos

- Establecer el punto de monitoreo en la zona lacustre para la evaluación de los periodos húmedos y de estiaje en la represa Aguada Blanca
- Determinar parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, conductividad, turbidez, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto y clorofila) en la zona de monitoreo en la represa Aguada Blanca
- Determinar parámetros hidrológicos (nivel de embalse, volumen útil, caudal de ingreso, descarga Charcani, descarga compuerta, descarga aliviadero y precipitación) de la represa Aguada Blanca
- Relacionar los parámetros fisicoquímicos e hidrológicos para determinar la calidad de agua de la represa Aguada Blanca durante los periodos 2016-2017

1.4 Justificación

1.4.1 Ambiental

La presente investigación pretende generar datos de referencia en función al análisis sobre la calidad de agua del embalse Aguada Blanca, que sirva como base para poder realizar una gestión adecuada del recurso hídrico del sistema Chile

regulado que no solo atienda a las necesidades de los diferentes sectores de la población sino que también integre al entorno ecológico. Para lograr esto se requiere conocer a detalle las condiciones ambientales existentes generando datos de referencia que permiten hacer estudios comparativos para determinar la variabilidad de la calidad del agua con el paso del tiempo.

1.4.2 Social

El agua de las represas tiene diferentes usos tales como agropecuario, poblacional, energético, industrial.

La represa Aguada Blanca, recibe todas las descargas del resto de presas, y al mismo tiempo es la que regula las descargas hacia el río Chili, según la demanda de los diversos usos; por ende, el monitoreo de la calidad de agua es de vital importancia ya que las fuentes de agua son sistemas altamente vulnerables y dicha información ayudaría a establecer los lineamientos que incorporen nuevas estrategias operativas que integren la adecuada gestión del recurso para los diferentes sectores de abastecimiento poblacional.

1.4.3 Económica

Al generar datos que sirvan de base para análisis comparativos aportando a la mejora de la gestión integral de los recursos hídricos se evita mayores costos en inversión productiva ya que minimizan costos de tratamiento si se toman medidas preventivas para la conservación de la calidad de agua. Mientras los niveles de calidad de agua no sean los adecuados traen un aumento en la inversión ya que es necesario realizar tratamientos más costosos para la mejora de la calidad de agua de uso poblacional, para procesos industriales, o pérdidas en el sector agropecuario.

1.5 Alcances del Proyecto

1.5.1 Temático

La presente investigación está delimitada temáticamente en la línea sobre el control de la calidad de aguas, mediante el dispositivo multiparamétrico Hydrolab DS5, ya que para abrir paso a futuras investigaciones y con el fin de realizar un control adecuado sobre la calidad del recurso, es necesario realizar estudios previos con instrumentos adecuados y que faciliten el procesamiento de información.

1.5.2 Espacial

El proyecto de investigación se realizó en el embalse de Aguada Blanca situado a unos 40 Km al este de la ciudad de Arequipa (Egúsqiza Economistas, 2009).

1.5.3 Temporal

El análisis de la calidad de agua del embalse de Aguada Blanca se realizó en base a los períodos húmedos y de estiaje en los años 2016-2017.

CAPÍTULO II: MARCO DE REFERENCIA

2.1 Antecedentes de la Investigación

En una investigación realizada por (Vera & Rosas, 2017) titulada *“Modelar la contaminación del agua de la represa de aguada blanca, por hierro y manganeso, entre la temporada de lluvias y el estiaje, para proporcionar agua de calidad a la población de Arequipa”* se realizó el monitoreo integral de la distribución de hierro y manganeso en el embalse Aguada Blanca a diversos niveles generando un perfil de estos contaminantes, para determinar el límite máximo de desembalse, que debe de tener la Represa de Aguada Blanca.

Utilizando los instrumentos como el turbidímetro y un multiparámetro, se llevó a cabo el muestreo, realizándose en tres niveles, uno en la columna de agua a diferentes niveles de profundidad el segundo se hizo para la determinación de los contaminantes Hierro total disuelto y Manganeso finalmente se determinó un muestreo de los contaminantes Hierro y Manganeso en el sedimento de la Represa. Luego del análisis de la información se concluyó que con el avance de los meses de estío, los valores de los contaminantes fueron incrementándose mes a mes y el mes de noviembre superaron los ECA´s.

Otra investigación efectuada por (Rodriguez, 2003) titulado *“Estudio de la problemática ambiental de eutrofización del embalse San Roque (Córdoba) aportes para la gestión del recurso”* en Argentina; se evaluó el estado de la calidad de las aguas del embalse, se identificaron y cuantificaron las principales fuentes de aporte de nutrientes y se analizaron medidas tendientes al control de la eutrofización siendo el principal objetivo aportar información útil para la gestión del recurso.

Se midieron parámetros in situ con la sonda Horiba U-10, asimismo se tomaron muestras de agua superficiales y de fondo en período de mezcla, las muestras de agua se obtuvieron con muestreadores de profundidad tipo Van Dorn de manera estacional en el embalse y sus tributarios, con la base de datos ya obtenida se hizo uso de modelos empíricos para la evaluación de la eutrofización FLUX, PROFILE Y BATHTUB. Aplicando los diferentes modelos empíricos; el Modelo BATHTUB clasificó al embalse San Roque como eutrófico, el Modelo FLUX estimó las cargas de P aportadas por los tributarios y el Modelo PROFILE obtuvo valores promedio de calidad de agua del embalse, analizó los patrones de distribución de éstos en el tiempo y espacio y visualizó la dinámica de estratificación.

En la investigación ejecutada por (Fajardo, 2018) titulada “*Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú*” se realizaron muestreos en 17 estaciones, en 15 se tomaron muestras superficiales y 2 muestras subterráneas, para determinar el grado de contaminación comparados con los ECA’s 2008, 2015 y 2017. Se utilizó frascos de plástico, de vidrio, preservantes como el HNO_3 , H_2SO_4 , geles refrigerantes, coolers, equipos y herramientas como bombas, bailers, cintas métricas, baldes, jarras y piezómetro de monitoreo todos estos según metodología del standard methods. De acuerdo a las tres zonas, la de mayor riesgo microbiológico se encontró cerca al asentamiento humano Valle Verde, asociación los Chancas. El impacto más severo se reflejó en los altos valores de coliformes fecales y coliformes totales siendo un ecosistema impactado, los valores de pH y oxígeno disuelto se encuentran dentro de los valores admisibles en la mayoría de las estaciones de muestreo, existe altas concentraciones en selenio, mercurio, arsénico, cobre, cadmio, plomo, zinc y talio

respecto al ECA, lo que significa un considerable impacto en la biota acuática, la salud pública y la calidad del agua subterránea.

Una investigación desarrollada por (Lucas, 2014) titulada *“Estudio de la calidad de agua de la represa San Vicente - Colonche, mediante el uso de índices de Calidad de Agua (ICA) y macroinvertebrados acuáticos indicadores (MAIA) de enero a septiembre del 2013”* en Ecuador; se analizaron los parámetros fisicoquímicos: OD, DBO, pH, STD, coliformes totales y fecales, fosfatos, nitrato, turbidez y temperatura del agua en 4 estaciones fijas, junto a la identificación de macroinvertebrados acuáticos se determinó la calidad de agua.

Se realizaron muestreos *in situ* con el multiparámetro (YSI), llevándose algunas muestras al laboratorio y se realizaron los procedimientos establecidos. Se calculó el ICA asignándoles un valor a cada parámetro medido y se elaboró una malla surber para la recolección de MAIA. Finalizado el procedimiento esta investigación clasificó como poco contaminada a la Represa San Vicente de Colonche, teniendo una relación directa entre el ICA y el MAIA; asimismo la capacidad de ciertos organismos se ve reflejada a ser más resistentes o tolerantes.

En una investigación realizada por (Yungán, 2010) titulado *“Estudio de la calidad de agua en los afluentes de la microcuenca del Rio Blanco para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo”* en Ecuador; se hicieron mediciones fisicoquímicas, se determinó el ICA y se recolectaron bioindicadores (macroinvertebrados).

Se realizaron muestreos *in situ* con la metodología y materiales del KIT de análisis de calidad de agua comprendidos en el proyecto, en diferentes puntos de monitoreo. De acuerdo al ICA todos los afluentes de la microcuenca del río Blanco se encuentran

consideradas como aguas de calidad buena, mientras que la desembocadura es regular, el monitoreo biológico determino la zona más alta como aceptable, la zona media como dudoso y la desembocadura como crítica.

2.2 Marco Teórico de referencia

2.2.1 Generalidades

Según ANA (2014) el agua del embalse de Aguada Blanca se encuentra afectado por aluminio (1.64 mg/L) y hierro (1.633 mg/L), valores que excedieron los ECA Cat. 1-A2; sus aguas son eutrofizadas con concentraciones de fósforo total que osciló entre 0.028 y 0.104 mg/L, elevada concentración fitoplanctónica que fluctuó entre 3025 cel/mL y 43966 cel/m, registrando la concentración más elevada respecto a los demás embalses. Se reportó la presencia de 44 especies de microalgas, de las cuales la más abundante fue la diatomea *Asterionella sp* (88.57%), el grupo de las cianobacterias no fue representativa y fue menor al 2%.

La represa tiene un periodo de retención hidráulica de 14.48 días, tiempo considerado corto, sin embargo la masa de agua se encuentra eutrofizada debido a que las aguas llegan a este vaso en esas condiciones.

2.2.2 Calidad del agua

Se entiende como calidad del agua a las características químicas, físicas y biológicas del agua. Estos atributos afectan la aptitud del agua para el consumo humano (consumo de agua, riego, uso industrial) y la salud del ecosistema. Los constituyentes químicos del agua son sustancias que se disuelven en el agua, incluidos los gases (p. Ej., Oxígeno y dióxido de carbono), metales (p. Ej., Hierro y plomo), nutrientes (p. Ej., Nitrógeno y fósforo), pesticidas (p. Ej., Atrazina y

Endosulfán) y otros compuestos orgánicos (por ejemplo, bifenilos policlorados). Las características físicas más comunes del agua son el color, el olor, la temperatura, el sabor y la turbidez, mientras que los constituyentes biológicos del agua son organismos vivos que incluyen bacterias (p. Ej., *Escherichia coli*), virus, protozoos (p. Ej., *Criptosporidiosis*), fitoplancton (p. Ej., Microscópico algas), zooplancton (es decir, animales diminutos), insectos, plantas y peces (Yuncong & Migliaccio, 2011).

La calidad del agua se define en función de un conjunto de características que son variables fisicoquímicas o microbiológicas, así como de sus valores de aceptación o de rechazo, la calidad físico-química del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud (OMS, 2008), se puede determinar comparando los atributos de las variables físicas y químicas de una muestra de agua con los estándares preestablecidos de calidad del agua (ONU - DAES, 2014), la evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud (OPS, 2004).

Mundialmente el mayor problema encontrado con respecto a la calidad de agua es la eutrofización, se define así al aumento de los niveles de nutrientes (generalmente fósforo y nitrógeno) esto afecta gravemente a la versatilidad de uso del agua. El agua contaminada irreversiblemente no puede utilizarse para consumo y uso humano, para la industria o la agricultura disminuyendo aún más el volumen de agua potable (ONU - DAES, 2014).

2.2.3 Parámetros de la calidad del agua

2.2.3.1 Parámetros físicos

2.2.3.1.1 Conductividad:

En la Norma (UNE-EN 27888, 1993) nos aclara que el agua por sí misma no tiene la propiedad de la conductividad, se comporta más bien como un aislante; son las sustancias disueltas en ella lo que permite que se conduzca la corriente eléctrica (Aznar, 2000).

2.2.3.1.2 Temperatura

La intervención de la temperatura es muy importante en varios otros parámetros ya que afecta la solubilidad de los gases disueltos en el agua. Las variaciones de temperatura del agua se producen debido a las variaciones de la temperatura ambiente originadas en el ciclo natural de las estaciones (Fernández, 2012). Un aumento en la temperatura puede modificar la solubilidad, aumenta los sólidos disueltos y disminuye los gases disueltos, otro efecto es el aumento de actividad biológica de acuerdo a la ley del Q_{10} (que se duplica cada 10 grados de temperatura) mientras que las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos (Aznar, 2000).

2.2.3.1.3 Sólidos totales

Según la norma (UNE EN 77030, 1982) se le conoce como sólido los compuestos que están en una suspensión. Los sólidos totales es la cuantificación de todos los compuestos no volátiles presentes, es recomendable separar los sólidos totales en 2 grupos llamados sólidos

disueltos y sólidos sedimentables. El primero se extraer por medio de la filtración al vacío mientras que el segundo se separar por gravedad en un cono de sedimentación y nos permite saber cuánto lodo se produce en la decantación primaria. Los sólidos sedimentables son los causantes de la turbidez (Aznar, 2000).

2.2.3.1.4 Turbidez:

Es un parámetro usado habitualmente en aguas naturales como indicador de la presencia de sólidos, especialmente coloidales. Conforme a la a la norma UNE EN 27027:1995 se produce la turbidez cuando los sólidos totales dispersan la luz que atraviesa el agua, esta es una medida importante en las mediciones de calidad de agua porque las pequeñas partículas coloides suelen estar formadas que proviene de la erosión y transporte de materia por parte de los ríos en su recorrido (Fernández, 2012).

2.2.3.2 Parámetros químicos

2.2.3.2.1 Índice de hidrógeno o pH:

El pH se evalúa midiendo la concentración de hidrógenos dándonos como respuesta si la sustancia es ácida, neutra o básica. Se mide en una escala que va del 0 al 14 donde el pH 7 se toma como una sustancia neutra, es decir, con igual cantidad de iones hidrógenos y oxhidrilos; del 0 al 7 es una sustancia acida con mayor cantidad de hidrógenos sueltos y de 7 a 14 se considera básica con mayor cantidad de oxhidrilos. Es un parámetro de calidad de gran importancia puesto que puede aumentar la proliferación y desarrollo de gran parte de la vida biológica (Metcalf & Eddy INC, 1995).

2.2.3.2.2 *Sulfatos:*

Los sulfatos son iones que bajo la acción bacteriana son reducidos a sulfuros y ácido sulfhídrico, otra forma de encontrarlo en la naturaleza es en sulfatos como resultado de desechos industriales, en lluvias acidas e incluso en el agua de consumo. El sulfato no es muy toxico pero en grandes concentraciones provoca dolencias gastrointestinales por su efecto laxativo (GESTA AGUA, 2005).

2.2.3.2.3 *Nitratos:*

El amoniaco es un compuesto consecuencia de la biodegradación de compuestos orgánicos como las proteínas, presentes en todo ser vivo, posteriormente por efecto de la oxidación aeróbica producida por microorganismos se forma los nitritos y luego nitratos. Saber esta cadena nos ayuda a concluir que mientras mayor cantidad de amoniaco en una muestra, la contaminación de esta fue reciente; mientras que a un alto contenido de nitratos y bajo amoniaco se deduce que la contaminación fue antigua (GESTA AGUA, 2005).

2.2.3.2.4 *Cloruros:*

La concentración de los cloruros es una característica del agua usualmente por la cloración como parte del proceso de desinfección, también se han encontrado como efecto de las descargas en la industria petrolera. El contenido alto de cloruros en el agua trae como consecuencia el daño y crecimiento vegetal elevado en las tuberías y en la salud humana no hay toxicidad a menos que sea en muy altas concentraciones, sin

embargo su presencia provoca un sabor amargo salobre (GESTA AGUA, 2005).

2.2.3.2.5 *Dureza total:*

Se define como la suma de todos los cationes multivalentes presentes en el agua. Se denomina dureza al contenido de iones en una muestra de agua, específicamente sobre los iones de calcio y magnesio, y en menor proporción al estroncio, hierro y bario. La manifestación más evidente de la dureza del agua es la precipitación de sales insolubles de los jabones (Fernández, 2012).

2.2.3.3 *Parámetros microbiológicos*

2.2.3.3.1 *Coliformes:*

Otro parámetro importante en el estudio de aguas son los organismos patógenos por ello, se utiliza como indicador a los organismos coliformes pues son fáciles de analizar (Metcalf & Eddy INC, 1995). Se conforman por bacterias Gram -, no formadoras de esporas, fermentan lactosa y producen gas y ácido en 48 horas. En la Figura N° 3 se describen a los microorganismos específicos que se emplean como indicadores de la contaminación humana:

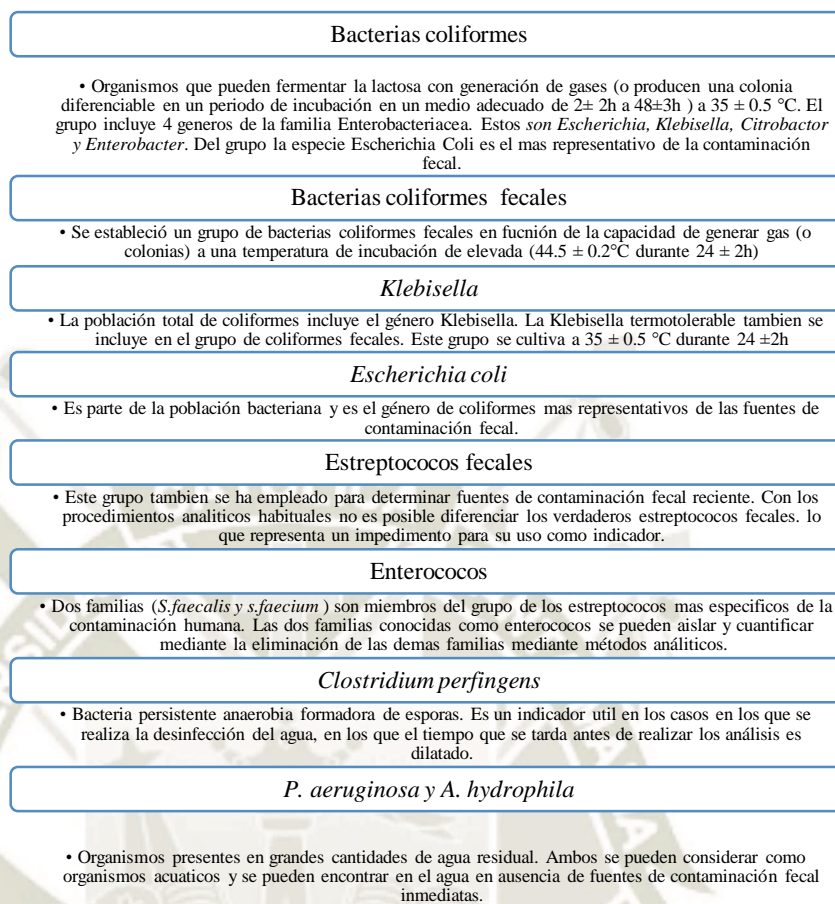


Figura N° 3 Microorganismos indicadores de la contaminación humana

Fuente: (Metcalf & Eddy INC, 1995)

2.2.3.3.2 Bacterias heterotróficas:

Las bacterias heterotróficas son aquellas que para su fuente de energía utilizan compuestos orgánicos, por ejemplo, aminoácidos o proteínas, compuestos que tienen en su estructura química el carbono orgánico. Esta categoría es más amplia que la anterior pues engloba tanto a saprofitas como patógenas. Este es un buen indicador de la carga bacteriana pues contabiliza a mayor cantidad de especies, su unidad es el UFC (unidades formadoras de colonias) y recuenta aquellas bacterias que son viable. El estudio de

bacterias heterotróficas es un complemento de las coliformes, ambas son indispensables para el estudio de calidad de agua (Amado, 2018).

2.2.4 Parámetros recomendados en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales

Los "usos designados" de un cuerpo de agua pueden ser numerosos y bastante diversos, pero la mayoría se agrupan a menudo en cuatro categorías generales: (1) suministro de agua para uso agrícola e industrial, (2) recreación, (3) abastecimiento público de agua, y (4) vida acuática (Yuncong & Migliaccio, 2011).

En la Tabla N° 1 se presentan los parámetros mínimos a considerar de acuerdo con la categoría del recurso hídrico asignada por la ANA a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, estos últimos aprobados por el MINAM (D.S. N° 004-2017-MINAM).

Tabla N° 1 Parámetros mínimos recomendados para monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales

PARÁMETROS	CATEGORÍA 1	CATEGORÍA 2	CATEGORÍA 3	CATEGORÍA 4:	
	Poblacional y recreacional	Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales	Riego de vegetales y bebida de animales	Conservación del ambiente acuático	
				Lagos, lagunas, embalses	Mar
Parámetros de campo	pH, T, Cond, OD	pH, T, OD	pH, T, Cond, OD	pH, T, Cond, OD	pH, T, OD
Parámetros físico - químicos	DBO, A y G, N-NO, N-NH, P, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn)	DBO, A y G, SST, N-NO, P, sulfuros metales (As, B, Ba, Cd, Cu, Cr-6, Hg, Ni, Pb, Zn)	DBO, A y G, N-NO, sulfatos, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn)	DBO, A y G, SST, N, N-NQj, N-NH, P, metales (As, Ba, Cd, Cu, Cr-6, Hg, Ni, Pb, Zn), sulfuros	DBO, A y G, N-NO, N-NH, P, metales (As, Cd, Cu, Cr-6, Hg, Ni, Pb, Zn)
Parámetros microbiológicos	Coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Organismo de vida libre	Coliformes termotolerantes	Coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Huevos y larvas de helmintos.	Coliformes termotolerantes	

Fuente: (ANA, 2016a)

En la tabla N° 2 se muestran los parámetros que se evalúan con respecto al decreto DS N°004-2017.

Tabla N° 2 Parámetros a evaluar según valores ECA

PARÁMETRO A EVALUAR	SIMB	UND	VALORES ECA - Aguas
Potencial de Hidrogeno	Ph	Und	5.5 – 9.0
Oxígeno Disuelto	OD	mg/L	>=5
Sólidos Disueltos Totales	TDS	mg/L	1000
Turbidez	Turb.	NTU	100
Conductividad	Cond.	μS/cm	1600
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	20
Nitrógeno en Nitratos	N-NO ₃	mg/L	50
Nitrógeno en Nitritos	N-NO ₂	mg/L	3
Nitrógeno en Nitrato Amoniacal	N-NH ₃	mg/L	1.5
Nitrógeno Total ⁽¹⁾	N _t	mg/L	0.315
Fosforo Total ⁽²⁾	P-PO ₄	mg/L	0.15
Arsénico	As	mg/L	0.01
Cadmio	Cd	mg/L	0.005
Hierro	Fe	mg/L	1
Cobre	Cu	mg/L	2
Níquel ⁽³⁾	Ni	mg/L	0.025
Plomo ⁽⁴⁾	Pb	mg/L	0.05-0.0025
Zinc ⁽⁵⁾	Zn	mg/L	5
Clorofila-a ⁽⁶⁾	-	μg/L	8

FUENTE: DS N°004-2017-MINAM

2.2.5 Sonda de monitoreo Hydrolab DS5

La sonda Hydrolab DS5 está diseñada para utilizarla *in situ*, alcanzando a medir 15 parámetros simultáneamente, tiene una batería incorporada la cual apoya en su utilización, cuenta con algunas especificaciones para el uso como; evitar tomar la medida cerca de lugares que puedan contener factores limitantes en la toma de datos, tener cuidado con los sensores a la hora de sumergir la sonda en el cuerpo de agua, limpiar y calibrar la sonda para cada muestreo usando materiales específicos. Para la comunicación de los datos tomados se utiliza el software Hydras 3LT el cual arroja el valor de los parámetros en hojas de cálculo EXCEL (Hach Company, 2005).

2.2.6 Eutrofización del agua

La organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) define la eutrofización como: “enriquecimiento de las aguas con sustancias nutritivas que conducen generalmente a modificaciones sintomáticas tales como producción acelerada de algas y plantas acuáticas, degradación de la pesca, deterioro de la calidad del agua, así como de todos sus usos en general”.

El deterioro más común de las aguas superficiales es la eutrofización causada por el excesivo ingreso de fósforo y nitrógeno proveniente de la degradación de la materia orgánica de los desechos vertidos en ellas y/o de las escorrentías de zonas agropecuarias, lo cual tiene varios efectos negativos sobre los ecosistemas acuáticos, quizás la consecuencia más visible sea la proliferación de algas y macrófitas (plantas acuáticas) cuya presencia degrada la calidad del agua e interfiere con el uso de la misma para pesca, recreación, industria, agricultura y bebida (Fontúrbel, 2005).

El desarrollo de estos organismos provoca opacidad, que impide que la luz penetre hasta regiones profundas de la columna de agua, impidiendo que se lleve a cabo la fotosíntesis en lugares cada vez menos profundos y por lo tanto, disminución en la producción de oxígeno libre; simultáneamente aumenta la actividad metabólica consumidora de oxígeno de los organismos descomponedores, que empiezan a recibir excedentes de materia orgánica generados en la superficie.

Lo anterior hace que el fondo del ecosistema acuático se vuelva en un ambiente anaerobio, generando una bioacumulación de sustancias tóxicas y gases, por ejemplo, anhídrido sulfuroso (H_2S), metano (CH_4) y anhídrido carbónico (CO_2). Estas sustancias son en su mayoría de veces tóxicas para las especies marinas y la biota que puedan proliferar allí, sin embargo si crecen organismos patógenos (Moreno et al., 2010).

Las cianobacterias o algas verde-azuladas, son organismos ampliamente distribuidos a nivel mundial, generalmente suelen ser el grupo con mayor abundancia y diversidad en los ecosistemas acuáticos límnicos que en los estuarios y costeros. A nivel mundial, estiman que más del 50 % de las floraciones de cianobacterias de aguas continentales, son tóxicas, ya que algunas especies producen cianotoxinas. Básicamente estos compuestos tienen acción neurotóxica, dermatotóxica, gastrotóxica y hepatotóxica, que en el hombre pueden causar desde ligeros malestares digestivos hasta muerte por asfixia o deshidratación, los efectos van a depender de la especie dominante en la floración, su nivel de toxicidad, el tipo de toxina, el grado de exposición a la toxina y las características del organismo afectado (Roset et al., 2001).

Solo ciertas especies de cianobacterias producen cianotoxinas, aunque especies de cianobacterias toxígenas, no siempre producen cianotoxinas y la producción depende en específico de la especie y de la cepa. Algunas cianotoxinas pueden ser producidas por más de una especie de cianobacteria e igualmente la misma especie de cianobacteria puede producir más de una cianotoxina, Las cianotoxinas pueden estar ligadas a la membrana o libres dentro de las células de las cianobacterias, típicamente las cianotoxinas son liberadas pasivamente durante la senescencia, lisis y muerte celular, más que por continua excreción (Rodríguez Uro, 2017). En la figura N° 4 se muestran las características de las toxinas producidas por cianobacterias de ambientes acuáticos continentales.

Toxinas	Compuesto	Modo de acción	Principales géneros
Hepatotoxinas			
Microcistinas	Heptapéptidos cíclicos (más de 80 variantes)	Inhiben las proteina-fosfatasas hepáticas, induciendo la hiperfosforilación de filamentos del citoesqueleto Daños hepáticos	<i>Microcystis</i> <i>Planktothrix</i> <i>Oscillatoria</i> <i>Anabaena</i> <i>Nostoc</i> <i>Anabaenopsis</i> <i>Aphanocapsa</i>
Nodularina	Pentapéptido cíclico (aprox. 8 variantes)	Similar a las microcistinas	<i>Nodularia</i>
Cylindrospermopsina (Algunos autores la clasifican como "citotoxina")	Alcaloide guanidínico cíclico (aprox. 3 variantes)	Inhibe la síntesis proteica. Efecto predominantemente hepatotóxico Produce severas lesiones necróticas en hígado, riñón, pulmón, bazo e intestino de mamíferos	<i>Cylindrospermopsis</i> <i>Anabaena</i> <i>Aphanizomenon</i> <i>Raphidiopsis</i> <i>Lyngbya</i>
Neurotoxinas			
Saxitoxinas	Alcaloides carbamatos no sulfatados (saxitoxinas), monosulfatados (goniautoxinas) o disulfatados (C-toxinas) (aprox. 20 variantes)	Inhibe la transmisión nerviosa a través del bloqueo de los canales de sodio en las células induciendo parálisis muscular	<i>Anabaena</i> <i>Aphanizomenon</i> <i>Cylindrospermopsis</i> <i>Lyngbya</i> <i>Raphidiopsis</i>
Anatoxina-a/Homoanatoxina a	Alcaloides (2 variantes)	Bloquea los receptores nicotínicos y colinérgicos post-sinápticos neuromusculares Mimetizan la acción de la acetilcolina	<i>Planktothrix</i> <i>Oscillatoria</i> <i>Phormidium</i> <i>Anabaena</i> <i>Aphanizomenon</i> <i>Raphidiopsis</i>
Anatoxina-a(s)	Organofosforado natural	Inhibe la actividad de la acetilcolinesterasa, mas tóxica que la anatoxina-a	<i>Anabaena</i>

Figura N° 4 Características de las toxinas producidas por cianobacterias de ambientes acuáticos continentales

Fuente: (Rodríguez Uro, 2017)

2.2.7 Niveles máximos de referencia para cianotoxinas

Las toxinas que se pueden producir por cianobacterias son metabolitos secundarios biológicamente activos, se encuentra en la pigmentación que está dentro del citoplasma. Estas pueden llegar a ser peligrosas, en especial las microcistinas por eso es recomendable monitorear este valor como un parámetro de calidad y salubridad. Recién en 1998 la Organización Mundial de la Salud establece como valor provisional de referencia 1 mg/litro como nivel máximo aceptable para el consumo diario de microcistina tipo LR en aguas de abastecimiento (Gupta, 1998). Otro aporte en cuanto a la prevención de la salud, se dio cuando el Ministerio de Sanidad y consumo de España en febrero del 2003 estableció criterios sanitarios de la calidad del agua para consumo humano, mediante el cual regulo como parámetro máximo la concentración de microcistina 1 $\mu\text{g/l}$, varios otros países de la Unión Europea siguen este decreto y regulan en un parámetro de 1 a 1,5 ppb (Ministerio de Sanidad y Consumo del Reino de España, 2003).

Aún hay varios vacíos legales alrededor a este tema, sin embargo, la OMS promueve la prevención dando criterios básicos, como el monitoreo de las zonas de recreación acuáticas que tengan más de 20 000 células de cianobacterias que puedan producir toxinas (Gupta, 1998).

2.2.8 Métodos de monitoreo de agua en represas

El uso constante e indebido del agua ha generado una preocupación a nivel político y social, para sopesar este hecho la (ANA, 2016a) presenta el Protocolo Nacional para monitores de la calidad de los recursos hídricos superficiales, generando un modelo estándar en las evaluaciones de la calidad de agua. El uso de

este protocolo y sus procedimientos estandarizados en todas las fases del monitoreo reduce y elimina errores en el monitoreo.

2.2.8.1 Monitoreo de un cuerpo de agua léntico

Un cuerpo de agua léntico es aquel que no tiene corriente ni fluye, en estos se consideran los lagos, lagunas, embalses, pantanos, entre otros. Los puntos de control se suelen ubicar fuera de la zona de mezcla y se consideran como mínimo 4 puntos de control en un radio de 200 metros alrededor del dispositivo de descarga, si el dispositivo cuenta con un informe que especifique que la zona de mezcla es mayor a 200 metros los puntos de control estarán ubicados con mayor distancia entre ellos.

Puede existir casos en el que con un solo punto de control sea suficiente siempre que este punto sea estratégico y se pueda medir varios parámetros como caudal de descarga máxima, temperatura y conductividad eléctrica entre otros. Otro caso especial es si existe usos de agua u otros vertimientos cerca del vertimiento principal para esto se colocará un instrumento de medición por vertiente extra.

Las muestras se tomarán de varias profundidades diferentes para su mejor estudio, la principal es en la superficie; si hubiese puntos con más de 5 metros de profundidad se extraerá muestras de 50 cm de la superficie para evaluar el sustrato y si el punto tuviese 10 metros de profundidad además de las 2 anteriores también se extrae una muestra de la mitad de la columna de agua (ANA, 2016a).

2.2.8.2 Establecimiento de una red de puntos de monitoreo en lagos lagunas y embalses

Según (ANA, 2016a) como primera instancia todos los recursos hídricos lentos deben tener descritos su información cartográfica (desembocadura de ríos, principales centros poblados, zonas urbanas, vertimientos autorizados) y actividades cercanas (fuentes contaminantes, pasivos mineros, hidrocarburíferos, agrícolas, actividades productivas e industriales, zonas acuícolas y recreativas). Con estos datos se puede proponer una red de puntos de monitores, considerando los siguientes criterios:

- Los puntos de monitores se deben ubicar en espacios donde se desarrollan actividades específicas (zona de pesca, recreación, acuicultura, etc.) o en zonas de una importancia especial por su actividad.
- Los puntos de monitores se definen por el tamaño de la zona de interés.
- En las zonas donde no haya influencia de las actividades del ser humano se tomarán como blanco.
- Los puntos con puntos de profundidad mayores a 6 metros, las muestras serán de la superficie, termoclina y a un metro de fondo. La profundidad denominada termoclina se determina midiendo la temperatura en la columna de agua y determinando en que zona ésta varía. Este proceso de medición de temperatura se da con ecosondas de profundidad.

2.2.9 Zonificación de los embalses

De acuerdo con (Roldán & Ramírez, 2008) los embalses tienen un tipo de zonificación horizontal, se encuentran 3 zonas dentro, con características independientes entre ellos.

2.2.9.1 Zona ribereña (cola del embalse)

Se caracteriza por tener restos vegetales mezclados con sedimentos clásicos como rocas. La velocidad del flujo es baja por eso las partículas de arena, limo y material vegetal sedimentan. Suele tener poca profundidad por lo que proliferan vida aeróbica. Las algas en suspensión no se mantienen mucho en estas zonas debido al poco movimiento, velocidad disminuida y turbulencia baja genera una alta turbidez y la fotosíntesis se ve afectada.

2.2.9.2 Zona de transición (zona media del embalse)

En esta zona se ven arcillas y limos pesados sedimentados. También se puede ver materia orgánica particulada. Se aprecia un estado de anoxia, es decir la falta de oxígeno en las células del lugar, y eso se da por procesamiento biológico de la materia orgánica que agota el oxígeno. Todas estas condiciones aceleran la desnitrificación del fósforo, el manganeso y el hierro, y la liberación de ácido sulfhídrico en el agua. Una característica muy observada en esta zona es su dinámica de flujo turbulento.

2.2.9.3 Zona lacustre (zona de presa)

Es la parte con mayor profundidad del embalse como se muestra en la figura N° 5, sus características son similares a los lagos en esta etapa. Se observa la formación de plancton, hay poca sedimentación de la materia

inorgánica y la luz que ingresa es normal permitiendo la fotosíntesis limitada. Existe en esta zona una limitación potencial de nutrientes y la producción de material orgánico es mayor al que se encuentra en la zona de mezcla.

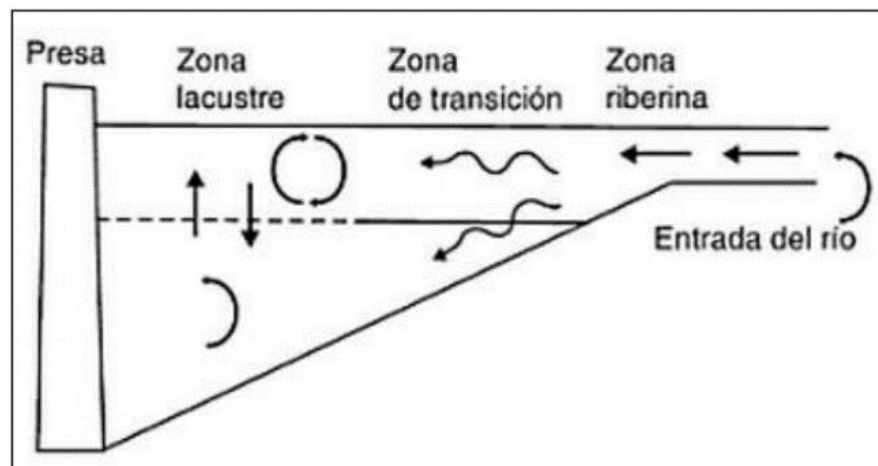


Figura N° 5 Zonas de un embalse

Fuente: (Roldán & Ramírez, 2008)

CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

3.1 Aspectos metodológicos de la Investigación

3.1.1 Diseño de Investigación

La presente investigación se enmarca en el diseño no experimental ya que no se pretende manipular ninguna variable. Y se recogió los datos directamente de la unidad de análisis para observar y analizar los fenómenos en su ambiente natural.

3.1.2 Tipo de Investigación

El nivel de investigación es longitudinal de tipo tendencia. Según Hernández et al. (2014), son estudios que recaban datos en diferentes puntos del tiempo, para realizar inferencias acerca de la evolución del problema de investigación o fenómeno para una misma población.

3.1.3 Métodos de Investigación

La presente investigación tiene enfoque cuantitativo con alcance descriptivo, según Hernández et al. (2014) una investigación de tipo cuantitativo mide las variables en un determinado contexto; se analiza las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones buscando especificar las propiedades o las características de grupos, procesos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.

Para el desarrollo se llevó a cabo un monitoreo puntual en la represa Aguada Blanca, en el que, con el uso de la sonda multiparamétrica Hydrolab DS5 se realizaron las mediciones respectivas de los parámetros establecidos.

3.1.4 Variables

Tabla N° 3 Operacionalización de Variables

Variable	Dimensión	Indicador
Calidad de Agua	Parámetros fisicoquímicos	Profundidad (m)
		Temperatura (°C)
		pH (Units)
		Conductividad (µS/cm)
		Turbidez (NTU)
		Sólidos Totales Disueltos (g/l)
		Oxígeno Disuelto (mg/l)
		Clorofila (µg/l)
	Parámetros hidrológicos	Nivel de Embalse (msnm)
		Volumen Útil (Hm ³)
		Ingreso (m ³ /s)
		Descarga Charcani (m ³ /s)
		Descarga Compuerta (m ³ /s)
		Descarga aliviadero
Precipitación (mm.)		

Fuente: Elaboración Propia

3.1.5 Técnicas e instrumentos de investigación

Se ha utilizado como fuente primaria de información la data de los monitoreos correspondientes a la época seca y húmeda de los años 2016 – 2017 proporcionada por la sonda multiparámetro para la calidad de agua Hydrolab DS5, la que posee sensores Hydrolab acreditados en una plataforma de multiparámetros tanto para la medición puntual y de perfiles, así como el monitoreo continuo de datos sin vigilancia.

Así mismo se ha realizado la revisión documentaria de antecedentes investigativos, revistas, revisión de protocolos y guías relacionadas.

3.1.6 Métodos de análisis de datos

La comunicación de datos se realizó mediante el Software Hydras 3 LT ya que es compatible y permite el funcionamiento completo de las series 4a y 5 de Hydrolab y posee la capacidad de descarga de múltiples sondas simultáneas. Posteriormente se han sometido los resultados al tratamiento estadístico a través del programa SPSS para su respectivo análisis.

3.1.7 Unidad de monitoreo

Se ha determinado al embalse de Aguada blanca como la población a monitorear, registrándose datos de monitoreo fisicoquímicos e hidrológicos en diferentes periodos (época seca-húmeda) de los años 2016-2017.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA Y EXPERIMENTACIÓN

4.1 Ubicación del punto de monitoreo

El embalse Aguada Blanca se encuentra ubicado sobre el río Chili aguas abajo de la confluencia de los ríos Blanco y Sumbay, a una altitud media de 3,650 msnm.

Para la presente investigación y conforme al protocolo de monitoreo de aguas superficiales se estableció el punto de monitoreo en la zona lacustre del embalse, en las coordenadas.

UTM 249320 E 8202527 N.

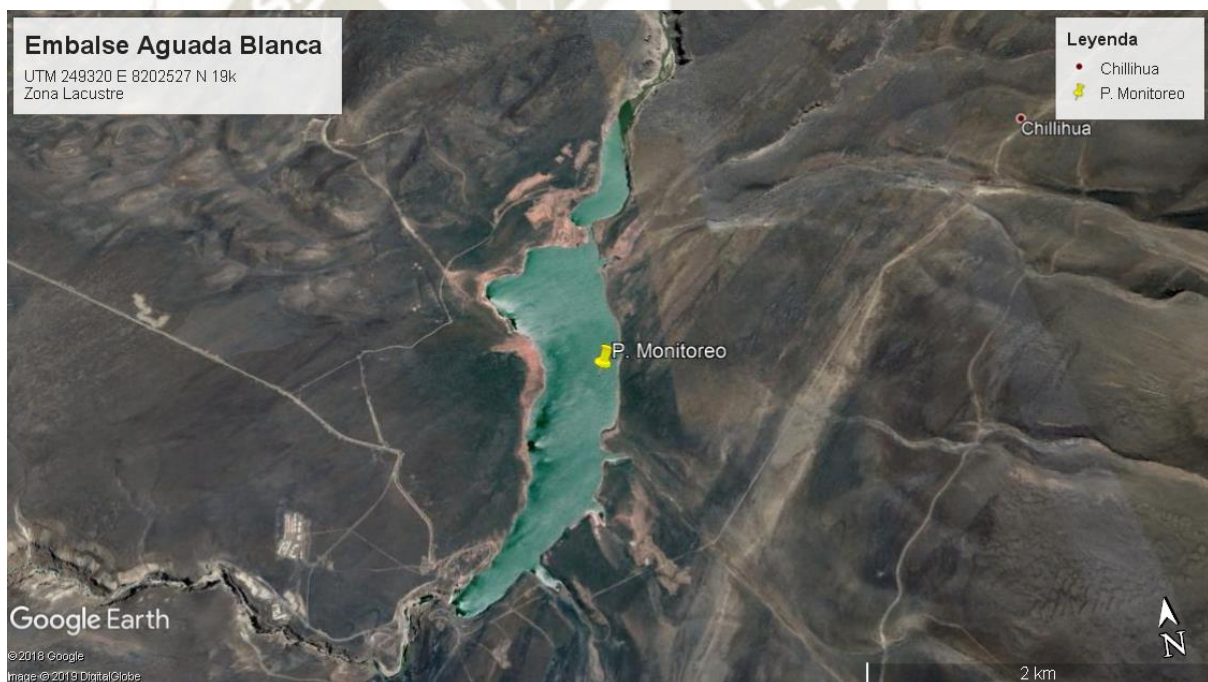


Figura N° 6 Identificación del punto de monitoreo-Embalse Aguada Blanca

Fuente: Google Earth

4.2 Metodología de toma de datos

4.2.1 Pre- monitoreo

4.2.1.1 Criterios de evaluación

Los criterios tomados en cuenta para la evaluación de la calidad del agua del embalse de la Represa Aguada Blanca, han sido tomados del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos.

La evaluación se realizó comparando los valores de los parámetros analizados con los valores de los ECA de la categoría 1-A2.

El oxígeno disuelto, es un parámetro que permite determinar la presencia de material biológico en zonas anóxicas, el incremento de oxígeno disuelto favorece condiciones de vida de las especies acuáticas.

El potencial de hidrogeno en estados anóxicos en presencia de un estado de Eutrofización tiende a elevar su valor por la ausencia de oxígeno. Con respecto a la temperatura en los embalses esta puede variar de acuerdo al clima y a la presencia de estratos.

Otro parámetro importante a considerar son los sólidos totales disueltos. Estos generan alteraciones en el tratamiento de agua, en exceso pueden adherirse a las partículas ionizadas de fosforo formando los fosfatos, las aguas que presenta un incremento de nutrientes generalmente presenta unos valores de STD altos.

4.2.1.2 Establecimiento de la zona lacustre de monitoreo

Se consideró principalmente la zonificación y accesibilidad a la represa, eligiéndose la zona lacustre entre las demás zonas (ribereña o cola del embalse, zona media del embalse o de transición), asimismo existe una sola manera de ingresar a la represa, se realizó por la trocha en la zona oeste de la misma, hasta la que pudimos acceder caminando desde la entrada a la represa donde existe un punto de control monitoreado de forma permanente o también en un vehículo dependiendo de los permisos que nos pueda otorgar la autoridad competente, en dicho punto subimos al bote motorizado proporcionado por AUTODEMA, llevamos con nosotros el equipamiento necesario para toma de datos.

Según Roldán & Ramírez (2008), esta zona es la más profunda teniendo semejantes propiedades a las de un lago, mengua la sedimentación del material inorgánico, contribuyendo de este modo en la toma de parámetros fisicoquímicos in situ, la cual se llevó a cabo en época húmeda y seca respectivamente.

El aplicativo móvil Handy GPS fue usado para la geolocalización, es útil para aplicaciones de topografía, minería, arqueología y silvicultura. Permite trabajar en coordenadas UTM o lat / lon lo que incluso se puede usar con mapas topográficos.

4.2.2 Monitoreo

4.2.2.1 *Determinación de parámetros fisicoquímicos en la zona de monitoreo lacustre*

Se contó con un bote para ingresar a la zona lacustre de la represa y llevar a cabo el monitoreo, dichos monitoreos se ejecutaron a partir del mes de Enero del 2016 hasta el mes de Octubre del 2017, el procedimiento estuvo apoyado por personal del área de Calidad de Agua de AUTODEMA, y se consideraron los factores de accesibilidad y seguridad en el desarrollo.

La sonda multiparamétrica Hydrolab DS5 fue utilizada, tomando en cuenta los requerimientos de la misma para realizar el monitoreo (ver anexo 8), todos los equipos y materiales de campo fueron proporcionados por AUTODEMA, el monitoreo se realizó una vez al mes coordinando previamente con la Gerencia General de Recursos Hídricos.



Figura N° 7 Sonda Hydrolab DS5

Fuente: Elaboración propia

La sonda multiparamétrica Hydrolab DS5 se utilizó in situ, dicha sonda cuenta con una tapa de protección para los sensores, la cual fue retirada para sumergirla hasta que toque la parte más honda en el punto de monitoreo, la sonda tiene 7 puertos configurables en este caso se midió: profundidad, temperatura, pH, conductividad, turbidez, oxígeno disuelto, STD y clorofila - a.

Para los parámetros de profundidad, temperatura, pH, conductividad, turbidez y OD se utilizó los sensores específicos; mientras que para la comunicación de datos sobre sólidos totales disueltos (STD), éstos son producto de la conductancia específica y un factor de correlación. El factor por defecto es 0.64 g/l o mS/cm (Anexo 8), el cual también es configurable dependiendo de las condiciones.

Realizando los análisis respectivos con los valores que nos otorga el software y haciendo la conversión con el factor que nos otorga por defecto el software Hydras 3LT obtuvimos los siguientes resultados:

$$STD \text{ g/l} = \text{Conductividad } \mu\text{S/cm} * K \text{ mS/cm}$$

$$STD \text{ g/l} = \text{Conductividad } \mu\text{S/cm} * 0.64 \frac{\text{mS}}{\text{cm}} * 10^{-3}$$

$$STD \text{ g/l} = 286 \mu\text{S/cm} * 0.64 \frac{\text{mS}}{\text{cm}} * 10^{-3}$$

$$STD \text{ g/l} = 0.18304$$

Donde:

STD: Sólidos totales disueltos

K: factor de correlación

Este ejemplo se tomó de los datos de la época seca del año 2016, así mismo se realizaron estos cálculos para la época húmeda y época seca (Anexo 5 y 6) ejecutándose este análisis debido a que el manual del equipo nos indica que es necesario utilizar el sensor de conductividad para obtener registros de STD en la comunicación de datos del software Hydras 3LT; por lo que se requiere la respectiva configuración y calibración del sensor con el software. Se debe tomar en cuenta que en modo “Fresh” toma condiciones por defecto; el modo “Auto” hace que la sonda multiparamétrica seleccione automáticamente el rango más apropiado y la resolución de datos cambia para adaptarse al rango.

4.2.2.2 Determinación de parámetros hidrológicos en la represa Aguada Blanca

La toma de datos hidrológicos se realizó de manera diaria, llevando así un control fundamental, ya que si ésta superará su capacidad máxima representaría un riesgo para la ciudad de Arequipa, para lo cual AUTODEMA toma medidas necesarias inmediatas en caso llegará a ocurrir este hecho.

El nivel de embalse se registra diariamente, en horas de la mañana, con apoyo del personal encargado, anotando la medida de la regla que se encuentra colocada en la compuerta de la represa; posteriormente, los cálculos necesarios para el ingreso y el volumen útil de la represa se realizan indirectamente.

Se cuenta con 3 descargas; “Descarga Charcani”, Descarga compuerta y Descarga de aliviadero en las que se usa un caudalímetro para su medición.

En los datos de precipitación se recopila datos de la estación meteorológica ubicada también en la represa.

4.2.3 Post- monitoreo

4.2.3.1 Utilización del Software Hydras 3 LT

Después de realizar el monitoreo la sonda es llevada a las instalaciones de AUTODEMA; mediante el cable de transmisión de datos TENDNET TU-S9 se conectó la sonda con una laptop de trabajo en la cual está instalada previamente el Software Hydras 3 LT que es la herramienta que usa la sonda para comunicar los datos tomados por medio de hojas de cálculo EXCEL (ver anexo 5 y 6).

4.2.3.2 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron mediante el programa estadístico SPSS siendo este de fácil acceso y manejo, para determinar la relación que tienen los datos fisicoquímicos con los hidrológicos, además de la determinación de diferencias significativas entre parámetros fisicoquímicos en la época húmeda y seca de los años 2016 y 2017 de igual manera con los hidrológicos de la represa Aguada Blanca.

4.2.3.3 Procesamiento de los datos

De acuerdo a los meses de monitoreo y también a la excesiva cantidad de datos, se tomaron en cuenta los más representativos. En el caso de los fisicoquímicos la variación era imperceptible por lo tanto se consideró una muestra de 10 datos por día, de igual manera, se procedió con los hidrológicos.

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Evaluación de los parámetros fisicoquímicos

En la Tabla N° 4, se muestran los promedios y desviaciones estándar de los parámetros fisicoquímicos de la época seca de la represa Aguada Blanca en la zona lacustre del embalse para los años 2016 y 2017, donde la prueba de *t* de Student (estadístico que compara promedios para determinar diferencias significativas a nivel $p < 0.001$) para la temperatura, conductividad, turbidez, STD, presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en los años 2016 y 2017.

Tabla N° 4: Comparación de los parámetros fisicoquímicos de la represa Aguada Blanca en la zona lacustre del embalse para la estación seca de los años 2016 y 2017

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	AÑO		t	P
	2016 $\bar{X} \pm S$	2017 $\bar{X} \pm S$		
Profundidad (m)	4.77 ± 3.90	5.58 ± 3.23	1.045	0.299 (P>0.05)
Temperatura (°C)	10.65 ± 1.90	8.97 ± 1.99	4.068	0.000... (P<0.01)
pH (Unidades)	7.67 ± 0.34	7.76 ± 0.44	1.142	0.256 (P>0.05)
Conductividad (µS/cm)	204.88 ± 78.22	242.53 ± 25.73	2.917	0.004 (P<0.01)
Turbidez (NTU)	27.22 ± 19.16	6.00 ± 1.70	6.974	0.000... (P<0.01)
Solidos Totales Disuelto (g/l)	0.14 ± 0.05	0.20 ± 0.00	7.386	0.000... (P<0.01)
Oxígeno Disuelto (mg/l)	6.52 ± 0.58	6.65 ± 0.37	1.251	0.214 (P>0.05)
Clorofila (µG/l)	1.99 ± 1.05	2.28 ± 0.95	1.345	0.182 (P>0.05)

Fuente: Elaboración Propia

En la Fig. N°8 se puede observar que los parámetros que mostraron una diferencia significativa ($p < 0.01$), tienen valores diferentes en los distintos años de monitoreo. La

temperatura en el año 2016 fue mayor con un valor de 10.65°C, en el caso de la conductividad el valor promedio fue mayor en el año 2017 con un valor de 242.53 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la turbidez muestra mayor valor promedio en el año 2016 con 27.22 NTU, los sólidos totales disueltos en el año 2017 presentaron un mayor valor promedio de 0.2g/L.

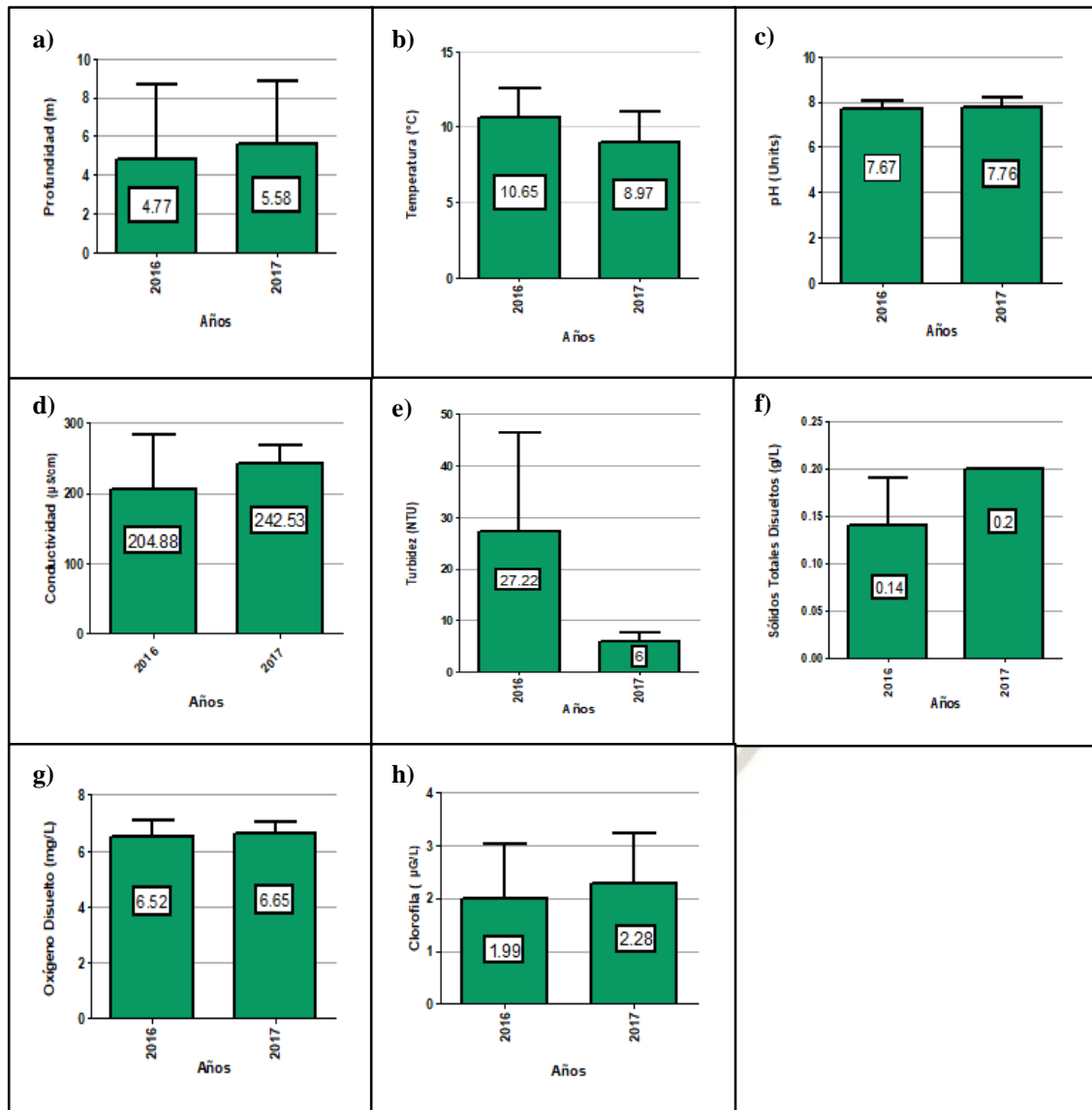


Figura N° 8 Parámetros fisicoquímicos de la represa para la estación seca de los años 2016 vs 2017

Se presenta las comparaciones de los parámetros físicos del año 2016 vs el año 2017, en la Figura N° 8 se observa los parámetros: a) profundidad, b) temperatura, c) pH, d) conductividad, e) turbidez, f) sólidos totales, g) oxígeno disuelto y h) clorofila.

Fuente: Elaboración Propia

En estos resultados se puede notar que la conductividad y el valor de sólidos totales aumentan, mientras que la temperatura y turbidez desciende. Según Aznar (2000) el descenso de la temperatura provoca un aumento de sólidos totales pues afecta de manera directa la solubilidad de estos compuestos, al mismo tiempo el aumento de sólidos totales provoca una mayor cantidad de iones disueltos los que son capaces de transmitir corriente eléctrica, por eso la conductividad también es afectada directamente por la concentración de sólidos totales disueltos.

La Tabla N° 5, muestran los promedios y desviaciones estándar de los parámetros fisicoquímicos de la época húmeda de la represa Aguada Blanca en la zona lacustre del embalse para los años 2016 y 2017, mostrándose de acuerdo a la prueba de *t* de Student que la profundidad, pH, turbidez, presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) y diferencias significativas ($p < 0.05$) STD y clorofila en los años 2016 y 2017.

Tabla N° 5 Comparación de los parámetros fisicoquímicos de la represa Aguada Blanca en la zona lacustre del embalse para la estación húmeda de los años 2016 y 2017

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	AÑO		t	P
	2016 $\bar{X} \pm S$	2017 $\bar{X} \pm S$		
Profundidad (m)	2.32 ± 2.66	5.60 ± 2.93	5.235	0.000...(P<0.01)
Temperatura (°C)	13.06 ± 3.21	12.70 ± 0.83	0.688	0.494 (P>0.05)
pH (Unid)	7.70 ± 0.17	7.35 ± 0.23	7.725	0.000...(P<0.01)
Conductividad (µS/cm)	166.05 ± 38.49	204.33 ± 121.55	1.899	0.061 (P>0.05)
Turbidez (NTU)	27.16 ± 44.05	68.26 ± 42.41	4.251	0.000...(P<0.01)
Sólidos Totales Disuelto (g/l)	0.95 ± 1.59	0.15 ± 0.05	3.152	0.002 (P<0.05)
Oxígeno Disuelto (mg/l)	5.71 ± 0.62	5.76 ± 0.41	0.438	0.663 (P>0.05)
Clorofila (µG/l)	3.56 ± 2.51	2.25 ± 0.89	3.106	0.003 (P<0.05)

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 9 se puede observar el valor promedio de pH en el año 2016 fue mayor registrando un valor de 7.70; la turbidez promedio fue mayor en el 2017 con un valor de 68.26 NTU; los sólidos totales disueltos presentaron mayor valor promedio en el 2016 registrando un valor de 0.95 mg/L y la concentración de la clorofila en el año 2016 fue mayor con un promedio de 3.56 $\mu\text{g/L}$.

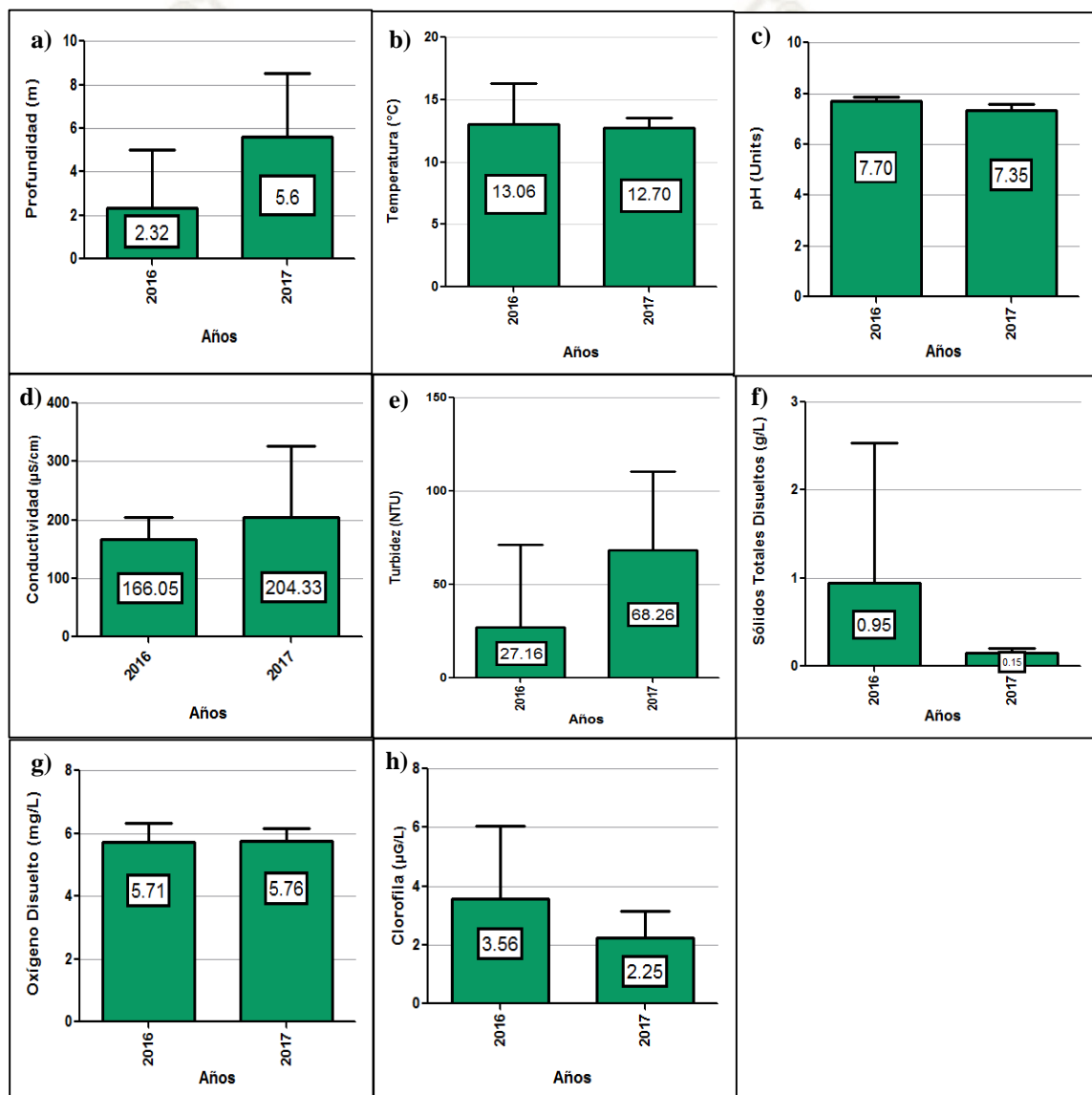


Figura N° 9 Parámetros fisicoquímicos de la represa para la estación húmeda de los años 2016 y 2017

Se presenta las comparaciones de los parámetros del año 2016 vs el año 2017, en la Figura N° 3 se observa el parámetro a) profundidad, b) temperatura, c) pH, d) conductividad, e) turbidez, f) solidos totales, g) oxígeno disuelto y h) clorofila.

Fuente: Elaboración Propia

En el periodo 2016 al 2017 se registró un incremento de la turbidez y la conductividad, en estos resultados se puede notar que la conductividad aumenta mientras que el valor de la temperatura y los STD disminuyen lo cual es opuesto a lo que nos dice Aznar (2000) que el descenso de la temperatura provoca un aumento de sólidos totales incrementando los iones disueltos los cuales son capaces de transmitir corriente eléctrica que elevan los niveles de conductividad. Esto se debería a la descalibración del equipo, su frecuente uso por lo que la sonda comunicó datos erróneos en algunos monitoreos de las épocas húmedas de ambos años (ver Anexo 5 y 6) ya que según (Silva, J. et al., 2013) y Aznar (2000) la conductividad y los sólidos totales disueltos son directamente proporcionales.

Así mismo, en el periodo 2016 al 2017, el nivel de clorofila decrece y el oxígeno disuelto aumenta, según Bonansea et al. (2012) indican que para determinar la cantidad de fitoplancton presente en un cuerpo de agua, usualmente se evalúa la concentración de clorofila-a, la cual es expresada en pigmentos fotosintéticos por unidad de volumen, el cual es un indicador de crecimiento masivo de algas y cianobacterias que se producen por eutroficación disminuyendo el oxígeno disuelto; en la figura N° 9 se comprueba esta relación inversamente proporcional.

5.2 Evaluación de los parámetros hidrológicos

La Tabla N° 6, muestra los promedios y desviaciones estándar de los parámetros hidrológicos de la época seca de la represa Aguada Blanca en la zona lacustre del embalse para los años 2016 y 2017, mostrándose de acuerdo a la prueba de *t* de Student que el ingreso y la descarga a Charcani, presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en los años 2016 y 2017.

Tabla N° 6 Comparación de los parámetros hidrológicos de la represa Aguada Blanca en la zona lacustre del embalse para la estación seca de los años 2016 y 2017

PARÁMETROS HIDROLÓGICOS	AÑO		t	P
	2016 $\bar{X} \pm S$	2017 $\bar{X} \pm S$		
Nivel de Embalse (msnm)	3661.75 ± 3.24	3662.29 ± 0.75	1.04	0.30 (P>0.05)
Volumen Útil (Hm³)	21.74 ± 5.92	22.4418 ± 1.51	0.73	0.469 (P>0.05)
Ingreso (m³/s)	8.94± 2.69	13.1685 ± 1.11	9.29	0.000... (P<0.01)
Descarga Charcani (m³/s)	10.71 ± 0.44	12.50 ± 0.51	17.88	0.000... (P<0.01)
Descarga Compuerta (m³/s)	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	-	-
Descarga aliviadero	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	-	-
Precipitación (mm)	0.06 ± 0.36	0.08± 0.37	0.24	0.810 (P>0.05)

Fuente: Elaboración Propia

La figura N°10 muestra que el ingreso de agua en el año 2017 fue mayor con 13.16 m³/s y que el valor promedio de la descarga Charcani fue mayor en el año 2016 con 12.50 m³/s.

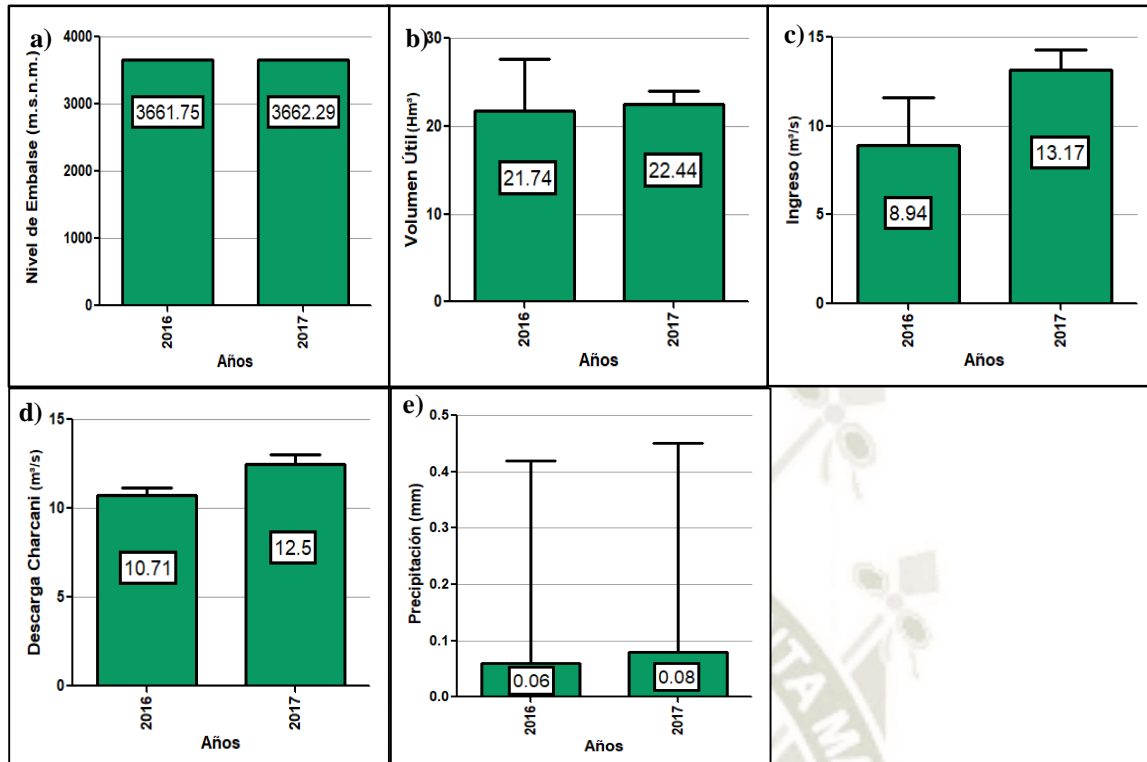


Figura N° 10 Parámetros hidrológicos de la represa para la estación seca de los años 2016 y 2017

Se muestra la comparación de los parámetros hidrobiológicas de los años 2016 vs 2017: a) descarga, b) volumen util, c) Ingreso de caudal, d) descarga Charcani y e) la precipitación de lluvia.

Fuente: Elaboración Propia

Para una mejora sobre la gestión del recurso hídrico, es recomendable establecer otros puntos de monitoreo de tal manera que se pueda generar una mayor base de datos y determinar los factores que afectan en mayor medida la calidad de agua.

El embalse se mantiene en constante variación de nivel debido a que hay objetivos diferentes en las distintas etapas del año. En el caso de la época húmeda el objetivo principal es llenar el embalse para el uso del agua en los siguientes meses de temporada seca. En el 2016 se conjetura que hubo una disminución de precipitaciones de la temporada seca en las zonas aledañas por ese motivo se ve un aumento de ingreso en el 2017 que genero un mayor caudal. La cantidad de descargas en el año 2016 se vio causada por decisiones internas acorde al plan anual de descargas.

La Tabla N° 7, muestra los promedios y desviaciones estándar de los parámetros hidrológicos de la época húmeda de la represa Aguada Blanca en la zona lacustre del embalse para los años 2016 y 2017, mostrándose de acuerdo a la prueba de *t* de Student que el nivel del embalse, volumen útil y caudal de ingreso presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) mientras que la descarga compuerta y precipitación presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en los años 2016 y 2017.

Tabla N° 7 Comparación de los parámetros hidrológicos de la represa Aguada Blanca en la zona lacustre del embalse para la estación húmeda de los años 2016 y 2017

PARÁMETROS HIDROLÓGICOS	AÑO		t	P
	2016	2017		
	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$		
Nivel de Embalse (msnm)	3657.15 \pm 1.37	3660.86 \pm 2.91	7.283	0.000...(P<0.01)
Volumen Útil (Hm ³)	13.12 \pm 2.13	19.89 \pm 5.64	7.110	0.000...(P<0.01)
Ingreso (m ³ /s)	8.79 \pm 5.75	17.96 \pm 11.51	4.502	0.000...(P<0.01)
Descarga Charcani (m ³ /s)	10.01 \pm 0.025	8.92 \pm 5.83	1.182	0.241 (P>0.05)
Descarga Compuerta (m ³ /s)	0.00 \pm 0.00	2.77 \pm 5.30	3.307	0.001 (P<0.05)
Descarga aliviadero	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	-	-
Precipitación (mm)	0.45 \pm 1.35	2.89 \pm 5.61	2.665	0.009 (P<0.05)

Fuente: Elaboración Propia

La Figura N° 11 muestra que en el 2017 presentaron mayor valor el volumen útil con 19.89 Hm³, el caudal de ingreso con un promedio de 17.96 m³/s, la descarga de la compuerta con un promedio de 2.77 m³/s y la precipitación con 2.89 mm.

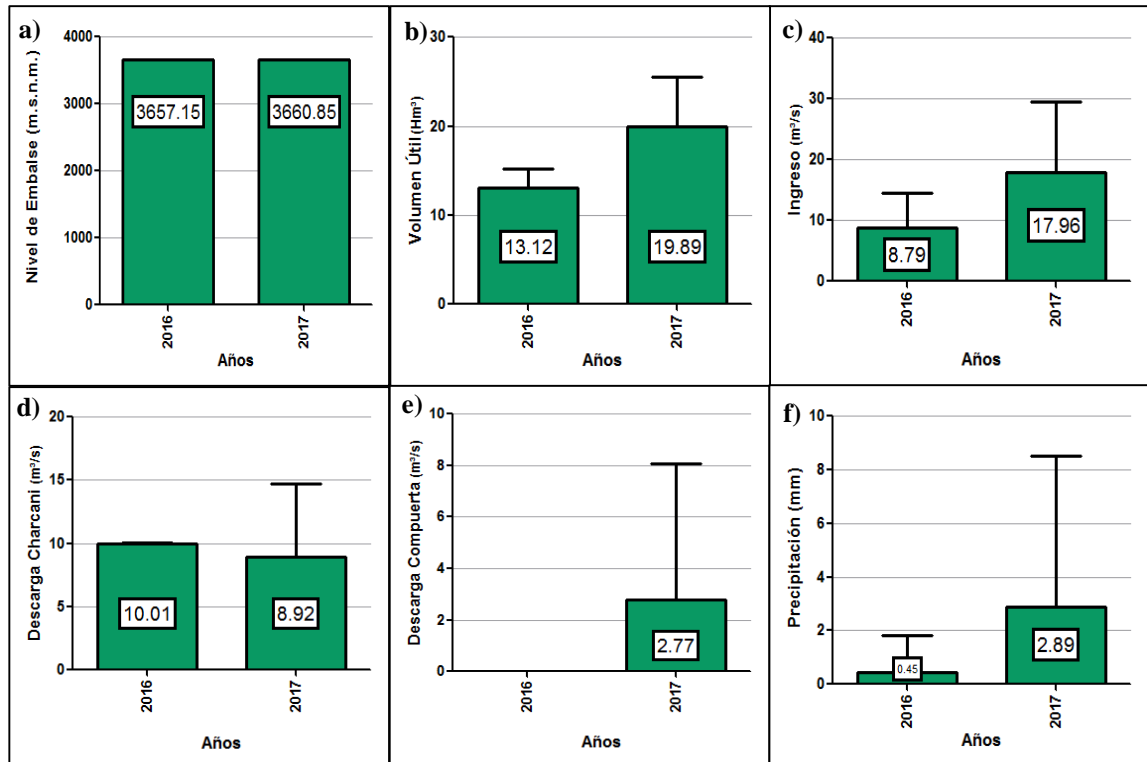


Figura N° 11 Parámetros hidrológicos de la represa para la estación húmeda de los años 2016 y 2017

En la Figura N° 11 se muestra la comparación de los parámetros hidrobiológicas de los años 2016 vs 2017: a) descarga, b) volumen total, c) Ingreso de caudal, d) descarga y e) la precipitación de lluvia

Fuente: Elaboración Propia

En el año 2017 se vio una mayor cantidad de precipitaciones en la etapa de lluvias en la región Arequipa provocando un aumento del nivel de embalse, volumen útil, el caudal de ingreso y la descarga compuerta.

5.3 Evaluación de la relación de los parámetros fisicoquímicos e hidrológicos

La Tabla N° 8 muestra la relación entre los parámetros fisicoquímicos e hidrológicos de la época seca del año 2016 de la represa Aguada Blanca en la zona lacustre del embalse, la temperatura (10,65 °C) y el pH (7,67 unid) presentaron relación altamente significativa ($p < 0.01$) con la descarga Charcani (10,71 m³/s), el pH con el nivel de embalse (3661,75 msnm) presenta una relación significativa ($p < 0.05$), la conductividad (204,88 μ S/cm) presentó relación altamente significativa ($p < 0.01$) con el nivel de embalse, el volumen útil

(21,74 Hm³) y la descarga de Charcani, la turbidez (27,22 NTU) presentó relación altamente significativa ($p < 0.01$) con el nivel de embalse, el volumen útil y la descarga de Charcani, los sólidos totales disueltos (0,14 g/L) presentaron relación altamente significativa ($p < 0.01$) con el nivel de embalse, el volumen útil y la descarga de Charcani, el oxígeno disuelto (6,52 mg/L) presentó relación altamente significativa ($p < 0.01$), con el nivel de embalse y una relación significativa ($p < 0.05$) con el volumen útil y la precipitación (0,06 mm); mientras que la concentración de clorofila (1,99 $\mu\text{g/L}$) presentó una relación significativa con la descarga de Charcani ($p < 0.05$).

La turbidez tiene una relación altamente significativa con el nivel de embalse, volumen útil y la descarga Charcani; mientras que el nivel de embalse está altamente relacionado con el OD. Según Graves et al. (2012) citado en Muñoz et al. (2015), mencionan que, los escurrimientos de las lluvias podrían aumentar la turbidez y disminuir el OD debido a los sedimentos y materia orgánica que transportan; situación que verifica nuestros resultados (ver anexo 6); según Quintana (2012) la concentración de materia orgánica disuelta así como los sedimentos condicionan la turbidez. Asimismo, se verifica la relación directa entre la conductividad y STD como se puede ver en el anexo 1, pues según los resultados con el incremento del nivel de embalse los STD y la conductividad aumentan, esto se debería a que el ingreso de caudal trae consigo arrastre de sales disueltas por lo que se registra valores altos de estos parámetros (Fernández, 2012).

Tabla N° 8 Relación de los parámetros fisicoquímicos e hidrológicos de la represa Aguada Blanca en la zona lacustre del embalse en la estación seca 2016

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	PARÁMETROS HIDROLÓGICOS	t	P	r
Profundidad (m)	Nivel de Embalse (msnm)	3,381	0,002 (P<0.01)	0,78
	Volumen Útil (Hm ³)			
	Ingreso (m ³ /s)	0,140	0,889 (P>0.05)	
	Descarga Charcani (m ³ /s)	4,161	0,000 (P<0.01)	
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	
	Descarga aliviadero	-	-	
Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	0,332	0,741 (P>0.05)	0,87
	Nivel de Embalse (msnm)	1,930	0,060 (P>0.05)	
	Volumen Útil (Hm ³)	1,395	0,170 (P>0.05)	
	Ingreso (m ³ /s)	0,404	0,688 (P>0.05)	
	Descarga Charcani (m ³ /s)	6,848	0,000 (P<0.01)	
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	
pH (Unidades)	Descarga aliviadero	-	-	0,82
	Precipitación (mm)	0,927	0,359 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	2,321	0,025 (P<0.05)	
	Volumen Útil (Hm ³)			
	Ingreso (m ³ /s)	0,095	0,925 (P>0.05)	
	Descarga Charcani (m ³ /s)	6,829	0,000 (P<0.01)	
Conductancia (µS/cm)	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	0,84
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	0,012	0,991 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	5,591	0,000 (P<0.01)	
	Volumen Útil (Hm ³)	6,078	0,000 (P<0.01)	
	Ingreso (m ³ /s)	0,736	0,466 (P>0.05)	
Turbidez (NTU)	Descarga Charcani (m ³ /s)	6,440	0,000 (P<0.01)	0,85
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	0,973	0,336 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	4,465	0,000 (P<0.01)	
	Volumen Útil (Hm ³)	4,655	0,000 (P<0.01)	
Solidos Totales Disueltos (g/l)	Ingreso (m ³ /s)	1,075	0,288 (P>0.05)	0,87
	Descarga Charcani (m ³ /s)	7,480	0,000 (P<0.01)	
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	0,792	0,433 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	3,147	0,003 (P<0.01)	
Oxígeno Disuelto (mg/l)	Volumen Útil (Hm ³)	2,484	0,017 (P<0.05)	0,87
	Ingreso (m ³ /s)	0,309	0,758 (P>0.05)	
	Descarga Charcani (m ³ /s)	1,122	0,268 (P>0.05)	
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	1,327	0,191 (P<0.05)	
Clorofila (µG/l)	Nivel de Embalse (msnm)	1,196	0,238 (P>0.05)	0,35
	Volumen Útil (Hm ³)	1,257	0,215 (P>0.05)	
	Ingreso (m ³ /s)	0,846	0,402 (P>0.05)	
	Descarga Charcani (m ³ /s)	2,161	0,036 (P<0.05)	
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	0,175	0,862 (P>0.05)	

Fuente: Elaboración Propia

La tabla N° 9 muestra la relación entre los parámetros fisicoquímicos e hidrológicos de la época húmeda del año 2016 de la represa aguada blanca en la zona lacustre del embalse, la temperatura (13,06 °C) presentó relación altamente significativa ($p < 0.01$) con el caudal de ingreso (8,79 m³/s), una relación significativa ($p < 0.05$) con la descarga Charcani (10,01 m³/s); el pH (7,70) presentó relación altamente significativa ($p < 0.01$) con el nivel de embalse (3657,15 msnm) y el volumen útil (13,12 Hm³), una relación significativa ($p < 0.05$) con el caudal de ingreso (8,79 m³/s); la conductividad (166,05 µS/cm) también presenta una relación altamente significativa ($p < 0.01$) con el volumen útil (13,12 Hm³) y una relación significativa ($p < 0.05$) con el nivel de embalse (3657,15 msnm), caudal de ingreso (8,79 m³/s) y descarga Charcani (10,01 m³/s); la turbidez (27,16 NTU) presentó relación altamente significativa ($p < 0.01$) con el nivel de embalse, el volumen útil y el caudal ingreso; los sólidos totales disueltos (0,95g/l) presentaron una relación significativa ($p < 0.05$) con el nivel de embalse (3657,15 msnm) y el volumen útil (13,12 Hm³); el oxígeno disuelto (5.71 mg/L) presentó relación altamente significativa ($p < 0.01$) con el caudal de ingreso; la clorofila presentó relación altamente significativa ($p < 0.01$) con la descarga Charcani (10,01 m³/s) y una relación significativa ($p < 0.05$) con el nivel de embalse, volumen útil y caudal de ingreso.

Se observa una relación altamente significativa entre la temperatura, caudal de ingreso y descarga charcani pues al aumentar estos parámetros hidrológicos, la temperatura disminuye por el incremento de caudal de ingreso, sin embargo según Bayram et al., (2013) citado en Muñoz et al. (2015), indican que, el clima es el principal factor que controla la temperatura de la corriente lo cual está relacionado con el caudal de ingreso; tal es así que durante la estación húmeda, la pesada capa de humedad que cubre la tierra retrasa la irradiación de la tierra por la noche y a la vez actúa como escudo contra el calor del sol

durante el día, como consecuencia la variación diurna oscila entre los 4 y 8°C, y la temperatura diaria se ubica entre 15 y 20°C (Zevallos et al., 2010).

La conductividad presenta relación altamente significativa con el volumen útil (ver anexo 1) resultado que coincide con lo investigado por Fernández (2012); quien explica que, al aumentar las precipitaciones hay mayor cantidad de aporte fluvial lo cual genera el arrastre de sales disueltas que ocasiona el incremento de la conductividad, ya que este parámetro se basa en la cantidad de sales disueltas y es afectada por el tipo de terreno que atraviesa el agua.

Tabla N° 9 Relación de los parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos de la represa aguada blanca en la zona lacustre del embalse en la estación húmeda 2016

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	PARÁMETROS HIDROLÓGICOS	t	P	r
Profundidad (m)	Nivel de Embalse (msnm)	3,540	0,001 (P<0.01)	0,75
	Volumen Útil (Hm ³)	3,785	0,001 (P<0.01)	
	Ingreso (m ³ /s)	0,208	0,837 (P>0.05)	
	Descarga Charcani (m ³ /s)	2,042	0,049 (P<0.05)	
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	
	Descarga aliviadero	-	-	
Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	0,636	0,529 (P>0.05)	0,88
	Nivel de Embalse (msnm)	0,219	0,828 (P>0.05)	
	Volumen Útil (Hm ³)	0,645	0,523 (P>0.05)	
	Ingreso (m ³ /s)	4,863	0,000...	
	Descarga Charcani (m ³ /s)	2,184	0,036 (P<0.05)	
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	
pH (Unidades)	Descarga aliviadero	-	-	0,79
	Precipitación (mm)	0,464	0,646 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	6,106	0,000...(P<0.01)	
	Volumen Útil (Hm ³)	6,322	0,000...(P<0.01)	
	Ingreso (m ³ /s)	2,573	0,015 (P<0.05)	
	Descarga Charcani (m ³ /s)	0,660	0,514 (P>0.05)	
Conductancia (µS/cm)	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	0,84
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	0,605	0,549 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	2,478	0,018 (P<0.05)	
	Volumen Útil (Hm ³)	2,847	0,007 (P<0.01)	
	Ingreso (m ³ /s)	2,629	0,013 (P<0.05)	
Turbidez (NTU)	Descarga Charcani (m ³ /s)	2,322	0,026 (P<0.05)	0,82
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	0,445	0,659 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	4,977	0,000...(P<0.01)	
	Volumen Útil (Hm ³)	4,796	0,000...(P<0.01)	
	Ingreso (m ³ /s)	6,522	0,000...(P<0.01)	0,82
	Descarga Charcani (m ³ /s)	1,356	0,184 (P>0.05)	
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	
	Descarga aliviadero	-	-	

	Precipitación (mm)	0,817	0,420 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	2,168	0,037 (P<0.05)	
	Volumen Útil (Hm³)	2,282	0,029 (P<0.05)	
	Ingreso (m³/s)	0,278	0,783 (P>0.05)	
Sólidos Totales Disueltos (g/l)	Descarga Charcani (m³/s)	0,949	0,349 (P>0.05)	0,55
	Descarga Compuerta (m³/s)	-	-	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	1,499	0,143 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	0,413	0,682 (P>0.05)	
	Volumen Útil (Hm³)	0,355	0,724 (P>0.05)	
	Ingreso (m³/s)	2,979	0,005... (P<0.01)	
Oxígeno Disuelto (mg/l)	Descarga Charcani (m³/s)	1,208	0,235 (P>0.05)	0,54
	Descarga Compuerta (m³/s)	-	-	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	0,202	0,841 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	2,662	0,012 (P<0.05)	
	Volumen Útil (Hm³)	2,698	0,011 (P<0.05)	
	Ingreso (m³/s)	2,183	0,036 (P<0.05)	
Clorofila (µG/l)	Descarga Charcani (m³/s)	3,344	0,002 (P<0.01)	0,62
	Descarga Compuerta (m³/s)	-	-	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	0,898	0,375 (P>0.05)	

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 10 muestra la relación entre los parámetros fisicoquímicos e hidrológicos de la época seca del año 2017 de la represa aguada blanca en la zona lacustre del embalse; la temperatura (8,97 °C) presentó relación altamente significativa ($p<0.01$) con el volumen útil (22,44 Hm³), la descarga de Charcani (12,50 m³/s) y relación significativa ($p<0.05$) con el caudal de ingreso (13,16 m³/s); el pH (7,76 unid) y el oxígeno disuelto (6,65 mg/L) presentaron relación altamente significativa con el caudal de ingreso ($p<0.01$) mientras que con el volumen útil presentaron una relación significativa ($p<0.05$) y altamente significativa ($p<0.01$) respectivamente; la conductividad (242,53 µS/cm) presentó relación altamente significativa ($p<0.01$) con el volumen útil, la descarga de Charcani y una relación significativa con el ingreso ($p<0.05$); la turbidez (6.00 NTU) presentó relación altamente significativa ($p<0.01$) con el volumen útil, la descarga de Charcani y una relación significativa con el caudal de ingreso ($p<0.05$).

Se puede observar que la temperatura y el caudal de ingreso tienen una relación significativa (ver anexo 3), la variación de la temperatura está sujeta a la climatología del

lugar puesto que en los meses de junio, julio y agosto baja la temperatura debido a la estación de invierno y a la vez encontrarse en temporada seca por lo que no hay ingreso de agua, esta relación directa es un caso particular entre las represas por las condiciones geográficas del lugar (Zeballos et al., 2010).

El oxígeno disuelto disminuye en esta temporada lo cual se muestra en el Anexo 6, esto podría deberse a que el nivel de clorofila-a aumenta, según Bonansea et al. (2012) para determinar la cantidad de fitoplancton presente en un cuerpo de agua, usualmente se evalúa la concentración de clorofila-a, la cual es expresada en pigmentos fotosintéticos por unidad de volumen, el cual es un indicador de crecimientos masivos de algas y cianobacterias que se producen por eutroficación y disminuyen el oxígeno disuelto. El caudal de ingreso presenta un aumento y esto podría deberse a los acuerdos de las autoridades conforme a las descargas de las demás represas que confluyen en Aguada Blanca y regulan los ríos Sumbay y Blanco.

Tabla N° 10 Relación de los parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos de la represa aguada blanca en la zona lacustre del embalse en la estación seca 2017

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	PARÁMETROS HIDROLÓGICOS	t	P	r
Profundidad (m)	Nivel de Embalse (msnm)	0,966	0,341 (P>0.05)	0,85
	Volumen Útil (Hm ³)	7,329	0,000 (P<0.01)	
	Ingreso (m ³ /s)	2,844	0,007 (P<0.01)	
	Descarga Charcani (m ³ /s)	7,116	0,000 (P<0.01)	
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	,098	0,923 (P>0.05)	
Temperatura (°C)	Nivel de Embalse (msnm)	0,243	0,810 (P>0.05)	0,98
	Volumen Útil (Hm ³)	6,486	0,000 (P<0.01)	
	Ingreso (m ³ /s)	2,295	0,028 (P<0.05)	
	Descarga Charcani (m ³ /s)	3,237	0,003 (P<0.01)	
	Descarga Compuerta (m ³ /s)			
	Descarga aliviadero			
	Precipitación (mm)	0,136	0,892 (P>0.05)	
pH (Unidades)	Nivel de Embalse (msnm)	0,074	0,941 (P>0.05)	0,80
	Volumen Útil (Hm ³)	2,399	0,022 (P<0.05)	
	Ingreso (m ³ /s)	2,914	0,006 (P<0.01)	
	Descarga Charcani (m ³ /s)	0,776	0,443 (P>0.05)	
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	

	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	0,721	0,476 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	0,123	0,903 (P>0.05)	
	Volumen Útil (Hm ³)	5,540	0,000 (P<0.01)	
	Ingreso (m ³ /s)	2,695	0,011 (P<0.05)	
Conductancia (μS/cm)	Descarga Charcani (m ³ /s)	4,849	0,000 (P<0.01)	0,82
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	1,342	0,188 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	0,136	0,892 (P>0.05)	
	Volumen Útil (Hm ³)	5,882	0,000 (P<0.01)	
	Ingreso (m ³ /s)	2,640	0,012 (P<0.05)	
Turbidez (NTU)	Descarga Charcani (m ³ /s)	5,610	0,000 (P<0.01)	0,81
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	1,296	0,204 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	0,098	0,922 (P>0.05)	
	Volumen Útil (Hm ³)	3,715	0,001 (P<0.01)	
	Ingreso (m ³ /s)	2,581	0,014 (P<0.01)	
Oxígeno Disuelto (mg/l)	Descarga Charcani (m ³ /s)	0,071	0,944 (P>0.05)	0,86
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	0,723	0,475 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	0,495	0,624 (P>0.05)	
	Volumen Útil (Hm ³)	1,242	0,223 (P>0.05)	
	Ingreso (m ³ /s)	1,125	0,269 (P>0.05)	
Clorofila (μG/l)	Descarga Charcani (m ³ /s)	0,866	0,393 (P>0.05)	0,69
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	-	-	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	1,454	0,155 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	0,495	0,624 (P>0.05)	

Fuente: Elaboración Propia

La tabla N° 11 muestra la relación entre los parámetros fisicoquímicos e hidrológicos de la época húmeda del año 2017 de la represa aguada blanca en la zona lacustre del embalse; la conductividad (204,33 μS/cm) presentó relación altamente significativa ($p<0.01$) con el nivel de embalse(3660,86 msnm), volumen útil (19,89 Hm³) y la descarga de Charcani (8,92 m³/s); los sólidos totales disueltos (0,15 g/L) presentaron relación altamente significativa ($p<0.01$) con el nivel del embalse, volumen útil y relación significativa ($p<0.05$) con la descarga Charcani; el oxígeno disuelto (5,76 mg/L) presentó relación altamente significativa ($p<0.01$), con el nivel de embalse, el volumen útil, descarga compuerta (2,77 m³/s) y una relación significativa ($p<0.05$) con la descarga Charcani.

La conductividad, el oxígeno disuelto y STD presentan una relación altamente significativa con el nivel de embalse (ver anexo 4) debido al arrastre de sales disueltas y materia orgánica disuelta ya que, según Tyler et al., (2016) citado en Quintana et al., (2012) estos compuestos incrementan los valores de conductividad y STD.

El Oxígeno disuelto presenta una relación altamente significativa con el nivel de embalse, volumen útil y la descarga compuerta, pero en esta temporada dicho parámetro se incrementa lo cual podría deberse a que la clorofila-a disminuye sus valores (ver Anexo 5) y según Bonansea et al. (2012) la clorofila es un indicador de floraciones algales que consumen el oxígeno disuelto.

Tabla N° 11 Relación de los parámetros fisicoquímicos e hidrológicos de la represa aguada blanca en la zona lacustre del embalse en la estación húmeda 2017

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	PARÁMETROS HIDROLÓGICOS	t	P	r
Profundidad (m)	Nivel de Embalse (msnm)	5,616	0,000...(P<0.01)	0,76
	Volumen Útil (Hm ³)	5,694	0,000...(P<0.01)	
	Ingreso (m ³ /s)	1,940	0,061 (P>0.05)	
	Descarga Charcani (m ³ /s)	5,023	0,000...(P<0.01)	
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	3,633	0,001 (P<0.01)	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	0,118	0,907 (P>0.05)	
Temperatura (°C)	Nivel de Embalse (msnm)	0,753	0,457 (P>0.05)	0,64
	Volumen Útil (Hm ³)	-0,617	0,541 (P>0.05)	
	Ingreso (m ³ /s)	-2,006	0,053 (P>0.05)	
	Descarga Charcani (m ³ /s)	-0,735	0,467 (P>0.05)	
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	0,686	0,497 (P>0.05)	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	0,773	0,445 (P>0.05)	
pH (Unidades)	Nivel de Embalse (msnm)	0,328	0,745 (P>0.05)	0,68
	Volumen Útil (Hm ³)	0,453	0,654 (P>0.05)	
	Ingreso (m ³ /s)	0,382	0,705 (P>0.05)	
	Descarga Charcani (m ³ /s)	0,674	0,505 (P>0.05)	
	Descarga Compuerta (m ³ /s)	0,658	0,515 (P>0.05)	

	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	0,114	0,910 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	4,633	0,000... (P<0.01)	
	Volumen Útil (Hm³)	4,655	0,000... (P<0.01)	
	Ingreso (m³/s)	1,173	0,249 (P>0.05)	
Conductancia (µS/cm)	Descarga Charcani (m³/s)	3,078	0,004 (P<0.01)	0,69
	Descarga Compuerta (m³/s)	2,010	0,053 (P>0.05)	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	1,003	0,323 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	0,405	0,688 (P>0.05)	
	Volumen Útil (Hm³)	0,743	0,463 (P>0.05)	
	Ingreso (m³/s)	2,223	0,033 (P>0.05)	
Turbidez (NTU)	Descarga Charcani (m³/s)	0,748	0,460 (P>0.05)	0,84
	Descarga Compuerta (m³/s)	0,494	0,624 (P>0.05)	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	0,975	0,337 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	2,792	0,009 (P<0.01)	
	Volumen Útil (Hm³)	3,019	0,005 (P<0.01)	
	Ingreso (m³/s)	0,930	0,359 (P>0.05)	
Solidos Totales Disueltos (g/l)	Descarga Charcani (m³/s)	2,336	0,026 (P<0.05)	0,82
	Descarga Compuerta (m³/s)	0,308	0,760 (P>0.05)	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	0,120	0,905 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	6,949	0,000... (P<0.01)	
	Volumen Útil (Hm³)	7,340	0,000... (P<0.01)	
	Ingreso (m³/s)	1,215	0,233 (P>0.05)	
Oxígeno Disuelto (mg/l)	Descarga Charcani (m³/s)	2,509	0,017 (P<0.05)	0,95
	Descarga Compuerta (m³/s)	3,014	0,005 (P<0.01)	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	0,250	0,804 (P>0.05)	
	Nivel de Embalse (msnm)	1,537	0,134 (P>0.05)	
	Volumen Útil (Hm³)	1,707	0,097 (P>0.05)	
	Ingreso (m³/s)	0,355	0,725 (P>0.05)	
Clorofila (µG/l)	Descarga Charcani (m³/s)	0,360	0,721 (P>0.05)	0,72
	Descarga Compuerta (m³/s)	0,782	0,440 (P>0.05)	
	Descarga aliviadero	-	-	
	Precipitación (mm)	1,318	0,197 (P>0.05)	

Fuente: Elaboración Propia

5.4 Evaluación de la calidad de Agua

La evaluación se realizó comparando los valores de los parámetros analizados con los valores de los ECA de la categoría 1-A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional; ya que según el criterio técnico establecido por el ANA que considera en el artículo 35° de la Ley de Recursos Hídricos N° 29338, que donde se requieran dos o más usos, el uso de agua poblacional tendrá de mayor prioridad sobre cualquier otro uso. A continuación, se muestran las consideraciones de clasificación según el uso.

Tabla N° 12 Consideraciones para la Clasificación según el uso

Uso	Unidad	Cat.	Justificación	Observaciones
Uso poblacional	Volumen (m ³) de captación de agua para uso poblacional	1-A2	El mayor uso de agua es destinado al abastecimiento poblacional, por ende la calidad del agua tanto del río principal, de sus efluentes, y embalses no deben ser alteradas.	En caso de 2 o más usos confluyan se prioriza el Poblacional
Uso agrícola, hidroenergético, minero, industrial entre otras	Volumen (m ³) de captación de agua para uso productivo	3	El único uso de agua es destinado al abastecimiento industrial	

Fuente: (ANA, 2018)

Tomando en cuenta estas consideraciones a continuación se presentan los resultados de las evaluaciones.

En la Tabla N° 13 se muestra que la calidad de agua de la represa Aguada Blanca en el periodo 2016 se encuentra en un nivel aceptable. El pH, la conductividad, turbidez, STD, clorofila –a no exceden los ECA´s. En cuanto a la temperatura, ésta no tiene una variación fuera del promedio mensual multianual de la base de datos de AUTODEMA.

El oxígeno disuelto según CEPIS (1987) citado en (Tamani, 2014) el rango de 5-8 mg/L de OD se considera una condición aceptable y de 8-12 mg/12 una condición buena, ambas adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.

Tabla N° 13 Evaluación calidad de Agua periodo 2016

RESULTADOS CALIDAD DE AGUA PERIODO 2016									
PERIODO	LEGISLACIÓN AMBIENTAL				Parámetros				
	NORMATIVIDAD AMBIENTAL	Instrumento de Gestión Ambiental	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (µS/cm)	Turbidez (NTU)	STD(g/L)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Clorofila (µg/L)
Época Húmeda			7.70	13.06	166.05	27.16	0.95	5.71	3.56
Época Seca			7.55	11.39	184.60	34.02	0.12	6.43	2.11

Δ3 significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada Temperatura promedio mensual multianual 10.9 °C (Base de datos AUTODEMA)

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla N°14 muestra que la calidad de agua de la represa Aguada Blanca en el periodo 2017 se encuentra en un nivel aceptable, ya que los parámetros monitoreados no exceden los ECA's establecidos según en DS N° 004-2017 MINAM.

Tabla N° 14 Evaluación calidad de Agua periodo 2017

RESULTADOS CALIDAD DE AGUA PERIODO 2017									
PERIODO	LEGISLACIÓN AMBIENTAL				Parámetros				
	NORMATIVIDAD AMBIENTAL	Instrumentos de Gestión Ambiental	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (µS/cm)	Turbidez (NTU)	STD(g/L)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Clorofila (µg/L)
Época Húmeda			7.35	12.70	204.33	68.26	0.15	5.76	2.25
Época Seca			7.76	8.97	242.53	6.00	0.20	6.65	2.28

Fuente: Elaboración Propia

En relación a la comparación de la tabla N°13 y tabla N°14 se puede observar que la temperatura tanto en la época húmeda como en la seca, entre los periodos del 2016 y 2017, disminuye; así mismo, la conductividad registra un incremento en las mismas épocas y periodos.

En el 2016 hubo un caudal de ingreso de $8,94 \text{ m}^3/\text{s}$ en la época seca y $9,91 \text{ m}^3/\text{s}$ en la época húmeda; mientras que en el 2017 el caudal de ingreso fue de $13,17 \text{ m}^3/\text{s}$ en la época seca y $19,16 \text{ m}^3/\text{s}$ en la época húmeda; se dio una variación de la temperatura de $13,06 \text{ }^\circ\text{C}$ a $12,70 \text{ }^\circ\text{C}$ en la época húmeda y de $11,39 \text{ }^\circ\text{C}$ a $8,97^\circ\text{C}$ en la época seca; mientras que la conductividad tuvo un incremento de $166,08 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$ a $204,33 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$ en la época húmeda y de $184,60 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$ a $242,53 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$ en la época seca, esta variación de los parámetros medidos fue producto del ya conocido Fenómeno del Niño en el año 2017 que trajo consigo un mayor ingreso del recurso hídrico; según la Comisión Multisectorial encargada del estudio nacional del Fenómeno “El niño” en su informe del (2018) establece que uno de los impactos positivos de dicho fenómeno es el incremento de las reservas hídricas en los principales embalses, pero trae consigo problemas en el saneamiento ambiental y alteraciones abruptas en los parámetros medidos.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Primera. - Se estableció el punto de monitoreo en la zona lacustre ubicado en las coordenadas UTM 249320 E 8202527 N.; conforme al protocolo de monitoreo de recursos hídricos superficiales y verificando la zonificación de embalses; se tomó en cuenta las recomendaciones de la sonda Hydrolab DS5 utilizada para los monitoreos, la cual tiene un mejor funcionamiento en zonas que no presentan factores limitantes tales como la sobresaturación de sólidos totales debido a factores externos o la presencia excesiva de floraciones algales comúnmente encontrados en los bordes del embalse.

Segunda. - Se determinó realizar el monitoreo en forma mensual de los parámetros pH, temperatura, conductividad, turbidez, STD, OD y clorofila-a los cuales son indicadores de la calidad de agua y pueden ser medidos de forma simultánea con la sonda Hydrolab DS5. Las mediciones de STD resultaron de los datos registrados del sensor de conductividad ya que las mediciones de STD se basan en la conductancia y un factor por defecto que se configura con el software Hydras 3LT.

Tercera. – Se determinó que los parámetros hidrológicos a evaluar con influencia en la calidad de agua son el nivel de embalse, volumen útil, caudal de ingreso, descarga Charcani, descarga compuerta, descarga aliviadero y la precipitación. Para el periodo 2016 y 2017 tanto para la época seca y húmeda el caudal de ingreso, precipitación, nivel de embalse y volumen útil han registrado un aumento, pero la descarga Charcani disminuye para los

mismos años y periodos debido a las medidas tomadas por las autoridades pertinentes quienes coordinan y analizan el requerimiento de agua para su descarga posterior.

Cuarta. – Según los resultados evaluados, para el año 2016 en la época seca, los parámetros fisicoquímicos tienen una relación altamente significativa ($p < 0.01$) con los parámetros hidrológicos; la conductividad ($204.88 \mu\text{S/cm}$), turbidez (27.22 NTU) y sólidos totales disueltos (0.14 g/L) con el nivel de embalse (3661.75 msnm), volumen útil (21.74 Hm^3) y la descarga Charcani ($10.71 \text{ m}^3/\text{s}$). En el año 2017 para la época seca la temperatura ($8.97 \text{ }^\circ\text{C}$), la conductividad ($242.53 \mu\text{S/cm}$) y la turbidez (6.00 NTU) presentaron una relación altamente significativa ($p < 0.01$) con el volumen útil (22.44 Hm^3) y la descarga Charcani $12.50 \text{ (m}^3/\text{s)}$; mientras que esos mismos parámetros fisicoquímicos presentaron una relación significativa ($p < 0.05$) con el caudal de ingreso ($13.17 \text{ m}^3/\text{s}$). Dicho esto, se mantuvo una relación altamente significativa en los parámetros de conductividad y turbidez, en los diferentes años para la misma época. Para la época húmeda del 2016 el pH (7.70) y la turbidez (27.16 NTU) tuvieron una relación altamente significativa ($p < 0.01$) con el nivel de embalse (3657.15 msnm), volumen Útil (13.12 Hm^3) y el Caudal de ingreso ($8.79 \text{ m}^3/\text{s}$) y la conductividad ($166.05 \mu\text{S/cm}$) presento una relación significativa ($p < 0.05$) con el nivel de embalse, caudal de ingreso y la descarga Charcani ($10.01 \text{ m}^3/\text{s}$); la clorofila con el nivel de embalse, volumen útil y caudal de ingreso; los STD con el nivel de embalse y el volumen útil.

Para la época húmeda del periodo 2017 la conductividad ($204.33 \mu\text{S/cm}$), sólidos totales disueltos (0.15 g/L) y el oxígeno disuelto (5.76 mg/l) presentaron una relación altamente significativa ($p < 0.01$) con el nivel de embalse (3660.86 msnm) y el volumen útil (19.89

Hm³); mientras que la conductividad (204.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$) presentó una relación altamente significativa ($p < 0.01$) con la descarga Charcani (8.92 m³/s); los sólidos totales disueltos (0.15 g/l) y el oxígeno disuelto (5.76 mg/l) presentaron una relación significativa ($p < 0.05$) con la descarga Charcani (8.92 m³/s) y el oxígeno disuelto presentó una relación altamente significativa con la descarga compuerta.

Quinta. – Se determinó que, conforme a la comparación con el ECA correspondiente, la calidad del agua del embalse Aguada Blanca se encuentra en un nivel aceptable para la categoría 1-A2, Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. Los parámetros evaluados se encuentran por debajo de los límites establecidos, siendo la temperatura y la conductividad los parámetros con mayor variabilidad, aunque estos no excedieron a la normativa.

6.2 Recomendaciones

Primera. - Para una mejora sobre la gestión del recurso hídrico, es recomendable establecer otros puntos de monitoreo de tal manera que se pueda generar una mayor base de datos y determinar los factores que afectan en mayor medida la calidad de agua.

Segunda. – Se sugiere determinar y evaluar otros parámetros que determinen la calidad de agua, así como determinar las concentraciones de analitos biológicos y fisicoquímicos que ayudarían a comprender mejor sobre la dinámica del ecosistema en el embalse y podrían aportar valor a nuevas investigaciones.

Tercera. - Se recomienda el uso de software que realice las evaluaciones periódicas de manera automática del monitoreo de calidad de agua, que ayude a detectar oportunamente situaciones perjudiciales a la calidad del agua del embalse y que podría generar consecuencias en los diferentes usos del recurso proveniente de la regulación de Aguada Blanca.

Cuarta. - Se sugiere utilizar herramientas de modelamiento hídrico a fin de detectar futuros problemas en cuanto a la calidad del agua y establecer tiempos de retención hídrica adecuados.

Quinta. - Se recomienda realizar la calibración del equipo de manera permanente para evitar los errores de toma de datos y asegurarnos que el factor por defecto que nos otorga la sonda para el cálculo de STD por medio del sensor de conductividad se mantenga constante.

Sexta. – Se recomienda realizar los monitoreos en tiempo real para evitar las marchas analíticas, de tal manera que se reduzcan los tiempos de procesamiento de información para proponer medidas preventivas de manera oportuna.

BIBLIOGRAFÍA

- Amado. (2018). *Determinación bacteriológica de la calidad del agua de consumo humano, regadío y bebida de animales del distrito de Majes, Abril - Mayo 2017*. Caylloma - Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
- ANA. (2009). *Evaluación de la eficiencia del uso del agua en la Cuenca del Río Chili* (Vol. 1). Arequipa: Ministerio de Agricultura y Riego.
- ANA. (2013). *Plan de Gestión de Recursos Hídricos en la Cuenca Quilca-Chili*. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego.
- ANA. (2014). *Evaluación Integral de la Calidad de Agua de los Embalse y Ríos que conforman en sistema Hidráulico Chili-Arequipa*. Arequipa: Ministerio de Agricultura y Riego.
- ANA. (2016). *Glosario de Recursos Hídricos*. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego.
- ANA. (2016a). *Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego.
- ANA. (2018). *Clasificación de los cuerpos de Agua Continentales Superficiales*. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura y Riego.
- Aznar, A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Revista interdisciplinaria de gestión ambiental*, 2(23), 12-19.
- Bonanseña, M., Ledesma, C., Rodríguez, C., & Sánchez, A. (2012). Concentración de clorofila -a y límite de zona fótica en el embalse Río Tercero (Argentina) utilizando imágenes del satélite CBERS-2B. *Ambiente & Agua*, 7(3), 61-71.
- Comisión Multisectorial ENFEN. (2018). *Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño"*. Lima: ENFEN.
- D.S N° 004-2017 . (07 de 07 de 2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. Lima: MINAM.
- Egúsquiza Economistas. (16 de Julio de 2009). *Represa de Aguada Blanca*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2018, de Infraestructura Peruana: <http://infraestructuraperuana.blogspot.com/2009/06/represa-de-aguada-blanca.html>
- Fajardo, N. (2018). *Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú (Tesis de Maestría)* . Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos .
- Fernández, A. (2012). El agua, un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147-170.

- Fontúrbel, F. (2005). Indicadores fisicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del lago Titikaka (Bolivia). *Ecología Aplicada*, 4(1 y 2), 135 - 141.
- GESTA AGUA. (2005). *Abastecimiento de Poblaciones y Uso Recreacional - Parámetro a Evaluar: ORGANOLÉPTICO*. Lima: Dirección General de Salud Ambiental DIGESA - MINSA. Obtenido de http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf
- Gupta, S. (1998). Cyanobacterial toxins: Microcystin-LR. *Guidelines drinking water quality, Segunda edicion*, 95 - 110.
- Hach Company. (2005). *Sondas Multiparamétricas para determinar la calidad del agua*. OTT.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México: Mc Graw Hill.
- Lucas, D. (2014). *Estudio de la calidad de agua de la represa San Vicente - Colonche, mediante el uso de índices de Calidad de Agua (ICA) y macroinvertebrados acuáticos indicadores (MAIA) de enero a septiembre del 2013 (Tesis de pregrado)*. La Libertad, Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena .
- Martínez Romero , A., Fonseca Gómez , K., Ortega Sánchez, J., & García-Luján, C. (1 de Abril de 2009). Monitoreo de la calidad microbiológica del agua en la cuenca hidrológica del Río Nazas, México. *Química Viva*, 8(1), 35-47. Recuperado el 2017, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86311258005>
- Metcalf & Eddy INC. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales, tratamiento, vertido y reutilización*. Madrid: Mc Graw W Hill.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). *Principales cuencas hidrográficas a nivel nacional*. Lima.
- Ministerio de Sanidad y Consumo del Reino de España. (21 de febrero de 2003). Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. *R.D. 140/2003, BOE n° 45*. Madrid, España: Ministerio de la presidencia.
- Moreno Franco, D., Quintero Manzano, J., & López Cuevas, A. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *ContactoS*, 78, 25 - 33.

- Muñoz, H., Orozco, S., & Vera, A. (2015). Relación entre oxígeno disuelto, precipitación pluvial y temperatura: río Zahuapan, Tlaxcala, Mexico. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 6(5), 59-74.
- OMS. (2008). *Guías para la calidad del agua potable* (Tercera ed., Vol. 1). Geneva: Biblioteca de la OMS. Obtenido de https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/
- ONU - DAES. (22 de 10 de 2014). *Calidad de agua*. Obtenido de Decenio Internacional para la Acción "El agua fuente de vida" 2005 - 2015: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- OPS. (2004). *Especificaciones técnicas para la construcción de captaciones de aguas superficiales*. Lima: Área de desarrollo sostenible y salud ambiental de la OMS.
- Quintana, C., Lillo, M., & Consuelo, G. (2012). Metodología para estimación de la turbiedad de un Lago mediante la clasificación orientada a objetos de imágenes multiespectrales. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 3(4), 143-150.
- Rice, E., Baird, R., Eaton, A., & Clesceri, L. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. USA: American Public Health Association.
- Rodriguez Uro, V. (2017). *Detección de cianobacterias toxigenas de la represa El Pañe (Tesis pregrado)*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
- Rodriguez, M. (2003). *Estudio de la problemática ambiental de eutrofización del embalse San Roque(Córdoba) aportes para la gestión del recurso(Tesis de Maestría)*. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Roldán, G., & Ramírez, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical* (Segunda ed., Vol. 15). Medellín: Universidad de Antioquia.
- Roset, J., Aguayo, S., & Muñoz, M. (2001). Detección de cianobacterias y sus toxinas. Una revisión. *Revista de toxicología*, 18, 65 - 71.
- Silva, J. et al. (2013). Calidad Química del agua subterránea y superficial en la cuenca del Río Duero, Michoacán. *Tecnologías y ciencias del agua*, IV(5), 127-146.
- Tamani, Y. (2014). *Evaluación de la calidad de agua del río negro en la provincia de Padre Abad, Aguantya*. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la selva.
- UNE EN 77030. (1982). *Calidad de Agua: Determinación de residuo total*. Madrid: AENOR.

- UNE-EN 27888. (1993). Calidad del agua. Determinación de la conductividad eléctrica. Madrid: AENOR.
- Vera, D., & Rosas, L. (2017). *Modelar la contaminación de la represa Aguada Blanca, por hierro y manganeso, entre la temporada de lluvias y estiaje para proporcionar agua de calidad a la población de Arequipa (Tesis pregrado)*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
- Yuncong, L., & Migliaccio, K. (2011). *Water Quality Concepts, Sampling, and Analyses*. United States of America: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Yungán, J. (2010). *Estudio de la calidad de agua en los afluentes de la microcuenca del Rio Blanco para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo (Tesis de pregrado)*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Zeballos, H., Ochoa, J., & López, E. (2010). *Diversidad biológica de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca*. Lima: DESCO - PROFONANPE - SENANP.

ANEXOS

Anexo 1 Relación de los parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos de la represa aguada blanca en la zona lacustre del embalse en la estación seca 2016

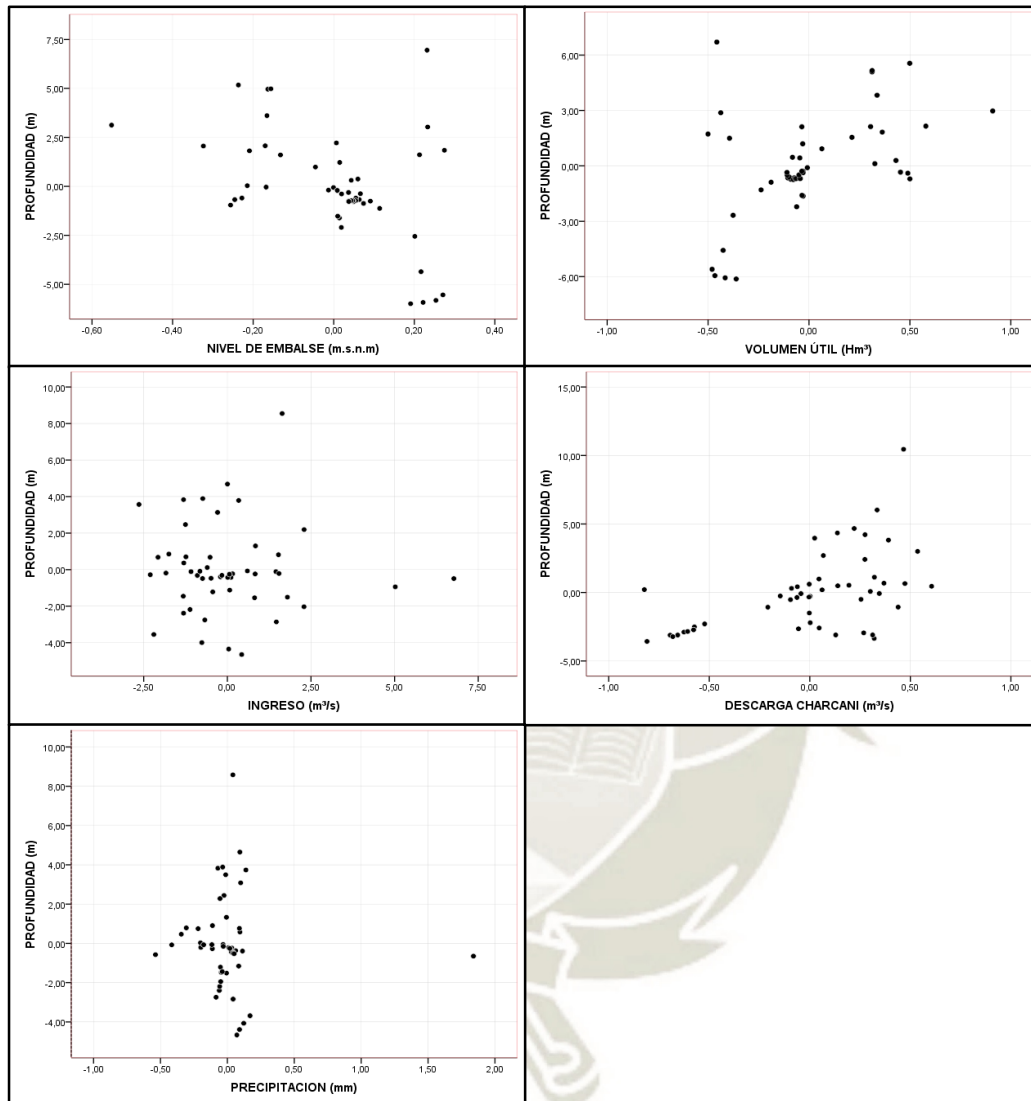


Figura 12 Correlación de la profundidad y los parámetros hidrológicos en la estación seca 2016

Fuente: Elaboración Propia

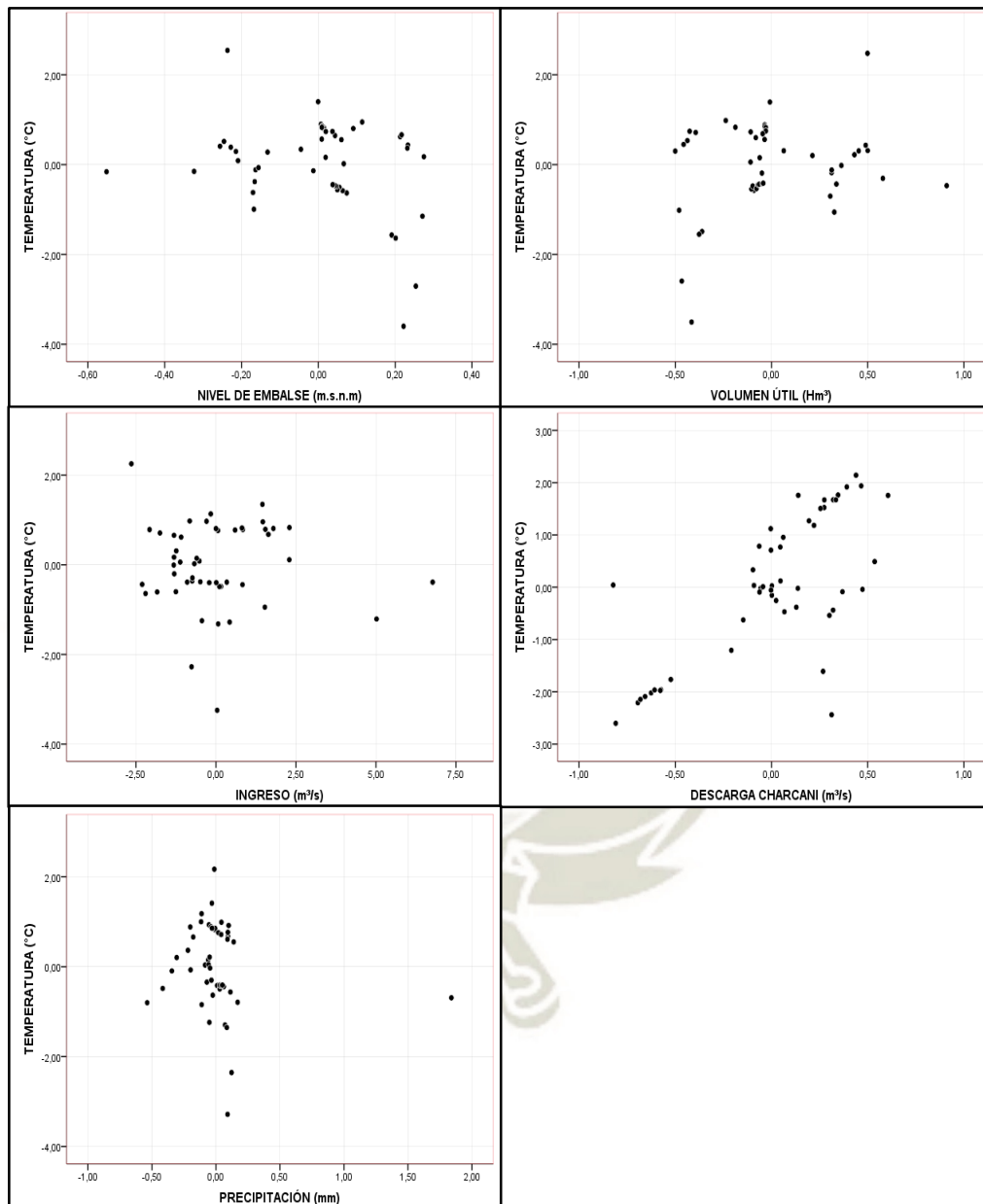


Figura 13 Correlación de la temperatura y los parámetros hidrológicos en la estación seca 2016.

Fuente: Elaboración Propia

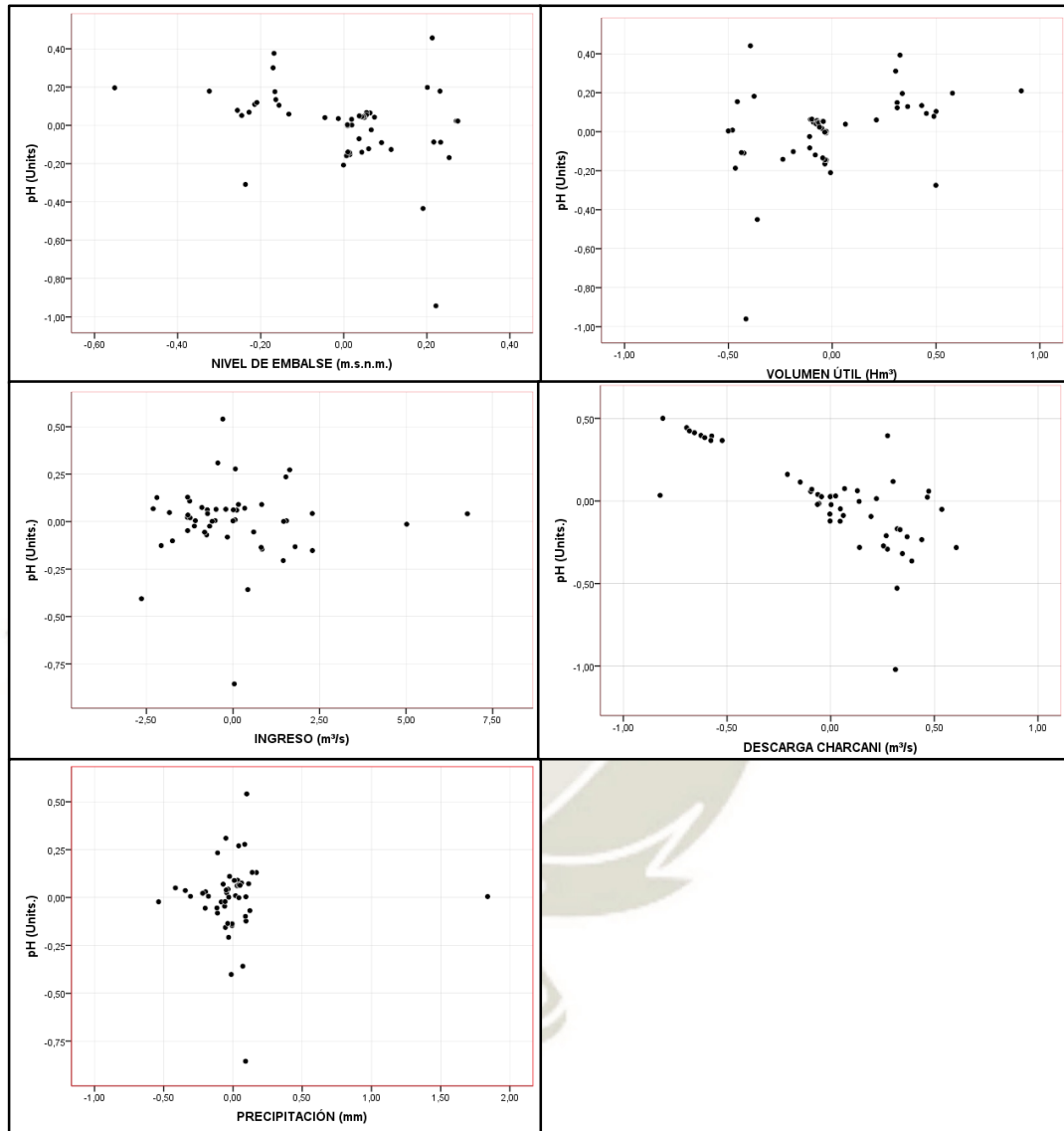


Figura 14 Correlación del pH y los parámetros hidrológicos en la estación seca 2016.

Fuente: Elaboración Propia

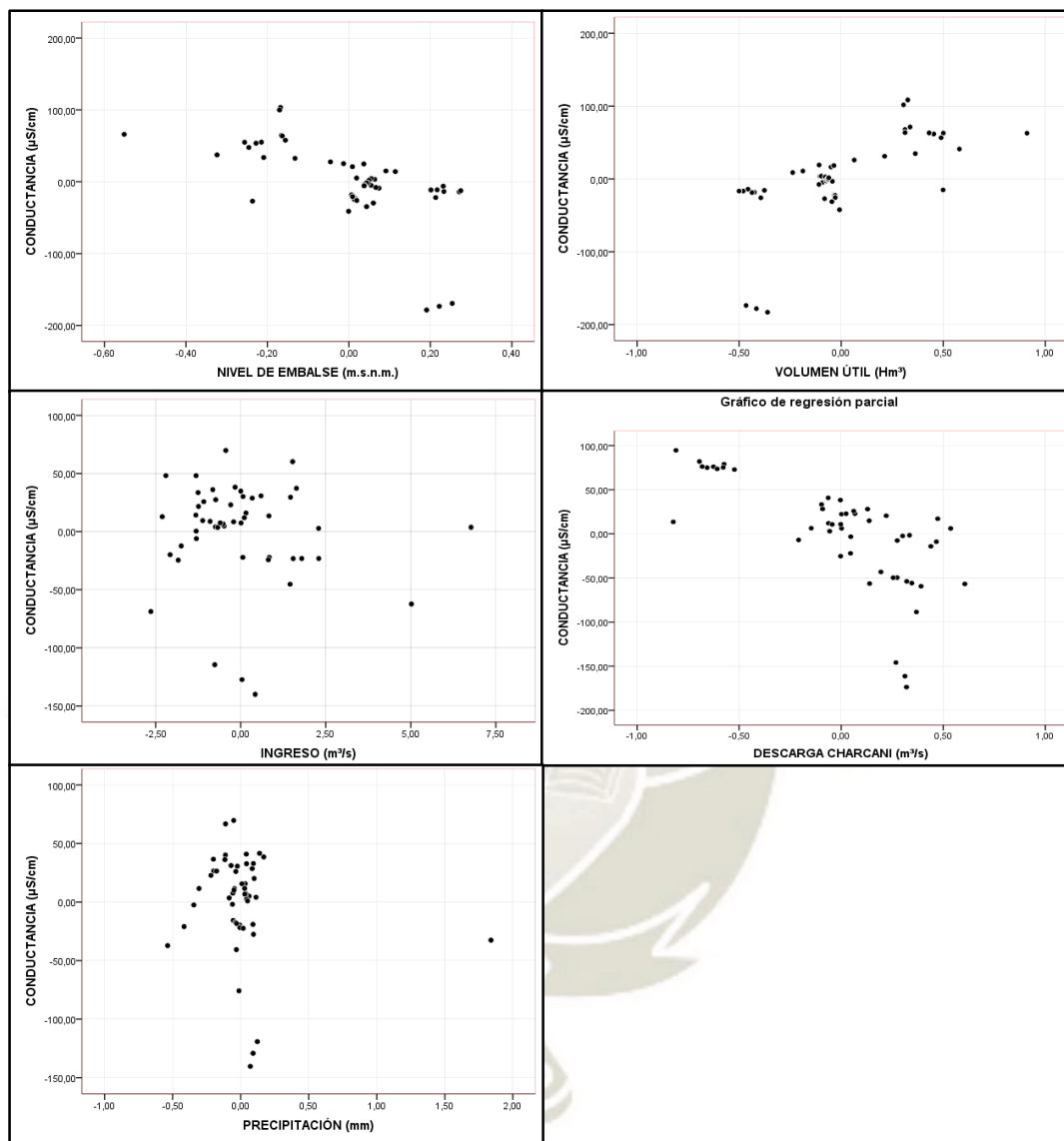


Figura 15 Correlación de la conductancia y los parámetros hidrológicos en la estación seca 2016.

Fuente: Elaboración Propia

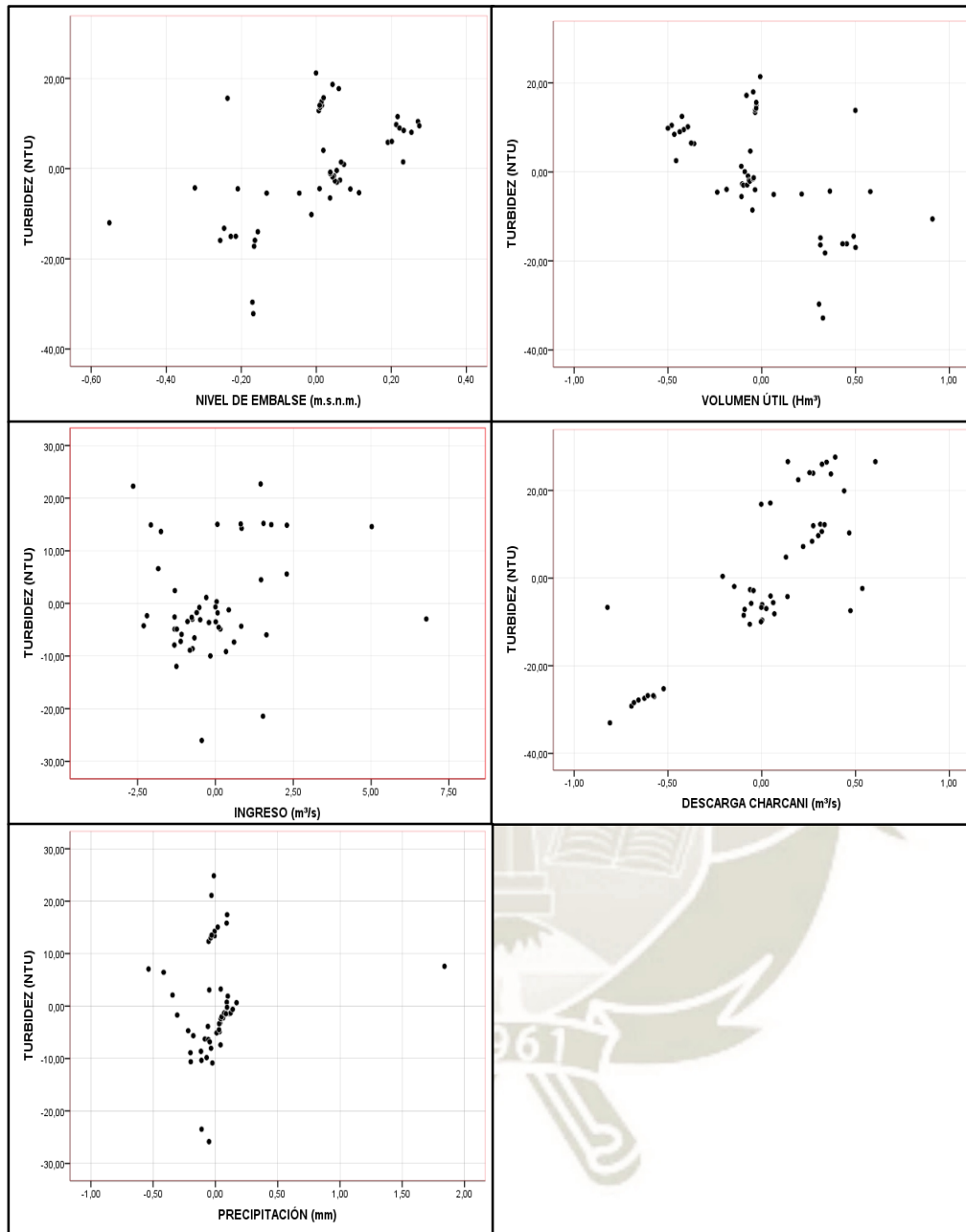


Figura 16 Correlación de la turbidez y los parámetros hidrológicos en la estación seca 2016

Fuente: Elaboración Propia

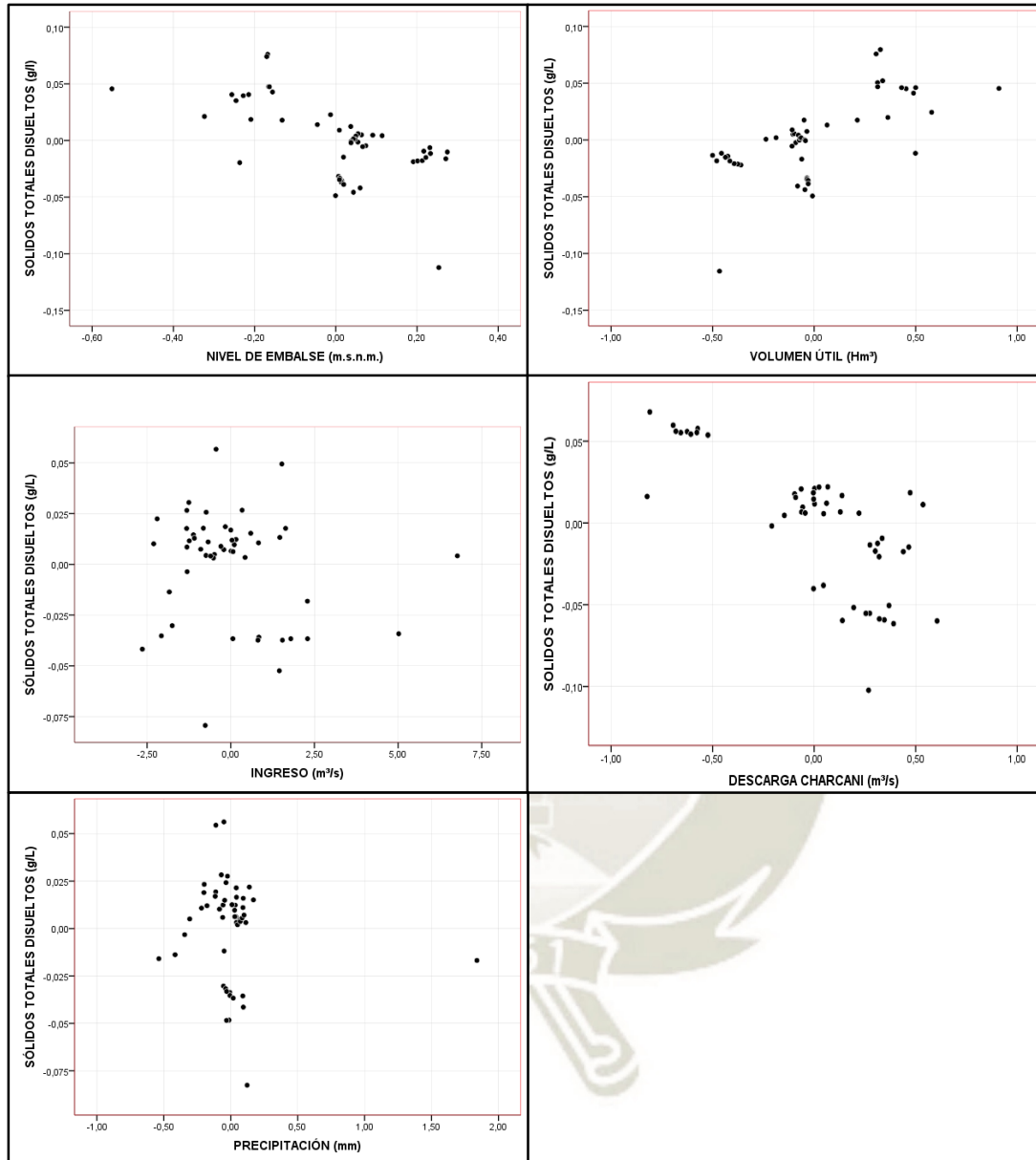


Figura 17 Correlación de la concentración de sólidos totales disueltos y los parámetros hidrológicos en la estación seca 2016.

Fuente: Elaboración Propia

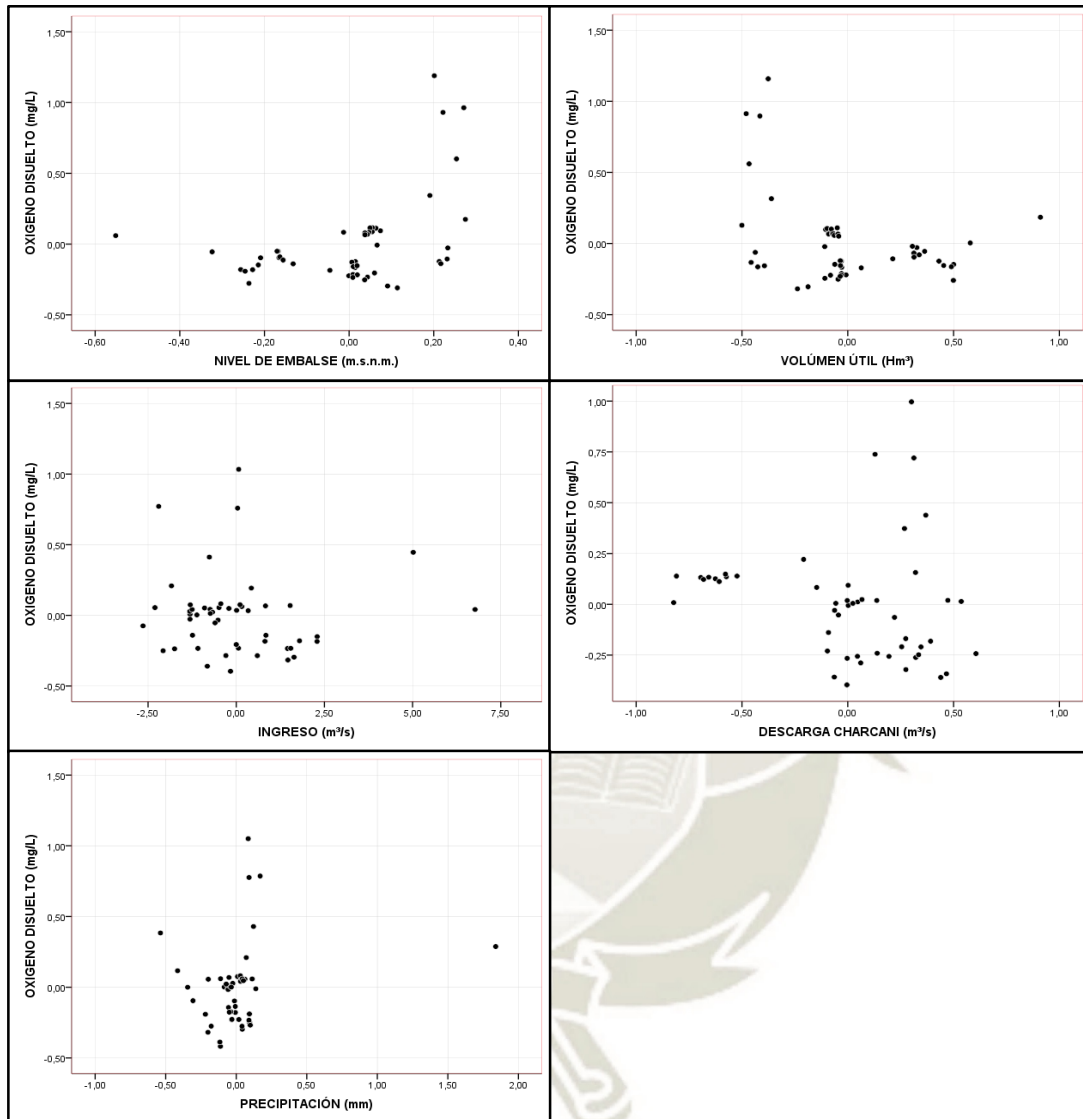


Figura 18 Correlación del oxígeno disuelto y los parámetros hidrológicos en la estación seca 2016.

Fuente: Elaboración Propia

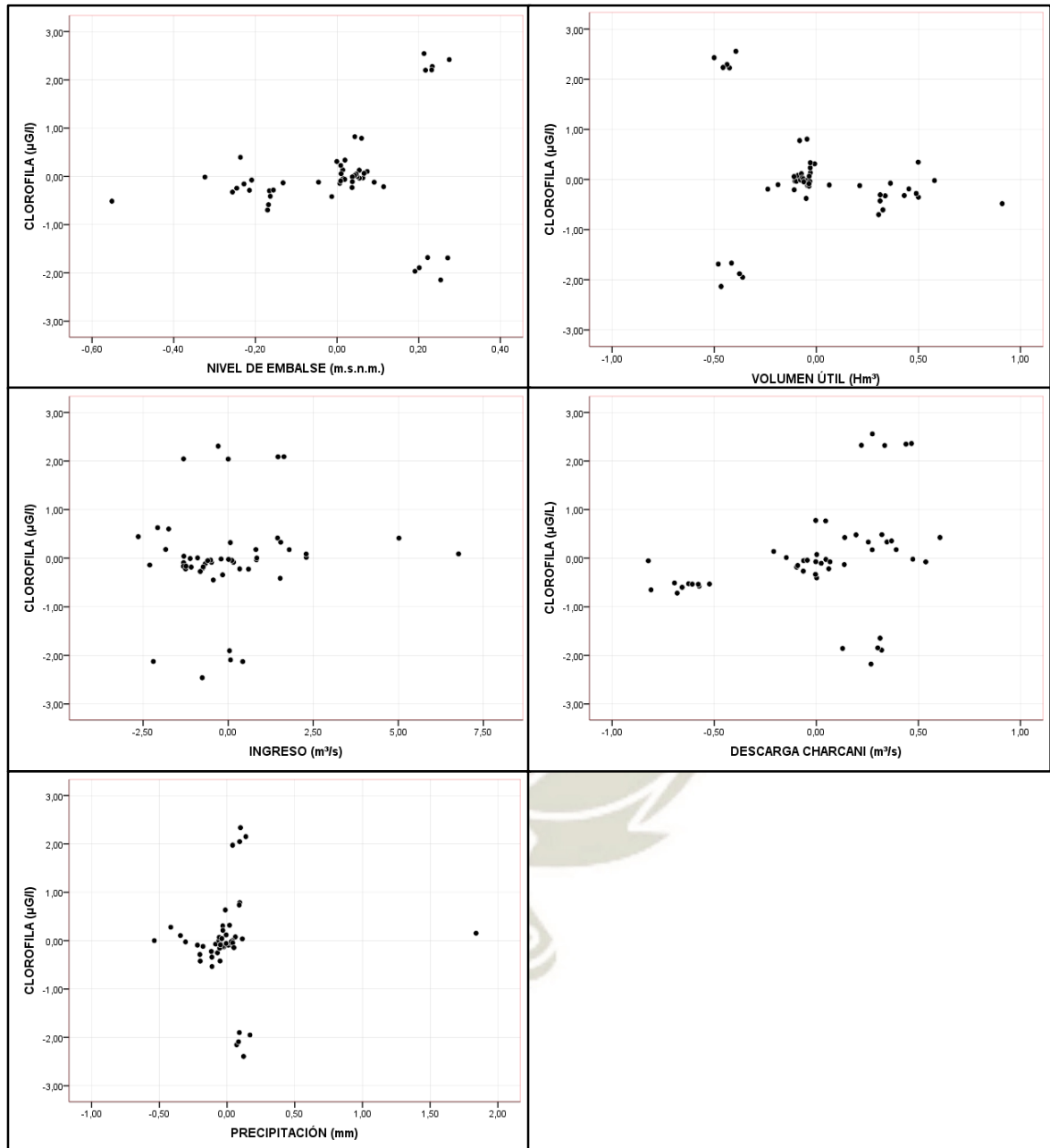


Figura 19 Correlación de la concentración de clorofila y los parámetros hidrológicos en la estación seca 2016.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2 Relación de los parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos de la represa aguada blanca en la zona lacustre del embalse en la estación húmeda 2016

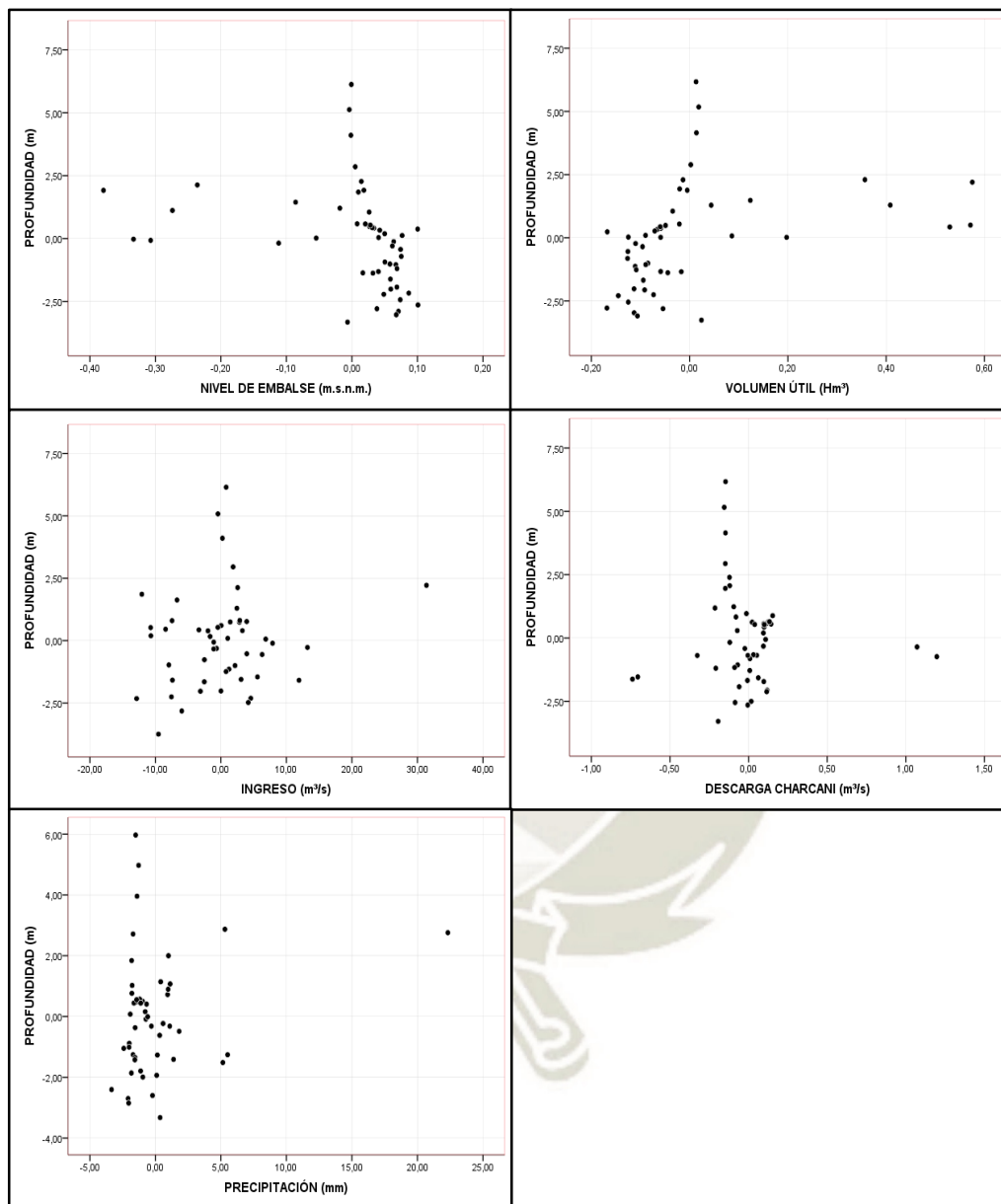


Figura 20 Correlación de la profundidad y los parámetros hidrológicos en la estación húmeda 2016.

Fuente: Elaboración Propia

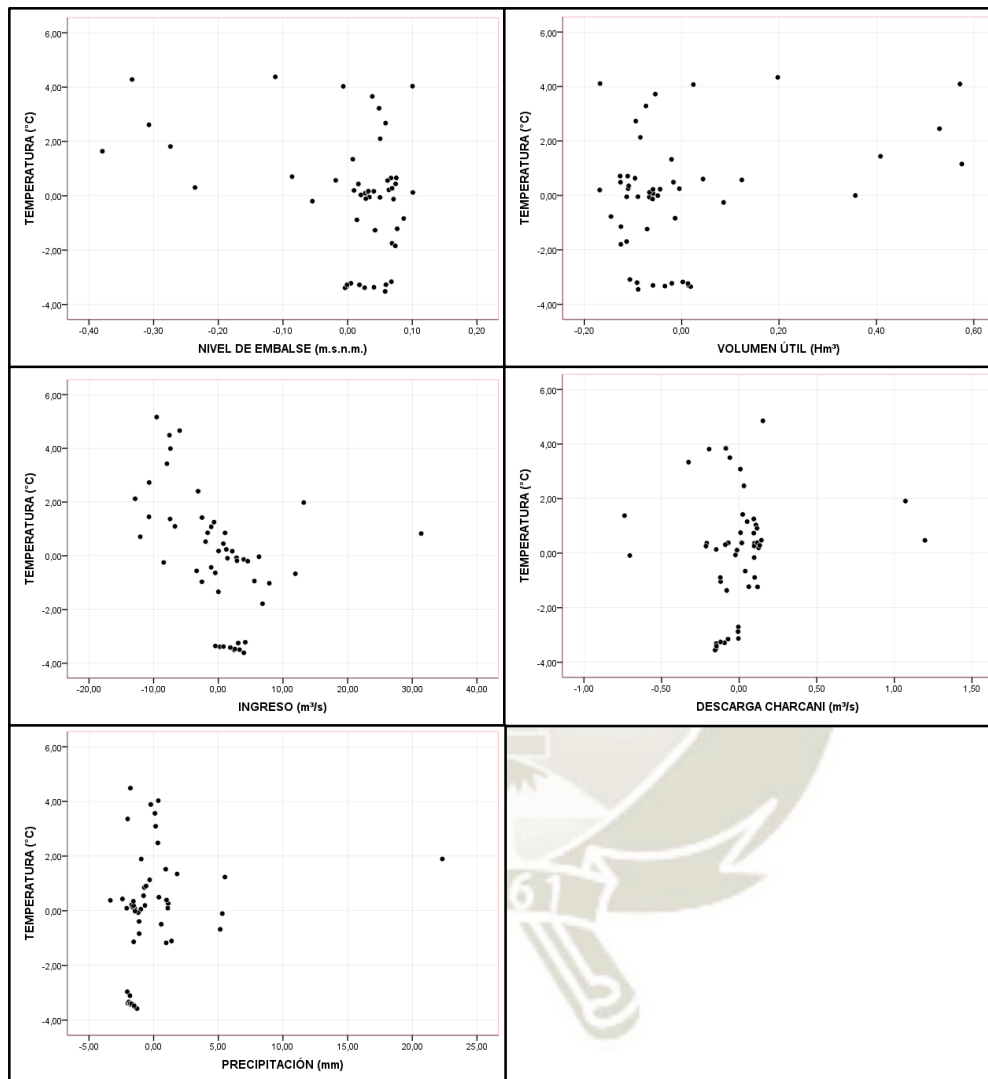


Figura 21 Correlación de la temperatura y los parámetros hidrológicos en la estación húmeda 2016.

Fuente: Elaboración Propia

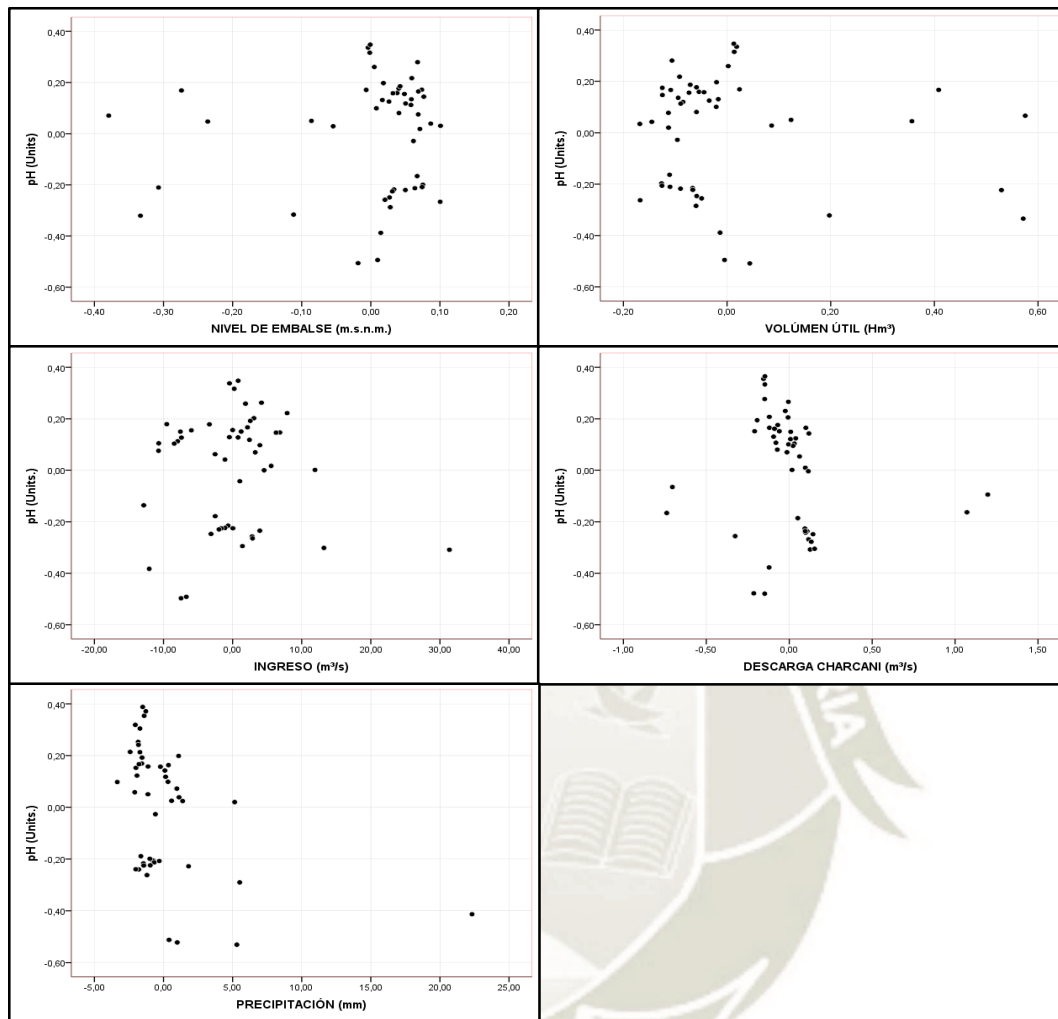


Figura 22 Correlación del pH y los parámetros hidrológicos en la estación húmeda 2016.

Fuente: Elaboración Propia

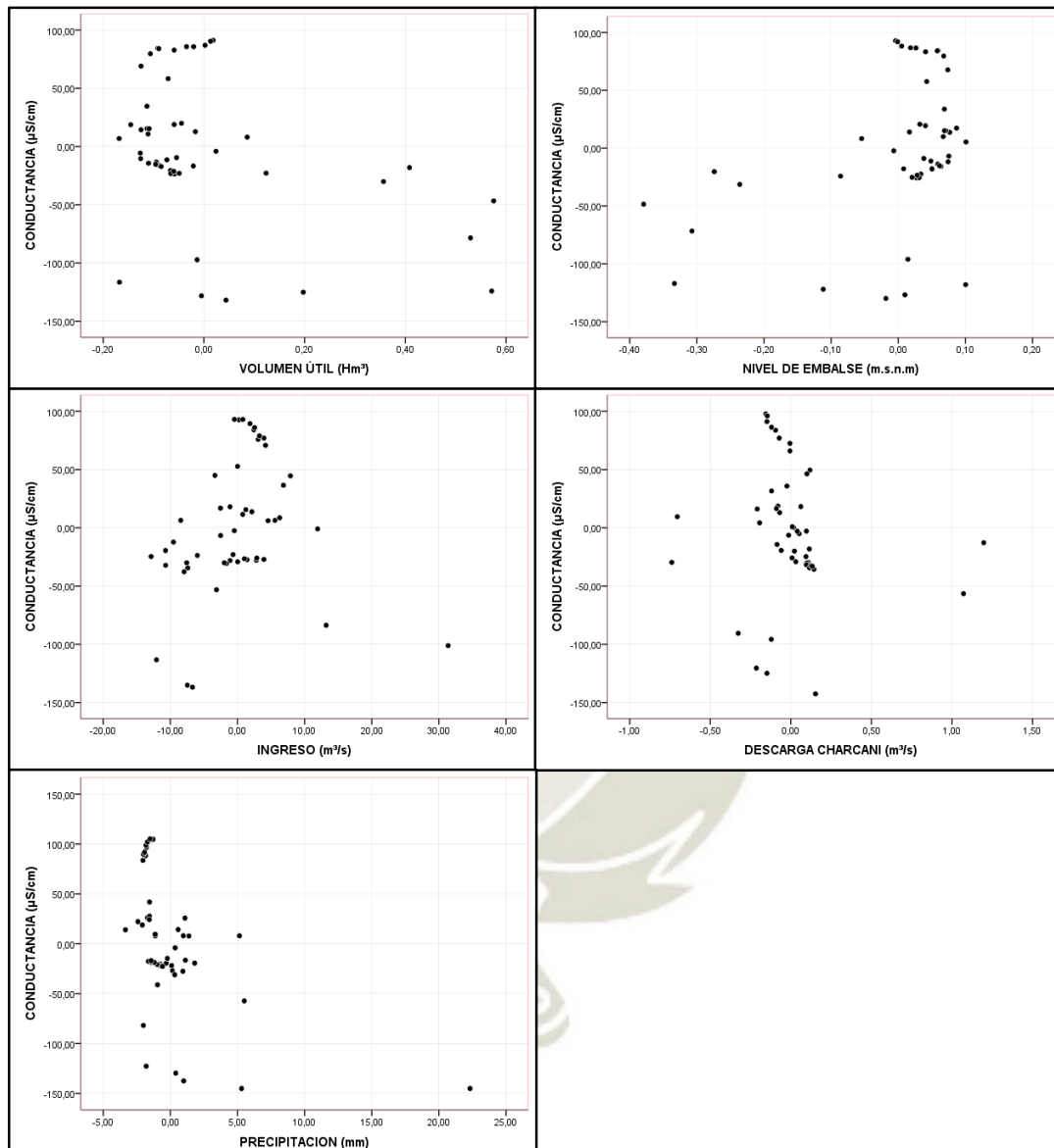


Figura 23 Correlación de la conductancia y los parámetros hidrológicos en la estación húmeda 2016.

Fuente: Elaboración Propia

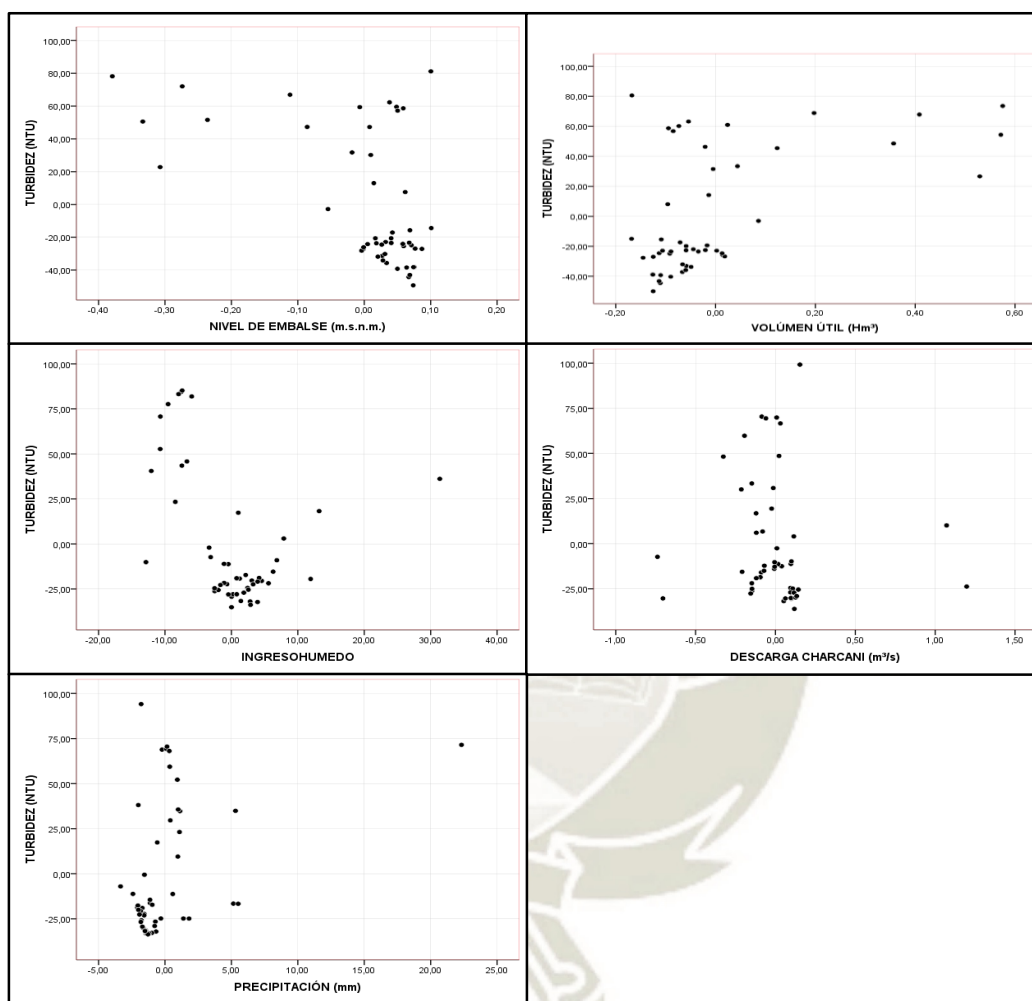


Figura 24 Correlación de la turbidez y los parámetros hidrológicos en la estación húmeda 2016.

Fuente: Elaboración Propia

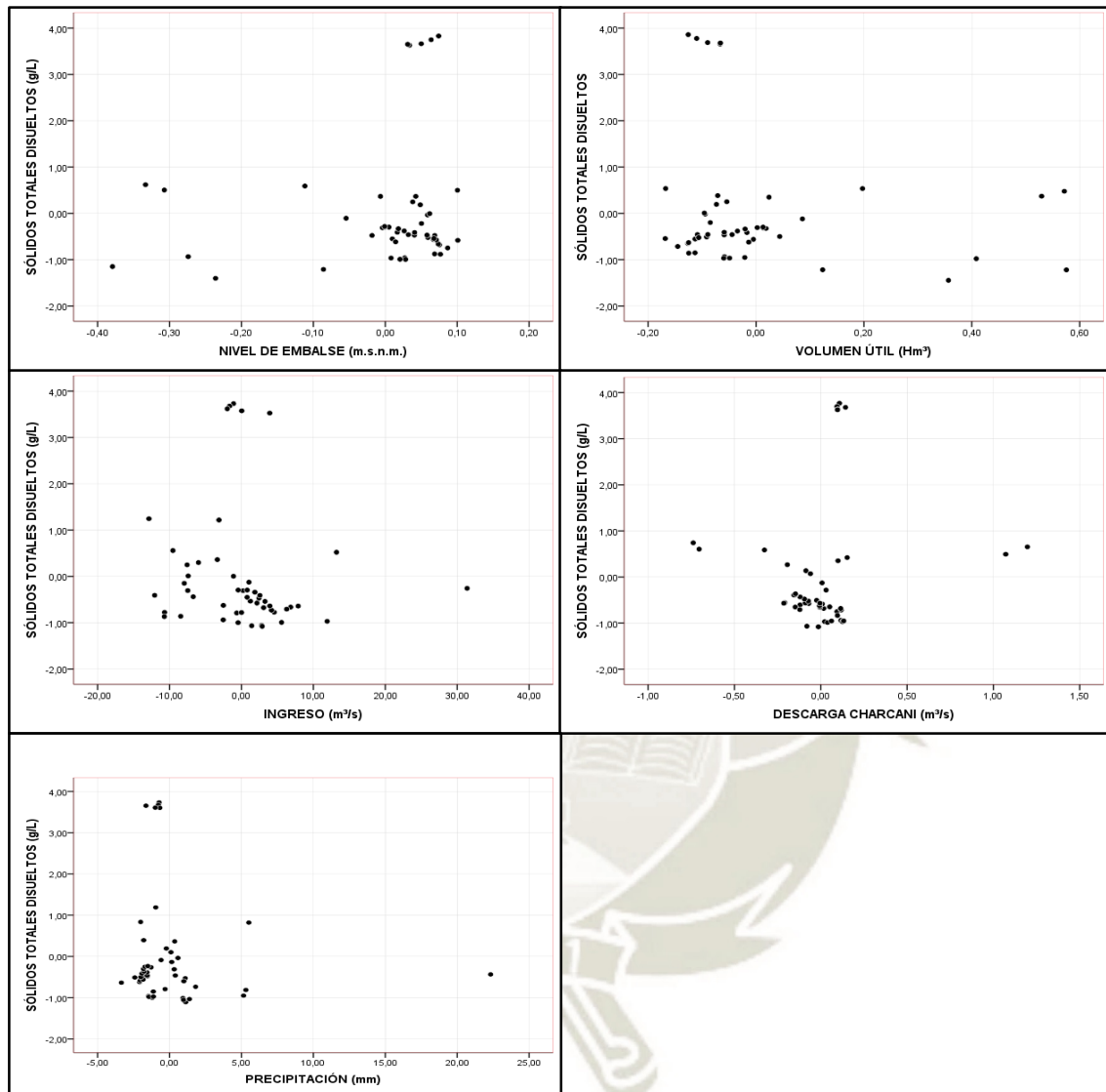


Figura 25 Correlación de los sólidos totales disueltos y los parámetros hidrológicos en la estación húmeda 2016.

Fuente: Elaboración Propia

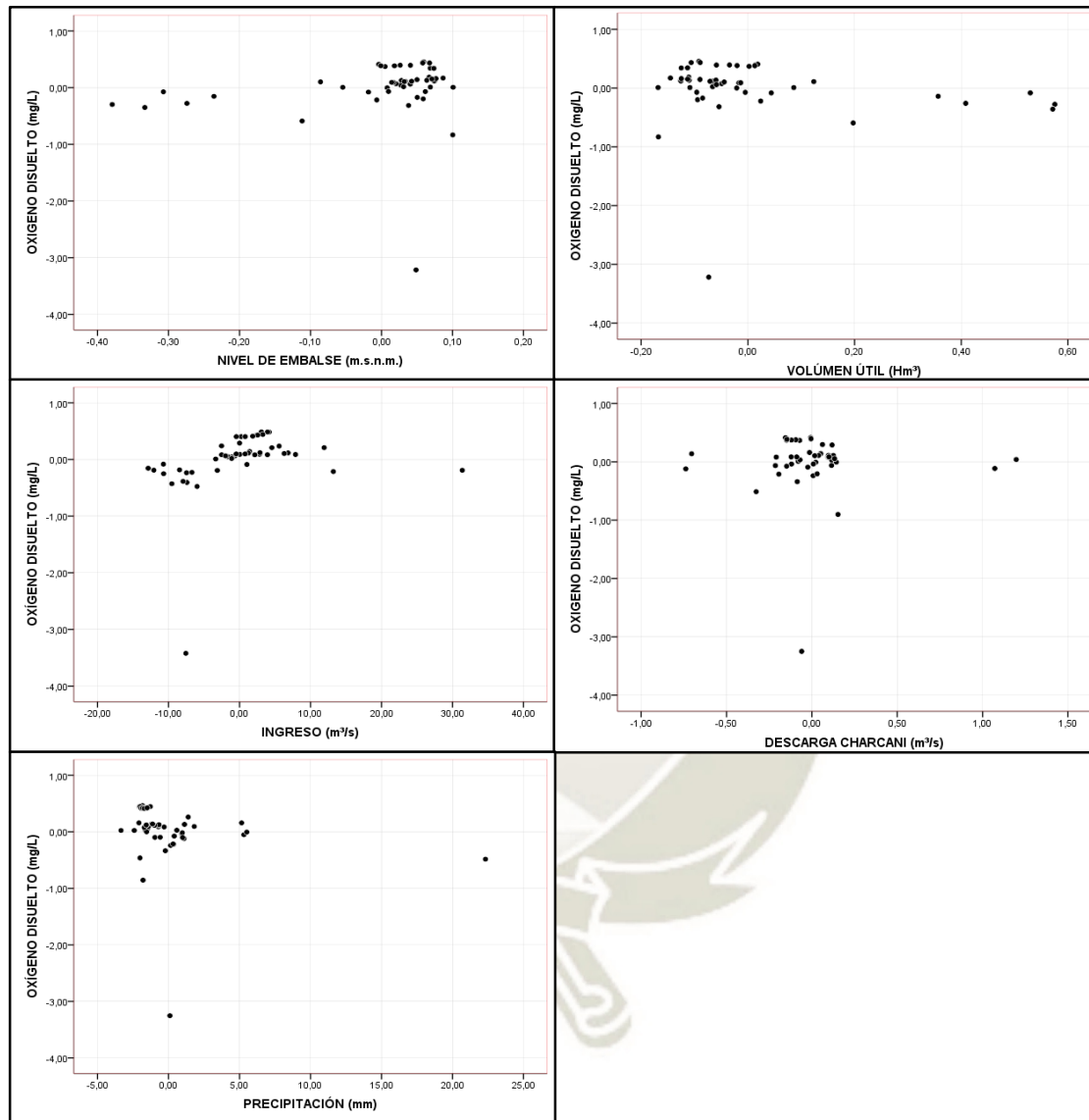


Figura 26 Correlación del oxígeno disuelto y los parámetros hidrológicos en la estación húmeda 2016.

Fuente: Elaboración Propia

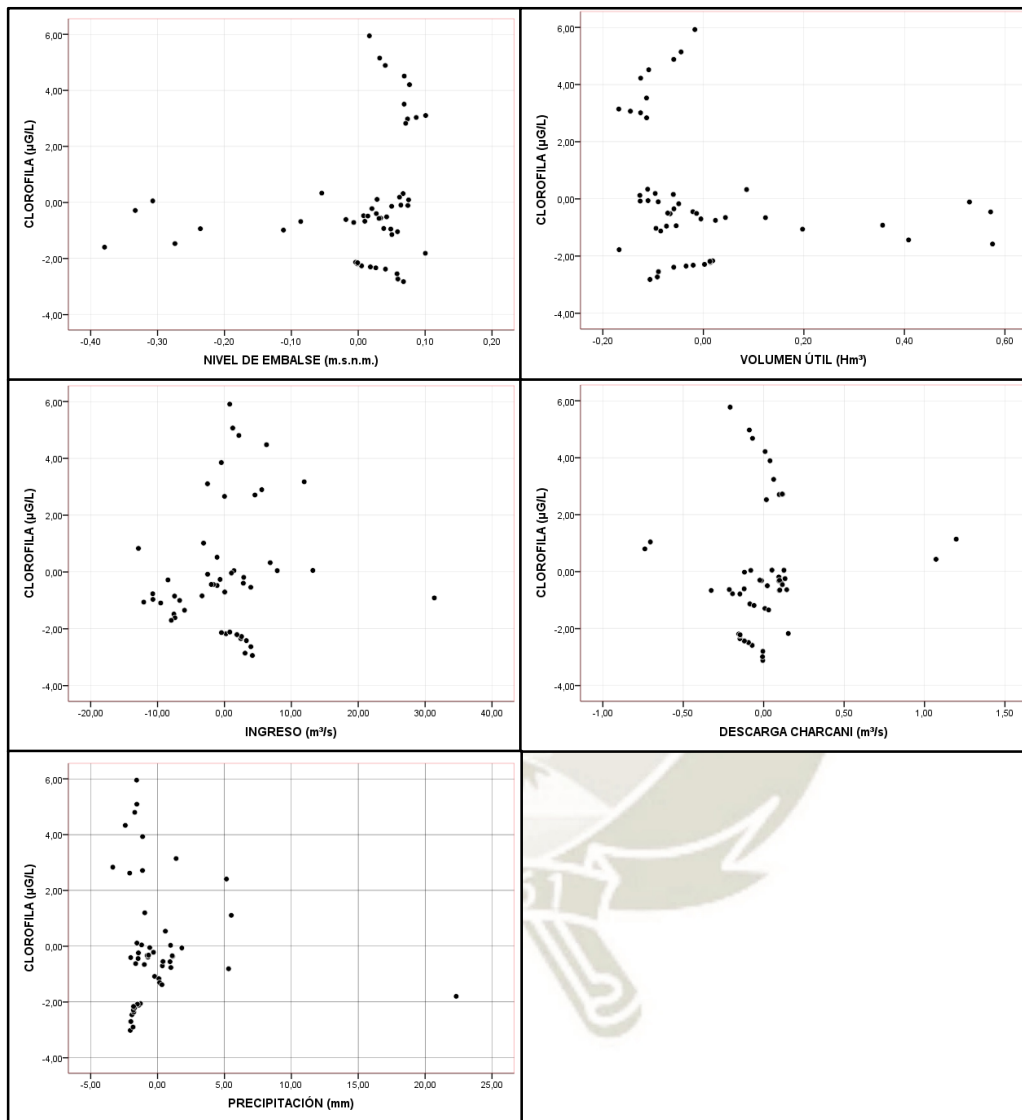


Figura 27 Correlación de la concentración de clorofila y los parámetros hidrológicos en la estación húmeda 2016.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3 Relación de los parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos de la represa aguada blanca en la zona lacustre del embalse en la estación seca 2017

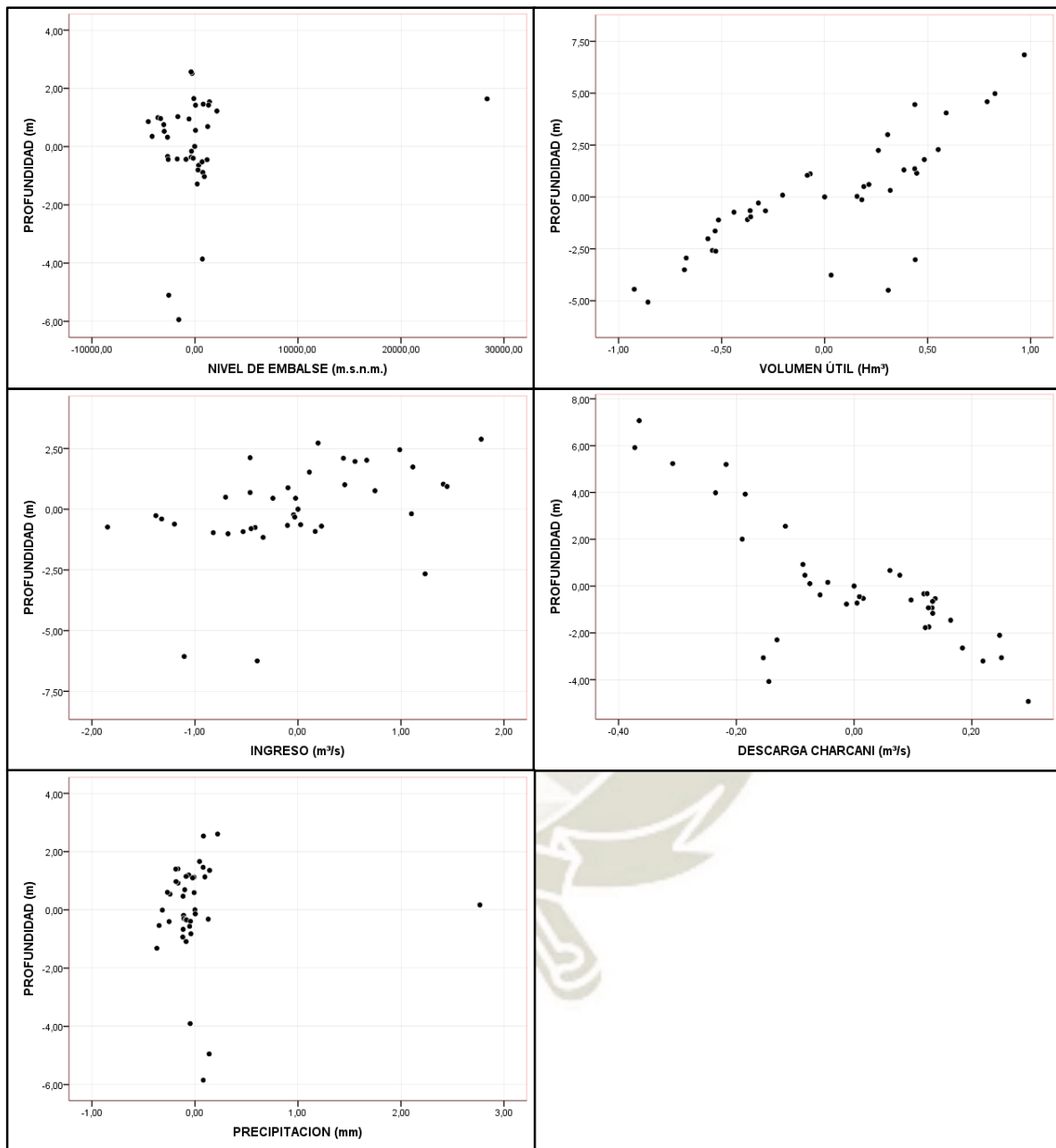


Figura 28 Correlación de la profundidad y los parámetros hidrológicos en la estación seca 2017.

Fuente: Elaboración Propia

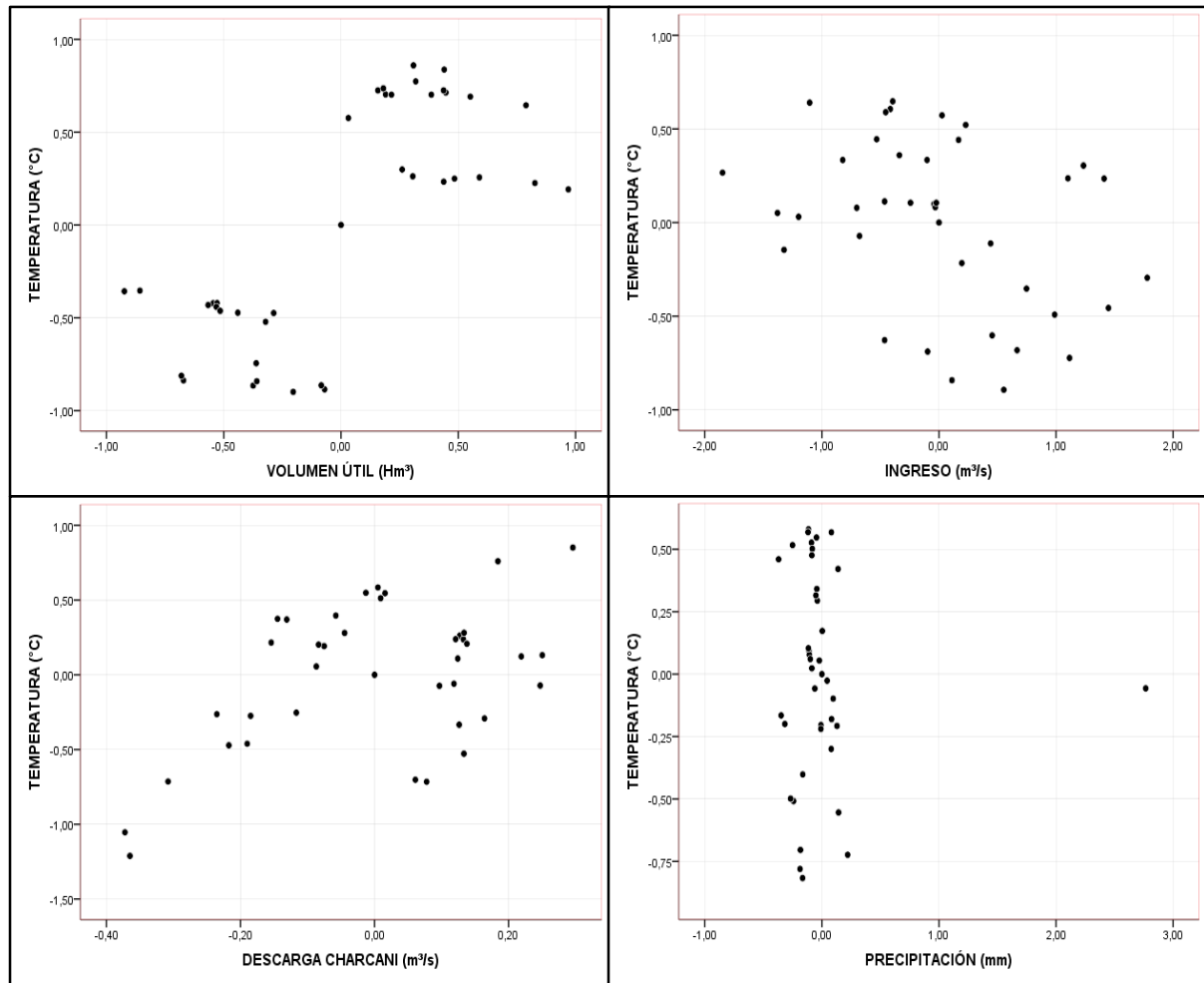


Figura 29 Correlación de la temperatura y los parámetros hidrológicos en la estación seca 2017.

Fuente: Elaboración Propia

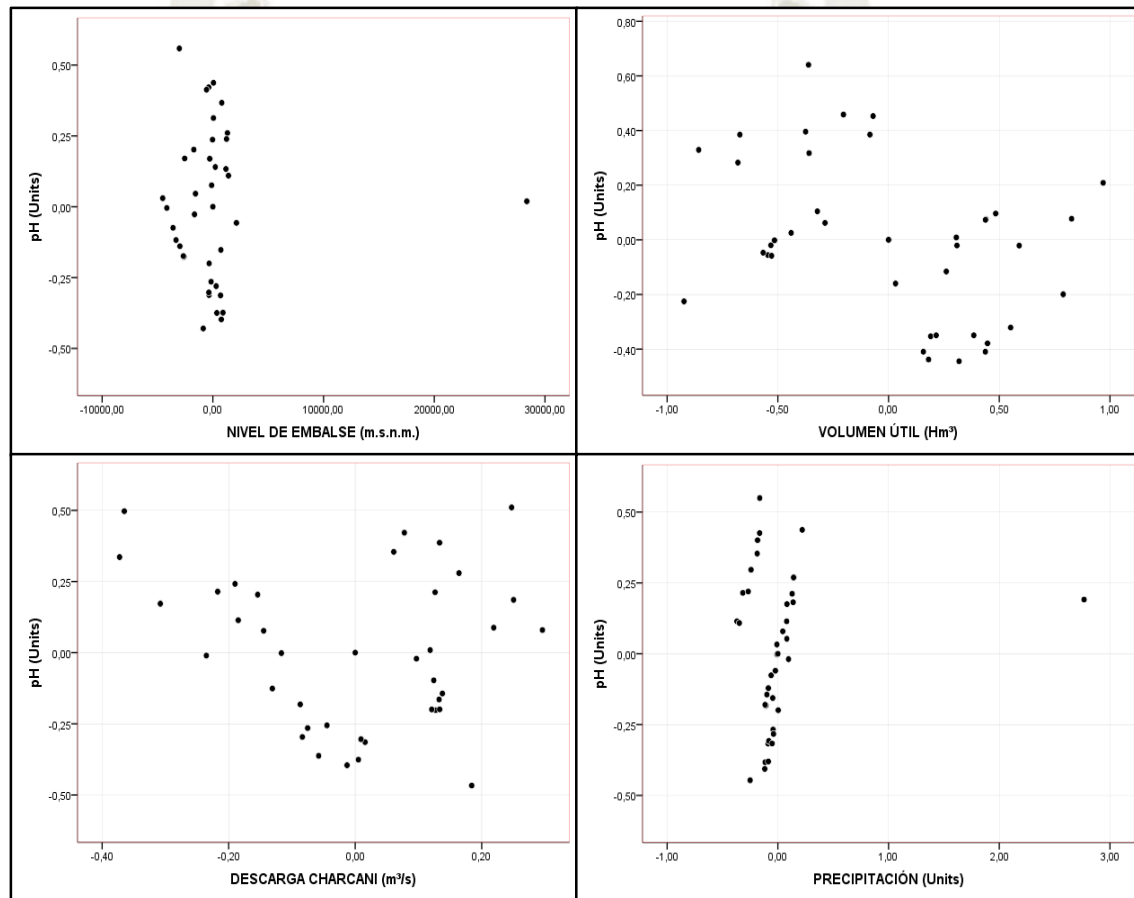


Figura 30 Correlación del pH y los parámetros hidrológicos en la estación seca 2017.

Fuente: Elaboración Propia

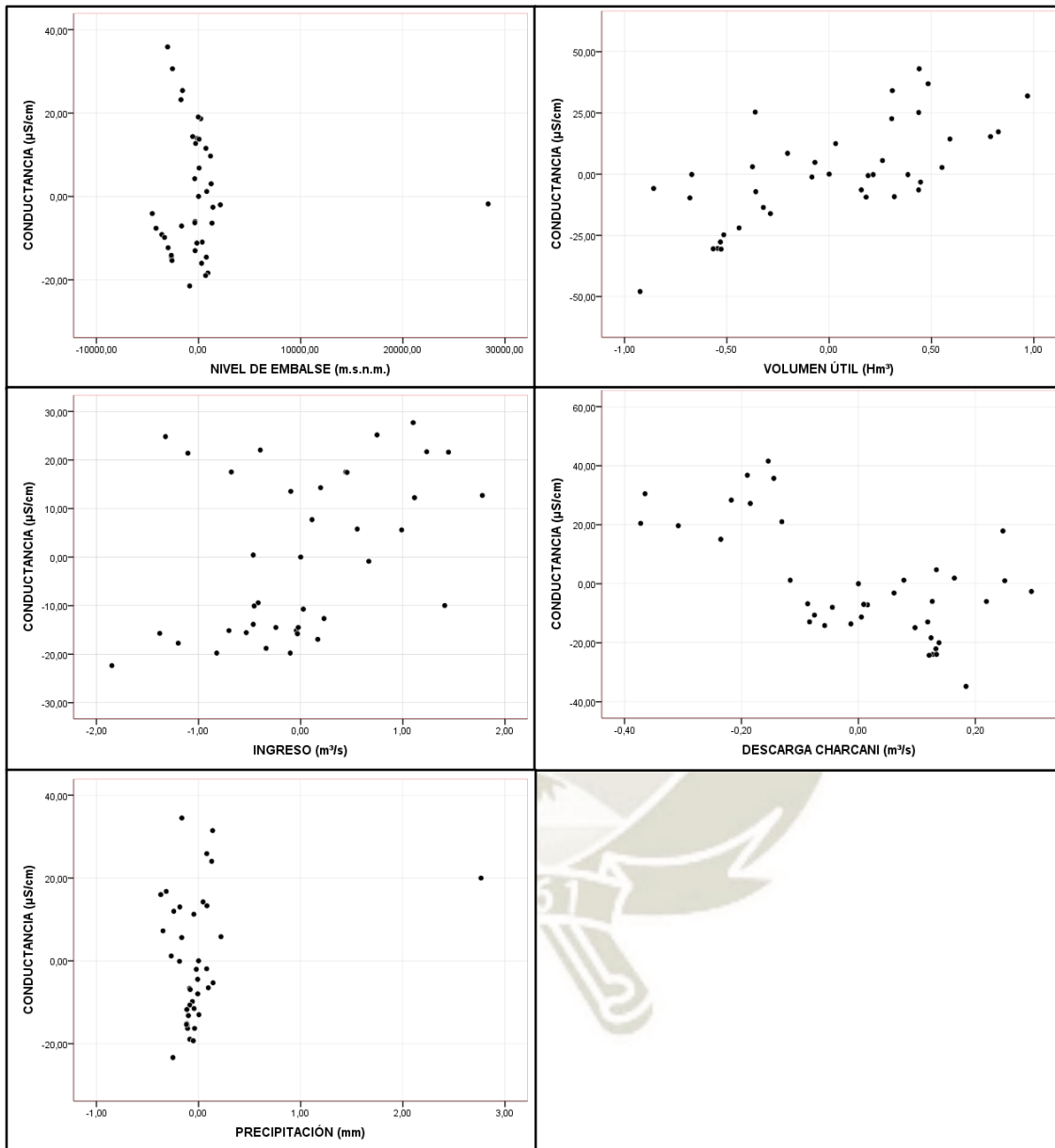


Figura 31 Correlación de la conductancia y los parámetros hidrológicos en la estación seca 2017.

Fuente: Elaboración Propia

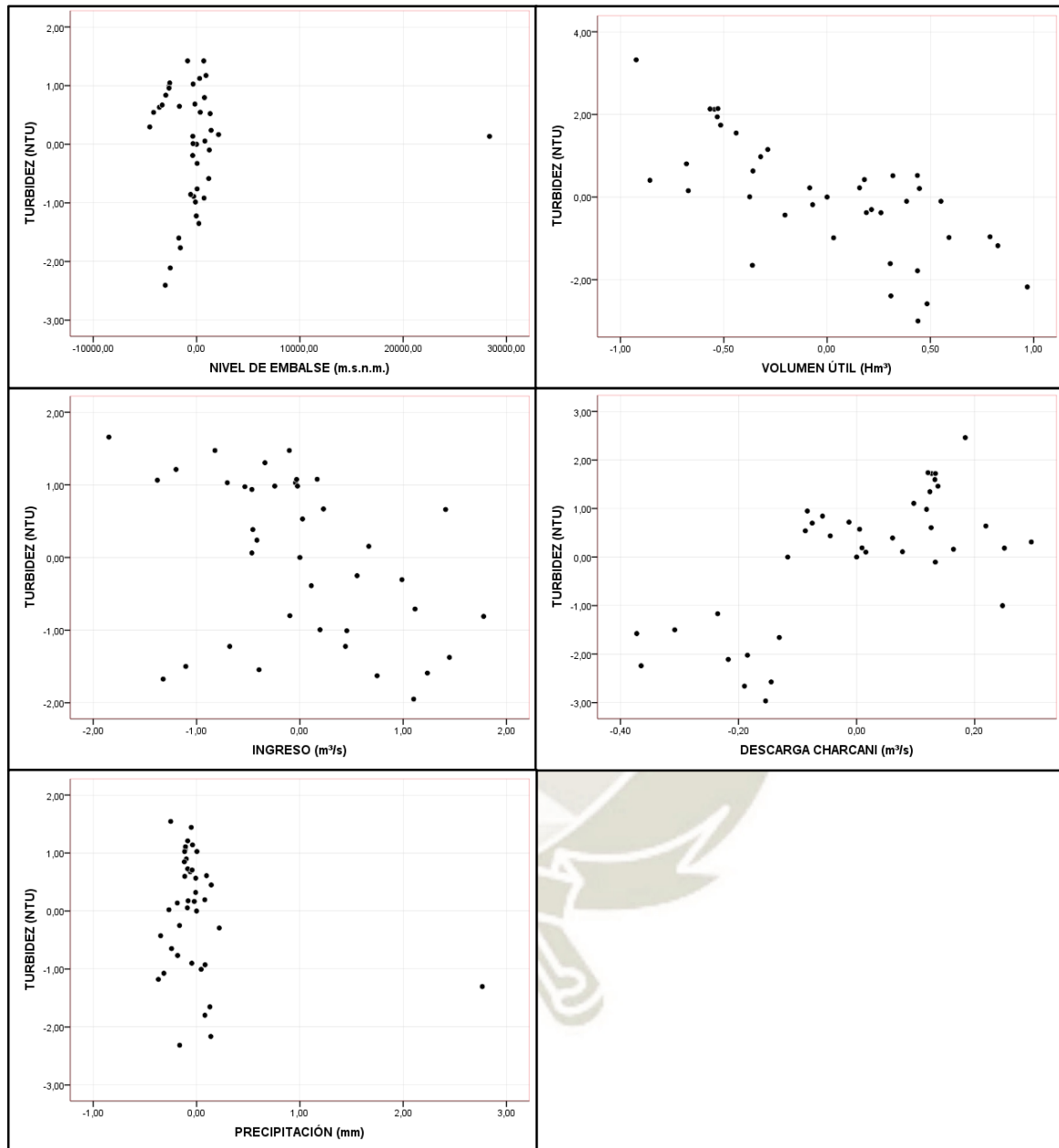


Figura 32 Correlación de la turbidez y los parámetros hidrológicos en la estación seca 2017.

Fuente: Elaboración Propia

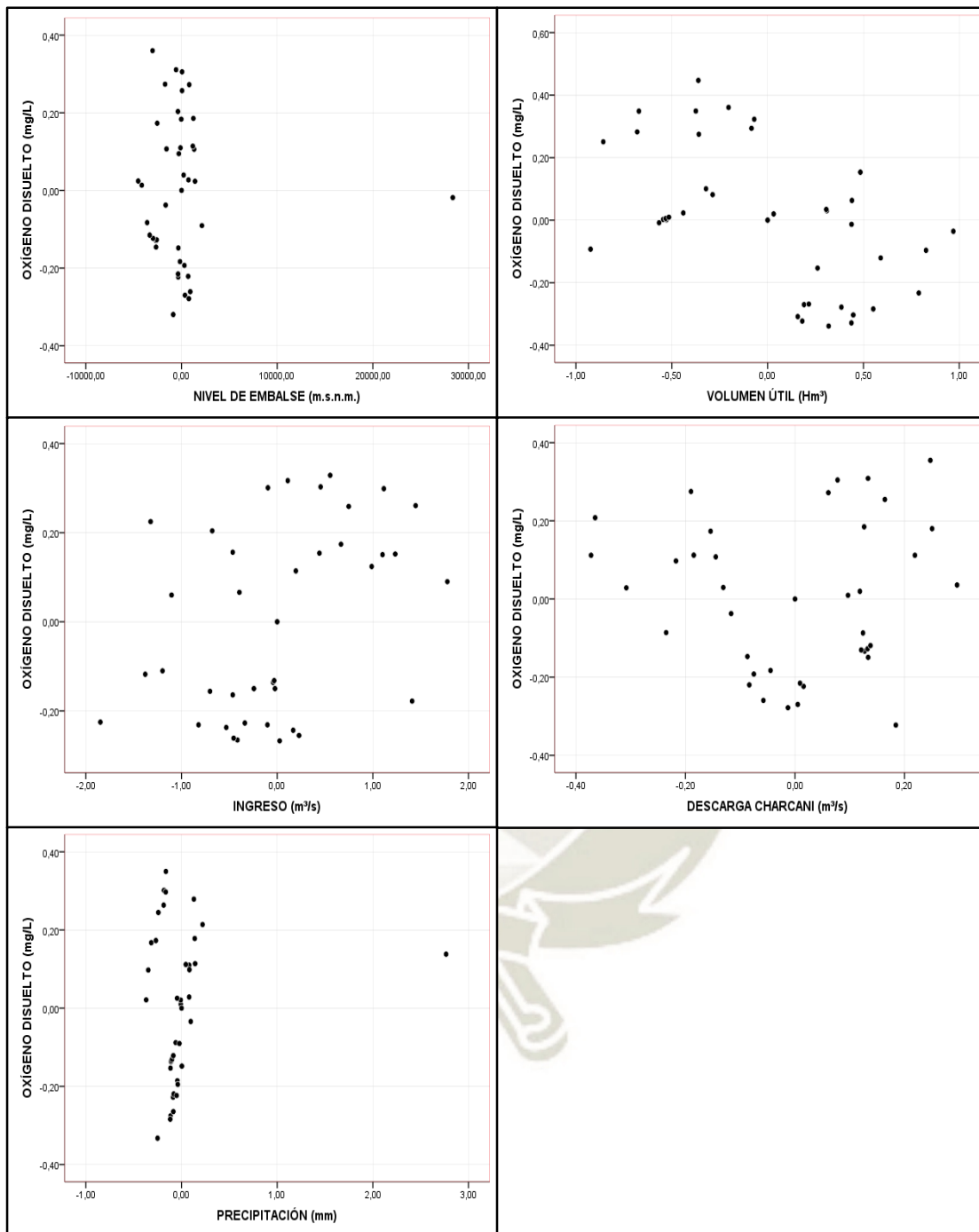


Figura 33 Correlación del oxígeno disuelto y los parámetros hidrológicos en la estación seca 2017.

Fuente: Elaboración Propia

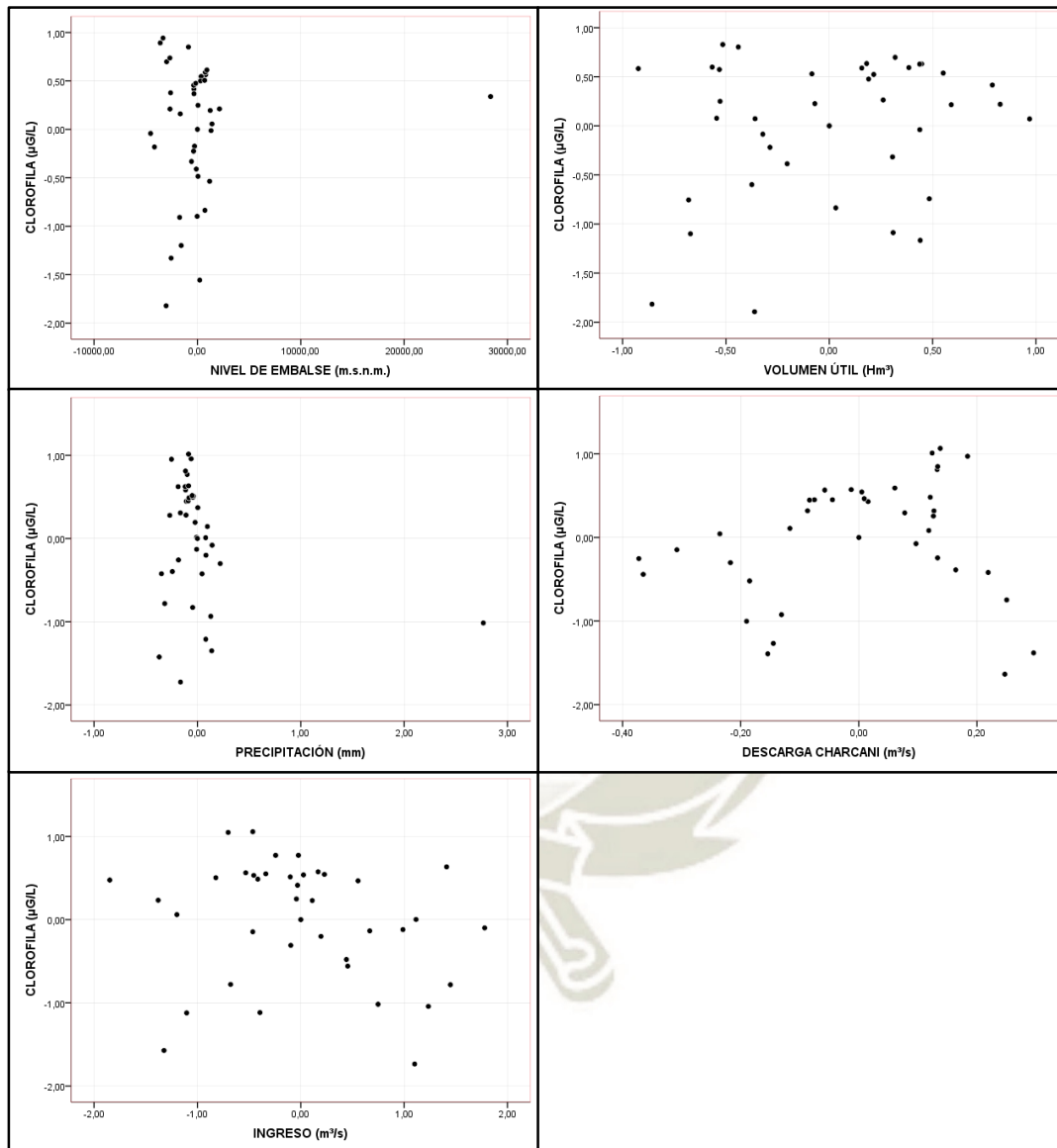


Figura 34 Correlación de la concentración de clorofila y los parámetros hidrológicos en la estación seca 2017.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4 Relación de los parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos de la represa aguada blanca en la zona lacustre del embalse en la estación húmeda 2017

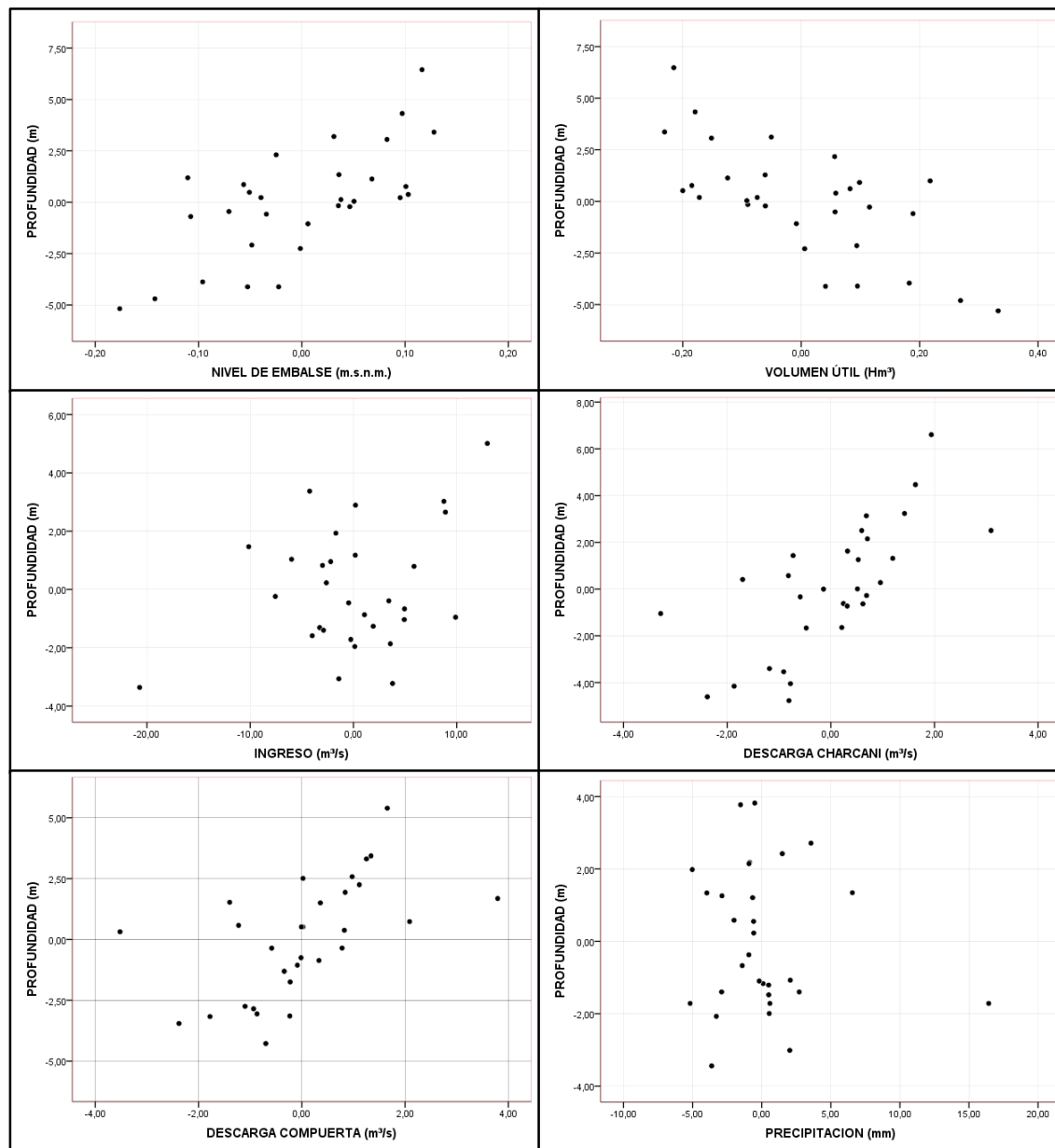


Figura 35 Correlación de la Profundidad y los parámetros hidrológicos en la estación húmeda 2017.

Fuente: Elaboración Propia

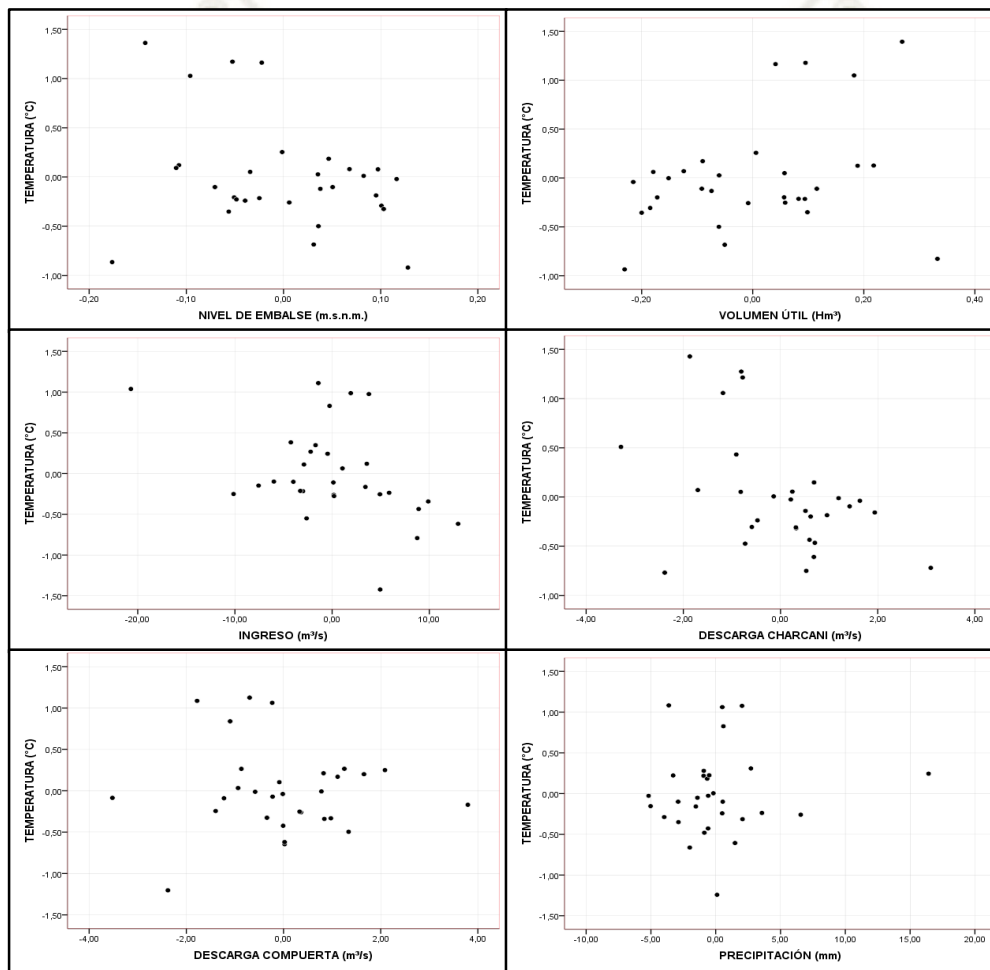


Figura 36 Correlación de la Temperatura y los parámetros hidrológicos en la estación húmeda 2017.

Fuente: Elaboración Propia

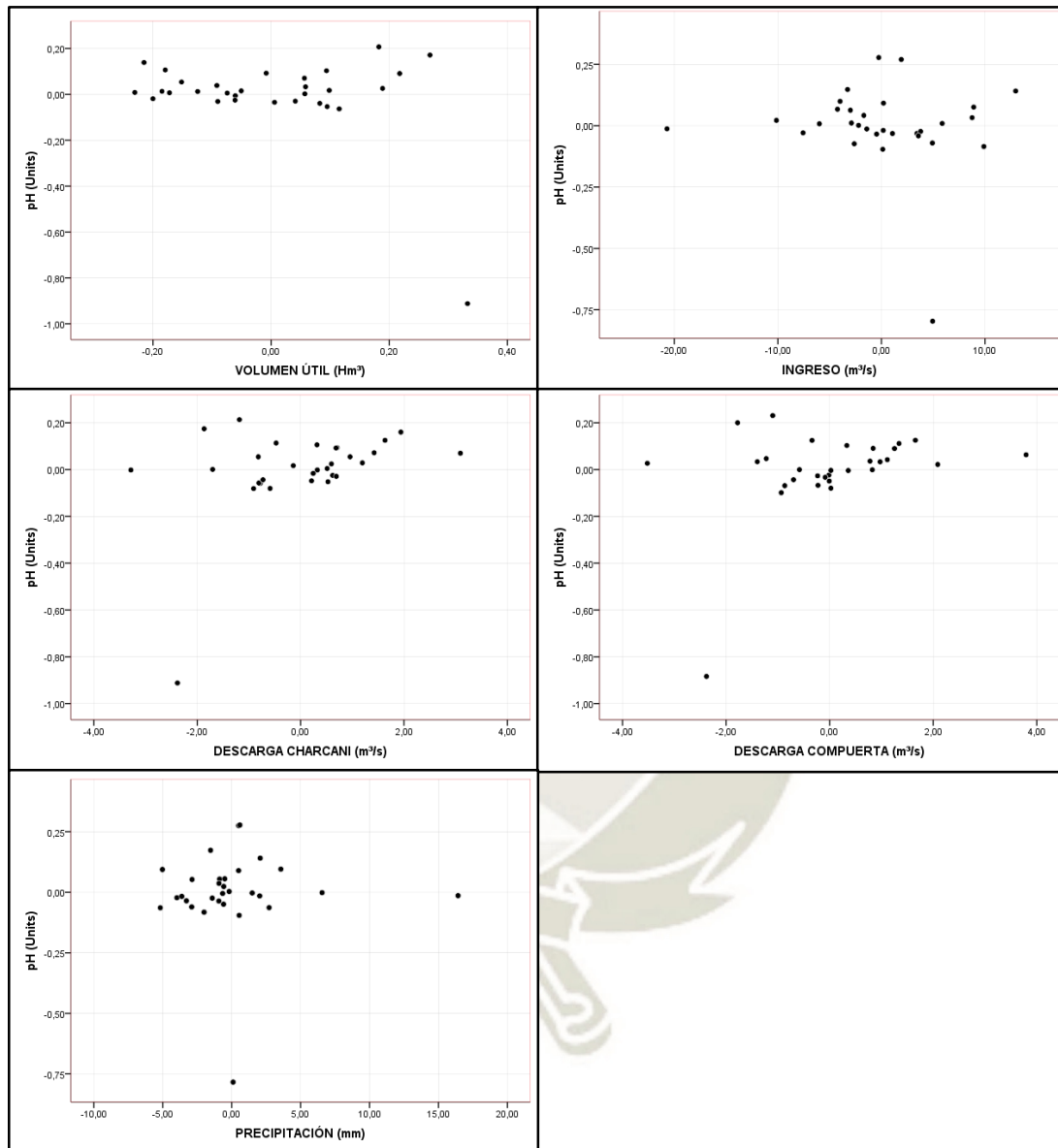


Figura 37 Correlación del pH y los parámetros hidrológicos en la estación húmeda 2017.

Fuente: Elaboración Propia

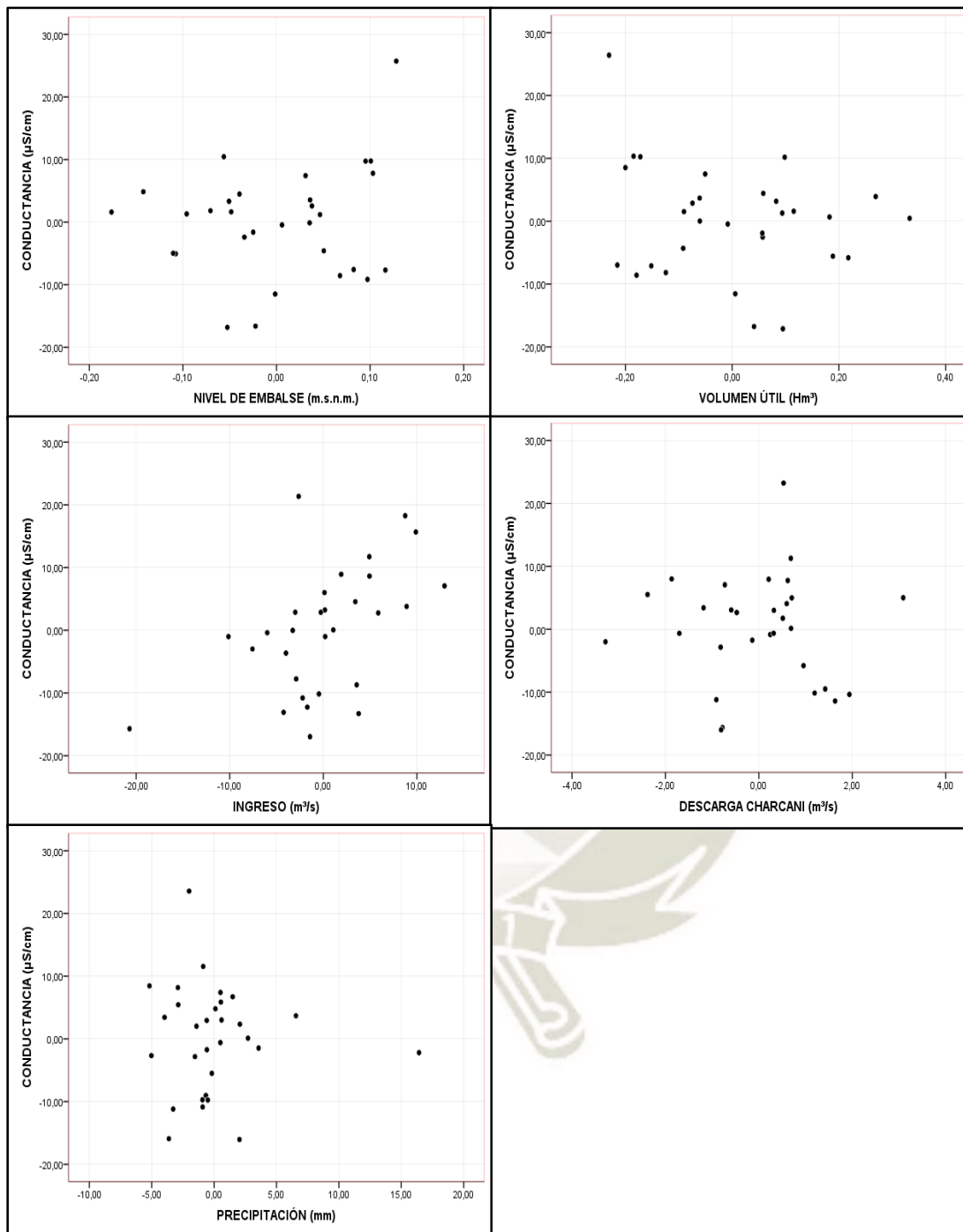


Figura 38 Correlación de la conductancia y los parámetros hidrológicos en la estación húmeda 2017.

Fuente: Elaboración Propia

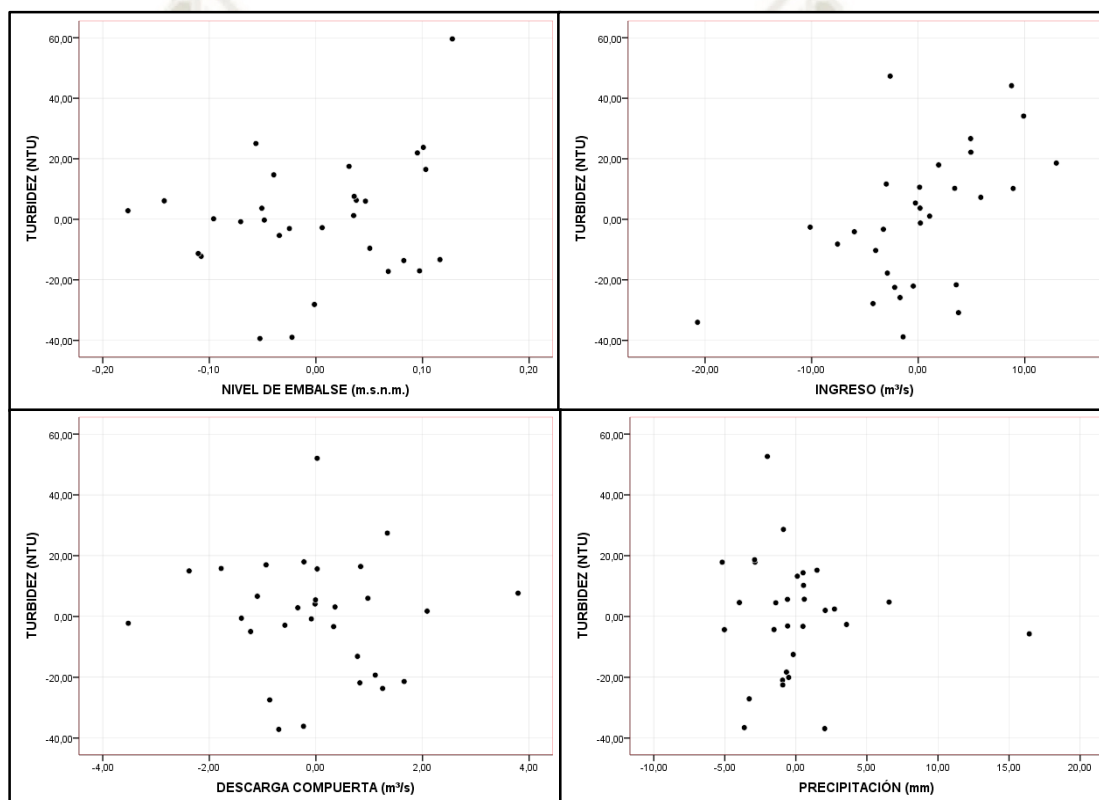


Figura 39 Correlación de la turbidez y los parámetros hidrológicos en la estación húmeda 2017.

Fuente: Elaboración Propia

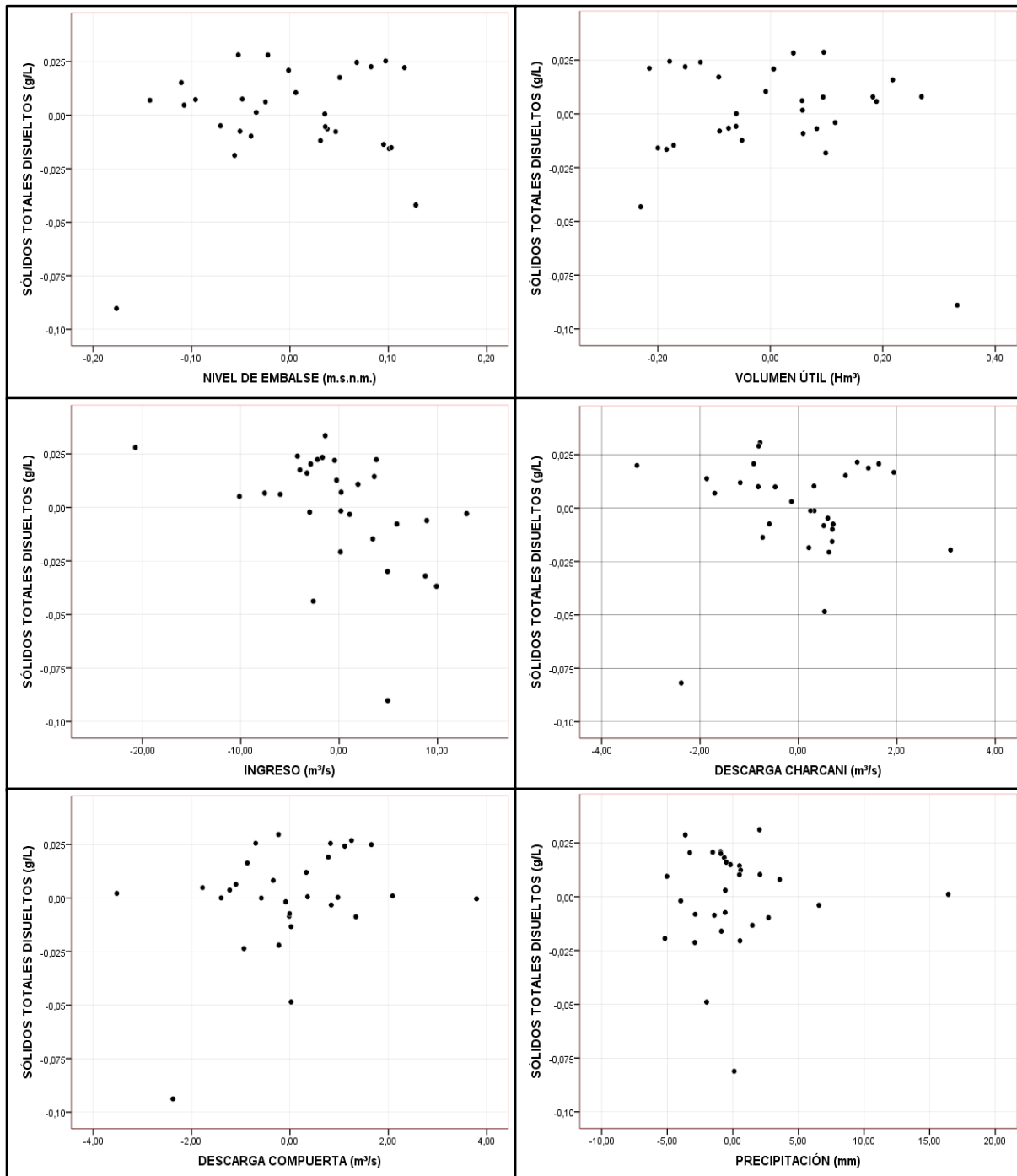


Figura 40 Correlación de los sólidos totales disueltos y los parámetros hidrológicos en la estación húmeda 2017.

Fuente: Elaboración Propia

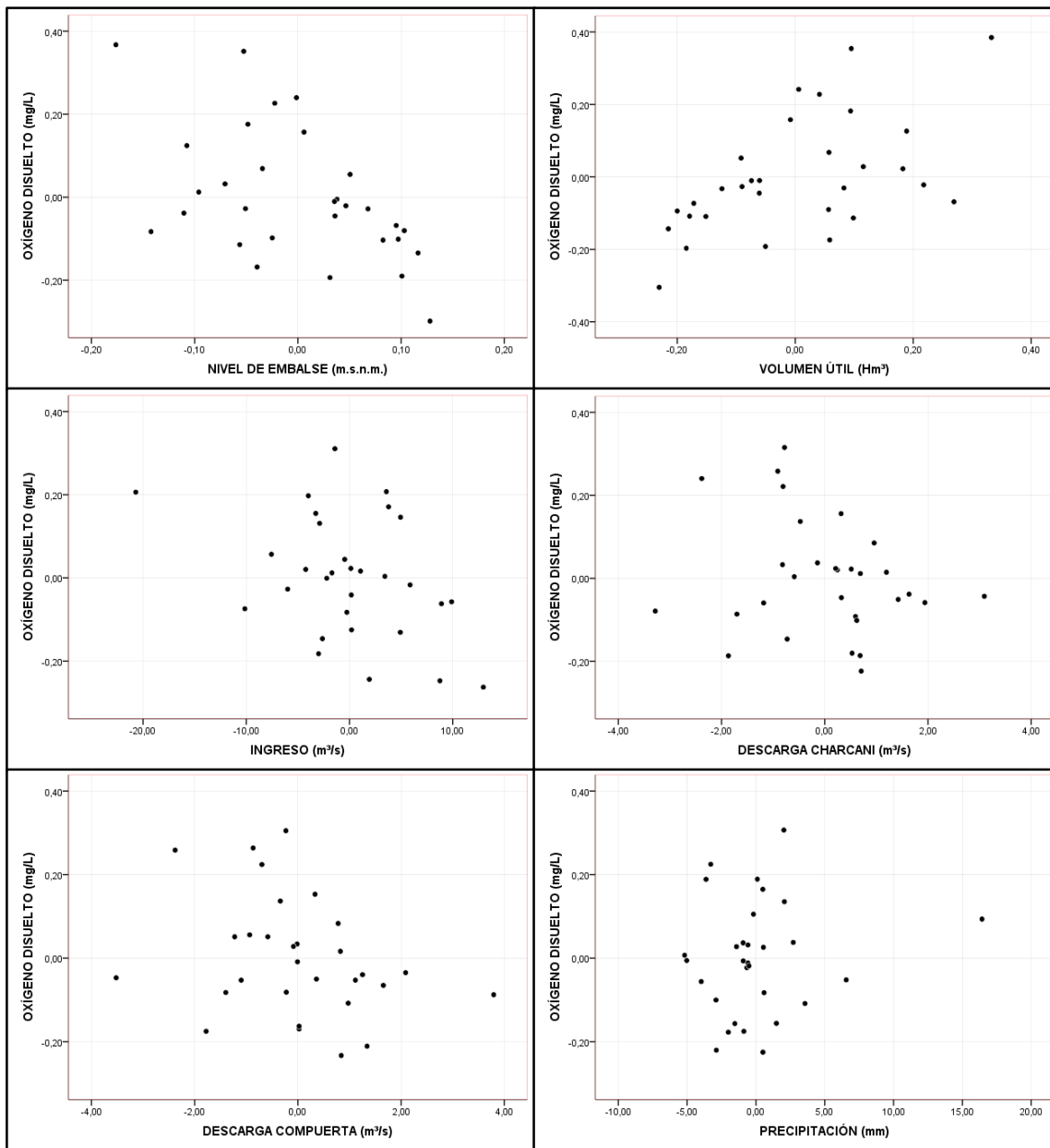


Figura 41 Correlación de los sólidos totales disueltos y los parámetros hidrológicos en la estación húmeda 2017.

Fuente: Elaboración Propia

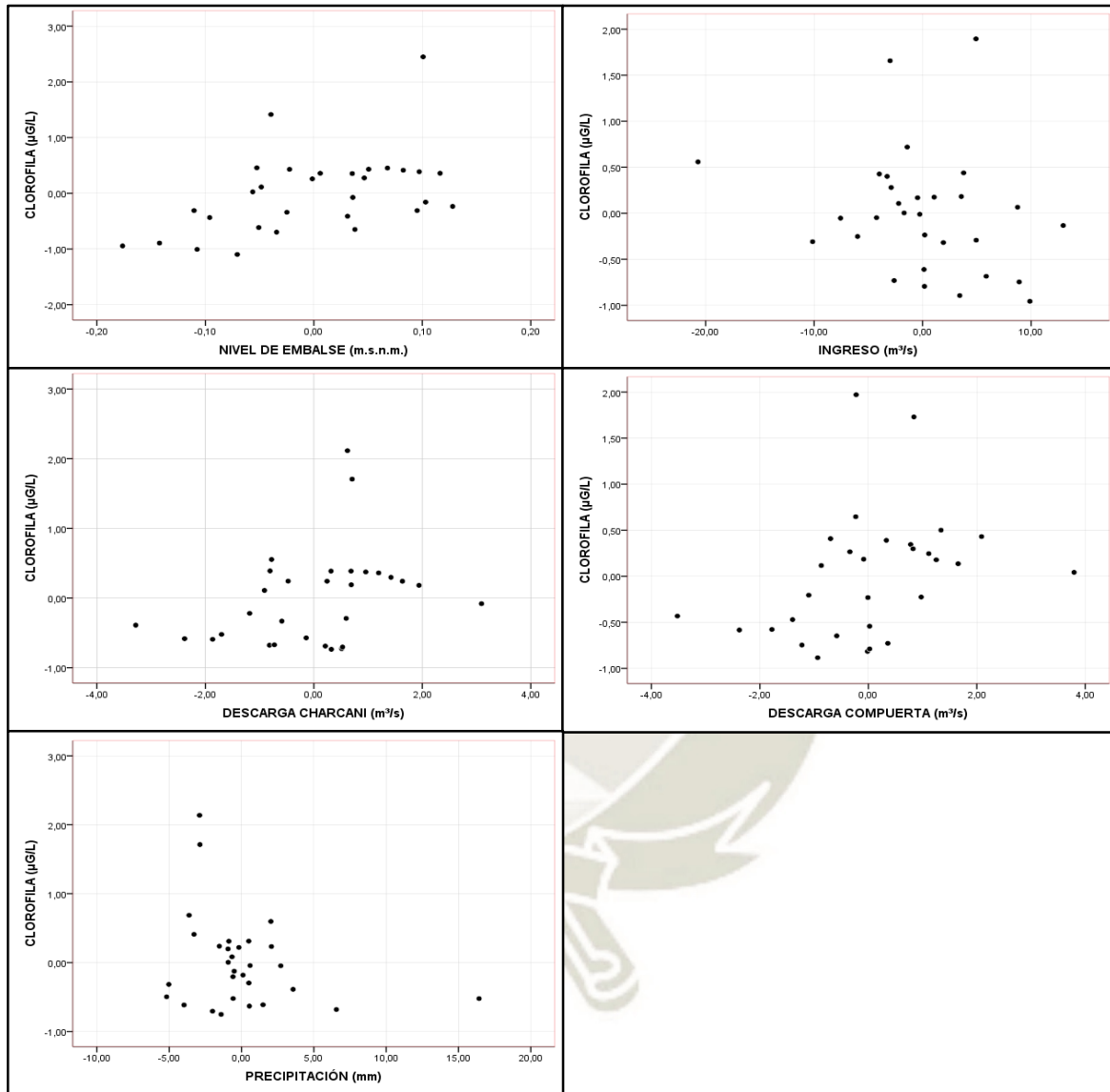


Figura 42 Correlación de la concentración de Clorofila y los parámetros hidrológicos en la estación húmeda 2017.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5 Monitoreo de calidad de agua parámetros fisicoquímicos (2016-2017) época húmeda



GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA

SISTEMA DE GESTION DEL AREA DE CALIDAD DEL AGUA

AUTORIDAD AUTÓNOMA DEL PROYECTO MAJES

SISTEMA DE GESTION DEL AREA DE CALIDAD DEL AGUA



MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA PARAMETROS FISICOQUIMICOS (2016-2017) EPOCA HUMEDA

MES	Prof (m)	Temp (°C)	pH (Units)	Conduct (µS/cm)	Turbidez (NTU)	Solidos Totales Disueltos (g/l)	Oxigeno Disuelto (mg/l)	Clorofila (µG/l)	Corrección de STD con factor por defecto	ZONA DE EMBALSE
21/01/2016	1.39	14.62	7.42	138	0	0.4	5.76	3.64	0.08832	LACUSTRE
	1.39	14.57	7.44	138	0	0.4	5.75	3.53	0.08832	LACUSTRE
	1.39	14.55	7.45	138	0	5	5.73	3.35	0.08832	LACUSTRE
	1.39	14.54	7.46	138	0	5	5.73	3.4	0.08832	LACUSTRE
	1.39	14.54	7.46	138	0	5	5.73	3.4	0.08832	LACUSTRE
	1.39	14.55	7.47	138	0	5	5.74	3.11	0.08832	LACUSTRE
	1.4	14.55	7.44	138	0	0.4	5.73	3.4	0.08832	LACUSTRE
	1.4	14.54	7.46	138	0	5	5.72	3.26	0.08832	LACUSTRE
	1.41	14.53	7.4	138	0	0.4	5.78	3.85	0.08832	LACUSTRE
	1.42	14.6	7.43	138	0	0.4	5.75	3.59	0.08832	LACUSTRE
PROMEDIO	1.397	14.559	7.443	138	0	2.7	5.742	3.453	0.08832	LACUSTRE
22/03/2016	0.28	17	7.8	132	105	1.1	5.3	2.15	0.08448	LACUSTRE
	0.28	16.88	7.8	132	104	1.1	5.25	2.15	0.08448	LACUSTRE
	0.29	17	7.81	132	104.5	1.2	2.3	2.15	0.08448	LACUSTRE
	0.3	17	7.8	132	105	1.15	5.3	2.15	0.08448	LACUSTRE
	0.3	17	7.8	132	105.1	1.15	5.3	2.14	0.08448	LACUSTRE
	0.98	17.1	7.8	135	100.05	0.65	5.4	2.85	0.0864	LACUSTRE
	0.98	17.12	7.77	135	100	0.63	5.5	2.82	0.0864	LACUSTRE
	0.98	17.1	7.78	135	100	0.6	5.3	2.83	0.0864	LACUSTRE
	0.99	17.15	7.8	135	100.1	0.65	5.5	2.84	0.0864	LACUSTRE
	1	17.1	7.8	135	100.05	0.6	5.5	2.85	0.0864	LACUSTRE
PROMEDIO	0.638	17.045	7.796	133.5	102.38	0.883	5.065	2.493	0.08544	LACUSTRE
20/04/2016	2.55	12.22	7.8	164	7.9	0.1	5.81	7.6	0.10496	LACUSTRE
	0.52	12.18	7.67	164	0.7	0.1	5.92	6.82	0.10496	LACUSTRE
	0.53	12.17	7.64	164	0.4	0.1	5.92	6.33	0.10496	LACUSTRE
	0.53	12.16	7.66	164	0.8	0.1	5.93	6.64	0.10496	LACUSTRE
	0.53	12.16	7.67	164	0.5	0.1	5.92	6.89	0.10496	LACUSTRE
	0.54	12.17	7.65	164	0.8	0.1	5.93	6.27	0.10496	LACUSTRE
	2.54	12.2	7.79	164	6.7	0.1	5.83	7.98	0.10496	LACUSTRE
	2.55	12.2	7.8	164	7.3	0.1	5.81	8.18	0.10496	LACUSTRE
	2.55	12.21	7.78	164	6.2	0.1	5.84	8.4	0.10496	LACUSTRE
	2.55	12.2	7.77	164	5.8	0.1	5.84	9.21	0.10496	LACUSTRE
PROMEDIO	1.539	12.187	7.723	164	3.71	0.1	5.875	7.432	0.10496	LACUSTRE
23/05/2016	0.52	9.03	7.91	228	2.4	0.1	6.21	0.59	0.14592	LACUSTRE
	1.69	8.93	7.84	229	2.4	0.1	6.21	0.61	0.14656	LACUSTRE
	2.87	8.5	7.73	228	2.4	0.1	6.21	0.8	0.14592	LACUSTRE
	4.08	8.45	7.7	228	2.4	0.1	6.17	0.93	0.14592	LACUSTRE

	5.25	8.37	7.74	229	2.5	0.1	6.16	0.92	0.14656	LACUSTRE
	6.27	8.31	7.81	229	2.5	0.1	6.16	0.94	0.14656	LACUSTRE
	7.35	8.28	7.87	229	2.6	0.1	6.14	0.93	0.14656	LACUSTRE
	8.67	8.27	7.92	229	2.7	0.1	6.13	0.92	0.14656	LACUSTRE
	9.69	8.27	7.94	229	2.7	0.1	6.13	0.95	0.14656	LACUSTRE
	10.76	8.25	7.95	229	2.8	0.1	6.13	0.97	0.14656	LACUSTRE
PROMEDIO	5.715	8.466	7.841	228.7	2.54	0.1	6.165	0.856	0.14637	LACUSTRE
25/01/2017	5.3	13.06	7.1	0.2	74.3	0.1	5.49	2.27	0.00013	LACUSTRE
	5.62	13.04	7.1	0.2	74.3	0.1	5.49	2.28	0.00013	LACUSTRE
	5.81	13.03	7.12	0.2	74.3	0.1	5.49	2.29	0.00013	LACUSTRE
	6.32	13.02	7.13	0.2	74.4	0.1	5.48	2.29	0.00013	LACUSTRE
	6.7	13.03	7.16	0.2	74.4	0.1	5.48	2.3	0.00013	LACUSTRE
	7.11	13.02	7.18	0.2	74.5	0.1	5.48	2.29	0.00013	LACUSTRE
	7.5	13.02	7.2	0.2	74.4	0.1	5.48	2.29	0.00013	LACUSTRE
	7.91	13.01	7.21	0.2	74.4	0.1	5.48	2.29	0.00013	LACUSTRE
	8.25	13.01	7.26	0.2	74.4	0.1	5.48	2.29	0.00013	LACUSTRE
	8.74	13.01	7.26	0.2	74.4	0.1	5.48	2.3	0.00013	LACUSTRE
PROMEDIO	6.926	13.025	7.172	0.2	74.38	0.1	5.483	2.289	0.00013	LACUSTRE
28/02/2017	4.83	11.58	7.18	300.00	131	0.12	5.61	2.12	0.192	LACUSTRE
	5.01	11.57	7.28	300.00	140.1	0.12	5.45	4.6	0.192	LACUSTRE
	5.31	11.58	7.22	300.00	131	0.12	5.6	2.13	0.192	LACUSTRE
	5.71	11.57	7.26	300.00	131.3	0.12	5.59	2.12	0.192	LACUSTRE
	5.73	11.58	7.26	300.00	131.8	0.12	5.58	2.12	0.192	LACUSTRE
	6	11.58	7.28	300.00	132	0.12	5.57	2.12	0.192	LACUSTRE
	6.47	11.58	7.31	300.00	132.2	0.12	5.57	2.13	0.192	LACUSTRE
	6.67	11.57	7.33	300.00	133.4	0.12	5.47	4.99	0.192	LACUSTRE
	6.82	11.58	7.34	300.00	132.2	0.12	5.58	2.16	0.192	LACUSTRE
	7.27	11.58	7.36	300.00	132	0.12	5.58	2.15	0.192	LACUSTRE
PROMEDIO	5.982	11.577	7.282	300	132.7	0.12	5.56	2.664	0.192	LACUSTRE
22/03/2017	0.08	14.16	7.21	280.00	46.3	0.2	5.64	3.53	0.1792	LACUSTRE
	0.1	14.19	7.19	281.00	46.1	0.2	5.74	3.48	0.17984	LACUSTRE
	0.73	14.12	7.23	280.00	44.6	0.2	5.61	3.52	0.1792	LACUSTRE
	2.37	13.36	7.25	280.00	43.7	0.2	5.69	3.18	0.1792	LACUSTRE
	3.51	13.28	7.28	280.00	43.9	0.2	5.62	2.75	0.1792	LACUSTRE
	4.8	13.26	7.33	280.00	44.6	0.2	5.53	2.3	0.1792	LACUSTRE
	6.07	13.24	7.4	280.00	45.5	0.2	5.5	2.06	0.1792	LACUSTRE
	6.66	13.24	7.44	280.00	46.2	0.2	5.49	2.03	0.1792	LACUSTRE
	8.73	13.24	7.52	280.00	46.8	0.2	5.5	2.02	0.1792	LACUSTRE
	9.83	13.23	7.59	279.00	47.6	0.2	5.5	2	0.17856	LACUSTRE
PROMEDIO	4.288	13.532	7.344	280	45.53	0.2	5.582	2.687	0.1792	LACUSTRE
10/04/2017	0.25	11.81	6.71	237.00	19.5	0.1	6.82	0.2	0.15168	LACUSTRE
	0.32	14.12	7.79	239.00	19.7	0.2	6.39	0.29	0.15296	LACUSTRE
	1.01	13.79	7.82	236.00	14.9	0.2	6.48	0.8	0.15104	LACUSTRE
	2.6	12.55	7.71	237.00	15.6	0.2	6.64	1.35	0.15168	LACUSTRE
	3.78	12.45	7.69	237.00	18	0.2	6.59	1.72	0.15168	LACUSTRE
	5.47	12.43	7.63	237.00	21	0.2	6.43	1.84	0.15168	LACUSTRE
	7.24	12.43	7.6	237.00	22.8	0.2	6.29	1.88	0.15168	LACUSTRE
	8.89	12.42	7.64	237.00	24	0.2	6.23	1.86	0.15168	LACUSTRE
	10.38	12.42	7.69	237.00	24.3	0.2	6.21	1.85	0.15168	LACUSTRE
	12.1	12.41	7.72	237.00	24.4	0.2	6.2	1.85	0.15168	LACUSTRE
PROMEDIO	5.204	12.683	7.6	237.1	20.42	0.19	6.428	1.364	0.15174	LACUSTRE

Anexo 6 Monitoreo de calidad de agua parámetros fisicoquímicos (2016-2017) época seca



SISTEMA DE GESTION DEL AREA DE CALIDAD DEL AGUA

AUTORIDAD AUTÓNOMA DEL PROYECTO MAJES

SISTEMA DE GESTION DEL AREA DE CALIDAD DEL AGUA



MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA PARAMETROS FISICOQUIMICOS (2016-2017) EPOCA SECA

MES	Prof (m)	Temp (°C)	pH (Units)	Conduct (µS/cm)	Turbidez (NTU)	Solidos Totales Disueltos (g/l)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Clorofila (µG/l)	Corrección de STD con factor por defecto	ZONA DE EMBALSE
09/08/2016	1.34	7.7	8.15	286	0	0.2	6.89	1.46	0.18304	LACUSTRE
	1.36	7.7	8.16	286	0	0.2	6.89	1.53	0.18304	LACUSTRE
	1.36	7.7	8.17	286	0	0.2	6.9	1.57	0.18304	LACUSTRE
	1.36	7.71	8.17	286	0	0.2	6.89	1.59	0.18304	LACUSTRE
	1.37	7.69	8.14	286	0	0.2	6.91	1.56	0.18304	LACUSTRE
	1.37	7.71	8.16	286	0	0.2	6.89	1.57	0.18304	LACUSTRE
	1.37	7.7	8.16	286	0	0.2	6.88	1.56	0.18304	LACUSTRE
	1.41	7.71	8.17	286	0	0.2	6.9	1.49	0.18304	LACUSTRE
	1.42	7.72	8.17	286	0	0.2	6.89	1.37	0.18304	LACUSTRE
	1.43	7.69	8.15	286	0	0.2	6.89	1.66	0.18304	LACUSTRE
PROMEDIO	1.379	7.703	8.16	286	0	0.2	6.893	1.536	0.18304	LACUSTRE
22/09/2016	7.27	10.40	7.83	287	19.4	0.2	6.86	1.84	0.18368	LACUSTRE
	7.3	10.40	7.83	287	19.3	0.2	6.85	1.83	0.18368	LACUSTRE
	7.5	10.41	7.82	287	19.2	0.2	6.84	1.96	0.18368	LACUSTRE
	8.15	10.39	7.85	287	19.4	0.2	6.86	1.82	0.18368	LACUSTRE
	9.56	10.42	7.86	287	19.3	0.2	6.85	1.85	0.18368	LACUSTRE
	9.98	10.39	7.87	287	19.3	0.2	6.86	1.89	0.18368	LACUSTRE
	11.21	10.32	7.86	287	19.3	0.2	6.86	1.84	0.18368	LACUSTRE
	11.8	9.98	7.87	287	19.3	0.2	6.86	1.85	0.18368	LACUSTRE
	12.53	9.95	7.87	287	19.3	0.2	6.86	1.8	0.18368	LACUSTRE
	12.53	10.00	7.85	287	19.2	0.2	6.84	1.83	0.18368	LACUSTRE
PROMEDIO	9.783	10.266	7.851	287	19.3	0.2	6.854	1.851	0.18368	LACUSTRE
24/10/2016	8.12	11.41	7.49	178	51.2	0.1	6.63	2.22	0.11392	LACUSTRE
	8.9	11.41	7.49	178	51.2	0.1	6.62	2.22	0.11392	LACUSTRE
	5.2	11.39	7.51	178	51.3	0.1	6.59	2.38	0.11392	LACUSTRE
	5.2	11.39	7.51	178	51.3	0.1	6.59	2.38	0.11392	LACUSTRE
	5.76	11.37	7.55	178	51.3	0.1	6.56	2.47	0.11392	LACUSTRE
	5.76	11.37	7.55	178	51.3	0.1	6.56	2.47	0.11392	LACUSTRE
	6.53	11.36	7.65	179	51.4	0.1	6.54	2.53	0.11456	LACUSTRE
	6.53	11.36	7.65	179	51.6	0.1	6.54	2.53	0.11456	LACUSTRE
	7.31	11.37	7.51	179	51.6	0.1	6.52	2.84	0.11456	LACUSTRE
	7.31	11.37	7.51	179	51.6	0.1	6.52	2.84	0.11456	LACUSTRE
PROMEDIO	6.662	11.38	7.542	178.4	51.38	0.1	6.567	2.488	0.11418	LACUSTRE
14/11/2016	0.05	9.75	7.1	0	43.5	0.1	6.85	0.26	0	LACUSTRE
	3.51	9.77	7.72	166	43.7	0.1	7.68	0.31	0.10624	LACUSTRE
	7.64	12.1	7.97	155	47.1	0.1	6.35	4.72	0.0992	LACUSTRE
	0.01	7.93	6.56	0	46.9	0.1	7.38	0.52	0	LACUSTRE
	1.36	12.16	7.41	155	51	0.1	6.29	4.51	0.0992	LACUSTRE

	8.96	12.11	7.39	155	47.2	0.1	6.39	4.49	0.0992	LACUSTRE
	12.55	11.95	7.66	156	41.38	0.1	6.29	4.53	0.09984	LACUSTRE
	0.02	9.07	7.3	0	45.7	0	6.99	0	0	LACUSTRE
	0.23	10.72	7.49	160	45.8	0.1	7.33	0.33	0.1024	LACUSTRE
	7.42	12.12	7.47	154	46.2	0.1	6.5	4.51	0.09856	LACUSTRE
PROMEDIO	4.175	10.768	7.407	110.1	45.848	0.09	6.805	2.418	0.07046	LACUSTRE
07/12/2016	0.3	13.2	7.30	163	19.1	0.1	5.51	1.64	0.10432	LACUSTRE
	0.61	13.19	7.32	163	19.3	0.1	5.49	1.68	0.10432	LACUSTRE
	0.82	13.18	7.32	163	19.3	0.1	5.49	1.68	0.10432	LACUSTRE
	0.96	13.18	7.38	163	19.4	0.1	5.48	1.68	0.10432	LACUSTRE
	2.15	13.18	7.38	163	19.5	0.1	5.48	1.66	0.10432	LACUSTRE
	2.43	13.15	7.39	163	19.6	0.1	5.48	1.68	0.10432	LACUSTRE
	2.56	13.13	7.43	163	19.8	0.1	5.48	1.67	0.10432	LACUSTRE
	2.73	13.1	7.46	163	19.9	0.1	5.47	1.69	0.10432	LACUSTRE
	2.82	13.05	7.46	163	19.9	0.1	5.48	1.7	0.10432	LACUSTRE
	3.29	13	7.46	162	19.9	0.1	5.48	1.7	0.10368	LACUSTRE
PROMEDIO	1.867	13.136	7.39	162.9	19.57	0.1	5.484	1.678	0.10426	LACUSTRE
14/07/2017	1.98	6.72	7.96	200	8.72	0.2	6.93	1.62	0.128	LACUSTRE
	1.98	6.72	7.98	200	8.72	0.2	6.92	1.79	0.128	LACUSTRE
	1.98	6.72	7.98	200	8.72	0.2	6.92	1.96	0.128	LACUSTRE
	2.01	6.72	7.97	200	8.72	0.2	6.93	1.79	0.128	LACUSTRE
	2.46	6.72	7.98	200	8.72	0.2	6.91	2.14	0.128	LACUSTRE
	2.46	6.72	7.98	200	8.72	0.2	6.91	2.14	0.128	LACUSTRE
	2.56	6.71	7.99	200	8.72	0.2	6.91	2.31	0.128	LACUSTRE
	2.56	6.71	7.99	200	8.72	0.2	6.91	2.31	0.128	LACUSTRE
	2.7	6.7	7.98	200	8.72	0.2	6.9	2.59	0.128	LACUSTRE
	2.7	6.7	7.98	200	8.72	0.2	6.9	2.59	0.128	LACUSTRE
PROMEDIO	2.339	6.714	7.979	200	8.72	0.2	6.914	2.124	0.128	LACUSTRE
28/08/2017	0.13	8	8.02	265	4.17	0.2	6.95	0.62	0.1696	LACUSTRE
	0.41	8.01	8.03	265	4.17	0.2	6.94	0.62	0.1696	LACUSTRE
	3.62	7.64	8.08	264	4.17	0.2	7.04	0.69	0.16896	LACUSTRE
	6.05	7.4	8.11	265	4.17	0.2	7.06	0.99	0.1696	LACUSTRE
	9.16	7.36	8.16	265	4.17	0.2	7.01	1.29	0.1696	LACUSTRE
	10.27	7.34	8.2	265	4.17	0.2	6.95	1.59	0.1696	LACUSTRE
	10.82	7.33	8.21	266	4.17	0.2	6.91	1.71	0.17024	LACUSTRE
	11.45	7.32	8.22	266	4.17	0.2	6.9	1.74	0.17024	LACUSTRE
	11.9	7.32	8.28	266	4.17	0.2	6.9	1.75	0.17024	LACUSTRE
	11.99	7.3	8.29	266	4.17	0.2	6.91	1.77	0.17024	LACUSTRE
PROMEDIO	7.58	7.502	8.16	265.3	4.17	0.2	6.957	1.277	0.16979	LACUSTRE
19/09/2017	2.55	10.49	7.86	256	5.31	0.2	6.65	1.03	0.16384	LACUSTRE
	2.92	10.21	7.88	257	5.31	0.2	6.7	1.22	0.16448	LACUSTRE
	3.86	10.08	7.87	258	5.31	0.2	6.72	1.52	0.16512	LACUSTRE
	4.18	10.02	7.88	258	5.31	0.2	6.73	1.78	0.16512	LACUSTRE
	4.89	10.01	7.87	258	5.31	0.2	6.71	2.04	0.16512	LACUSTRE
	5.74	10	7.87	259	5.31	0.2	6.72	2.3	0.16576	LACUSTRE
	6.05	9.99	7.87	258	5.31	0.2	6.7	2.57	0.16512	LACUSTRE
	7.1	9.99	7.88	258	5.31	0.2	6.69	2.89	0.16512	LACUSTRE
	7.57	9.99	7.9	258	5.31	0.2	6.68	3.15	0.16512	LACUSTRE

	8.3	9.99	7.89	258	5.31	0.2	6.68	3.4	0.16512	LACUSTRE
PROMEDIO	5.316	10.077	7.877	257.8	5.31	0.2	6.698	2.19	0.16499	LACUSTRE
26/10/2017	6.21	11.6	7.04	247	5.5	0.2	6.06	3.45	0.15808	LACUSTRE
	6.26	11.6	7.04	247	5.6	0.2	6.06	3.5	0.15808	LACUSTRE
	6.52	11.6	7.04	247	5.7	0.2	6.05	3.51	0.15808	LACUSTRE
	6.75	11.6	7.04	247	5.7	0.2	6.05	3.53	0.15808	LACUSTRE
	6.96	11.6	7.04	247	5.8	0.2	6.05	3.57	0.15808	LACUSTRE
	7.19	11.6	7.04	247	5.8	0.2	6.04	3.58	0.15808	LACUSTRE
	7.21	11.6	7.04	247	5.9	0.2	6.04	3.58	0.15808	LACUSTRE
	7.55	11.6	7.04	247	6	0.2	6.03	3.54	0.15808	LACUSTRE
	7.85	11.6	7.04	247	6	0.2	6.03	3.55	0.15808	LACUSTRE
	8.17	11.6	7.04	247	6	0.2	6.02	3.53	0.15808	LACUSTRE
PROMEDIO	7.067	11.6	7.04	247	5.8	0.2	6.043	3.534	0.15808	LACUSTRE



Anexo 7 Monitoreo de calidad de agua parámetros hidrológicos (2016-2017) época seca



GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA

SISTEMA DE GESTION DEL AREA DE CALIDAD DEL AGUA



AUTORIDAD AUTÓNOMA DEL PROYECTO MAJES

SISTEMA DE GESTION DEL AREA DE CALIDAD DEL AGUA

MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA PARAMETROS HIDROLÓGICOS (2016-2017) EPOCA SECA

FECHA	Nivel de Embalse (m.s.n.m)	Volumen Util (Hm ³)	Ingreso (m ³ /s)	Descarga Charcani (m ³ /s)	Descarga Compuerta (m ³ /s)	Descarga aliviadero	Precipitacion (mm.)
08/08/2016	3,662.88	23.61	8.67	10.00	0.00	0.00	0.00
09/08/2016	3,662.82	23.49	11.07	10.01	0.00	0.00	0.00
10/08/2016	3,662.86	23.57	11.79	10.00	0.00	0.00	0.00
11/08/2016	3,662.93	23.72	10.13	9.99	0.00	0.00	0.00
12/08/2016	3,662.93	23.72	11.08	10.02	0.00	0.00	0.00
13/08/2016	3,662.97	23.80	10.83	10.00	0.00	0.00	0.00
14/08/2016	3,663.00	23.86	11.07	10.00	0.00	0.00	0.00
15/08/2016	3,663.04	23.95	10.60	10.00	0.00	0.00	0.00
16/08/2016	3,663.06	23.99	10.36	10.00	0.00	0.00	0.00
17/08/2016	3,663.07	24.01	17.88	10.00	0.00	0.00	0.00
19/09/2016	3,665.14	28.48	9.92	11.08	0.00	0.00	0.00
20/09/2016	3,665.09	28.37	9.36	11.02	0.00	0.00	0.00
21/09/2016	3,665.02	28.21	9.43	11.06	0.00	0.00	0.00
22/09/2016	3,664.95	28.06	9.16	11.07	0.00	0.00	0.00
23/09/2016	3,664.87	27.88	9.34	10.22	0.00	0.00	0.00
24/09/2016	3,664.83	27.79	9.11	11.53	0.00	0.00	0.00
25/09/2016	3,664.73	27.57	11.28	11.38	0.00	0.00	0.00
26/09/2016	3,664.72	27.55	8.97	11.12	0.00	0.00	0.00
27/09/2016	3,664.63	27.35	10.68	11.02	0.00	0.00	0.00
28/09/2016	3,664.61	27.31	9.63	11.00	0.00	0.00	0.00
20/10/2016	3,663.57	25.06	10.43	11.02	0.00	0.00	0.00
21/10/2016	3,663.54	25.00	11.90	11.00	0.00	0.00	0.00
22/10/2016	3,663.57	25.06	10.44	11.00	0.00	0.00	0.00
23/10/2016	3,663.54	25.00	11.40	11.00	0.00	0.00	0.00
24/10/2016	3,663.55	25.02	11.45	10.79	0.00	0.00	0.00
25/10/2016	3,663.57	25.06	11.44	11.26	0.00	0.00	0.00
26/10/2016	3,663.57	25.06	11.17	11.00	0.00	0.00	0.00

27/10/2016	3,663.57	25.06	9.67	11.01	0.00	0.00	0.00
28/10/2016	3,663.51	24.93	7.51	11.00	0.00	0.00	0.00
29/10/2016	3,663.36	24.62	7.71	11.01	0.00	0.00	0.00
11/11/2016	3,662.15	22.12	9.05	11.00	0.00	0.00	0.00
12/11/2016	3,662.06	21.94	8.61	11.01	0.00	0.00	0.00
13/11/2016	3,661.95	21.72	8.17	11.01	0.00	0.00	0.00
14/11/2016	3,661.82	21.46	8.41	11.01	0.00	0.00	0.00
15/11/2016	3,661.70	21.23	9.77	11.00	0.00	0.00	0.00
16/11/2016	3,661.64	21.11	8.21	11.03	0.00	0.00	0.00
17/11/2016	3,661.51	20.85	9.81	11.00	0.00	0.00	0.00
18/11/2016	3,661.45	20.73	7.33	11.02	0.00	0.00	0.00
19/11/2016	3,661.28	20.40	5.81	11.00	0.00	0.00	0.00
20/11/2016	3,661.04	19.94	6.53	11.00	0.00	0.00	0.00
06/12/2016	3,657.22	13.13	5.93	10.50	0.00	0.00	0.00
07/12/2016	3,656.97	12.72	5.10	10.50	0.00	0.00	0.00
08/12/2016	3,656.67	12.25	6.31	10.50	0.00	0.00	0.00
09/12/2016	3,656.43	11.88	4.46	10.50	0.00	0.00	0.00
10/12/2016	3,656.08	11.34	4.01	10.53	0.00	0.00	0.00
11/12/2016	3,655.69	10.77	4.52	10.50	0.00	0.00	0.00
12/12/2016	3,655.32	10.24	3.48	10.50	0.00	0.00	0.00
13/12/2016	3,654.87	9.63	2.62	10.51	0.00	0.00	0.00
14/12/2016	3,654.34	8.94	6.20	10.50	0.00	0.00	2.50
15/12/2016	3,654.04	8.56	9.25	10.50	0.00	0.00	0.30
13/07/2017	3,661.36	20.56	11.18	12.00	0.00	0.00	0.00
14/07/2017	3,661.32	20.48	12.30	12.00	0.00	0.00	0.00
15/07/2017	3,661.33	20.50	12.32	12.00	0.00	0.00	0.00
16/07/2017	3,661.34	20.52	10.98	12.01	0.00	0.00	0.00
17/07/2017	36,661.29	20.42	10.96	12.00	0.00	0.00	0.00
18/07/2017	3,661.24	20.32	13.68	12.00	0.00	0.00	0.00
19/07/2017	3,661.31	20.46	12.09	12.00	0.00	0.00	0.00
20/07/2017	3,661.31	20.46	12.31	12.00	0.00	0.00	0.00
21/07/2017	3,661.32	20.48	11.64	12.00	0.00	0.00	0.00
22/07/2017	3,661.30	20.44	11.86	12.00	0.00	0.00	0.00
22/08/2017	3,661.76	21.34	12.34	12.00	0.00	0.00	0.00

23/08/2017	3,661.77	21.36	11.64	12.00	0.00	0.00	0.00
24/08/2017	3,661.75	21.32	13.96	12.00	0.00	0.00	0.00
25/08/2017	3,661.83	21.48	12.12	12.00	0.00	0.00	0.00
26/08/2017	3,661.83	21.48	13.24	12.00	0.00	0.00	0.00
27/08/2017	3,661.88	21.58	13.04	12.00	0.00	0.00	0.00
28/08/2017	3,661.92	21.66	14.66	12.00	0.00	0.00	0.00
29/08/2017	3,662.03	21.88	13.97	12.00	0.00	0.00	0.00
30/08/2017	3,662.11	22.04	12.59	12.00	0.00	0.00	0.00
31/08/2017	3,662.13	22.08	13.74	12.00	0.00	0.00	0.00
13/09/2017	3,662.65	23.14	14.55	13.00	0.00	0.00	0.00
14/09/2017	3,662.71	23.26	12.18	13.00	0.00	0.00	0.00
15/09/2017	3,662.67	23.18	14.20	13.00	0.00	0.00	3.10
16/09/2017	3,662.72	23.28	14.26	13.00	0.00	0.00	0.00
17/09/2017	3,662.77	23.39	15.01	13.00	0.00	0.00	0.00
18/09/2017	3,662.85	23.55	14.09	13.00	0.00	0.00	0.00
19/09/2017	3,662.89	23.64	13.58	13.00	0.00	0.00	0.00
20/09/2017	3,662.91	23.68	14.81	13.00	0.00	0.00	0.00
21/09/2017	3,662.98	23.82	13.87	13.00	0.00	0.00	0.00
22/09/2017	3,663.01	23.88	14.34	13.00	0.00	0.00	0.00
20/10/2017	3,663.07	24.01	13.43	13.00	0.00	0.00	0.00
21/10/2017	3,663.08	24.03	13.40	13.00	0.00	0.00	0.00
22/10/2017	3,663.09	24.05	13.89	13.00	0.00	0.00	0.00
23/10/2017	3,663.12	24.11	14.12	13.00	0.00	0.00	0.00
24/10/2017	3,663.16	24.20	13.40	13.00	0.00	0.00	0.00
25/10/2017	3,663.17	24.22	14.11	12.99	0.00	0.00	0.00
26/10/2017	3,663.21	24.30	13.64	13.00	0.00	0.00	0.00
27/10/2017	3,663.23	24.33	13.17	13.00	0.00	0.00	0.00
28/10/2017	3,663.23	24.33	13.89	13.00	0.00	0.00	0.00
29/10/2017	3,663.26	24.41	12.18	13.00	0.00	0.00	0.00

Anexo 8 Monitoreo de calidad de agua parámetros hidrológicos (2016-2017) época húmeda



GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA

SISTEMA DE GESTION DEL AREA DE CALIDAD DEL AGUA

AUTORIDAD AUTÓNOMA DEL PROYECTO MAJES

SISTEMA DE GESTION DEL AREA DE CALIDAD DEL AGUA

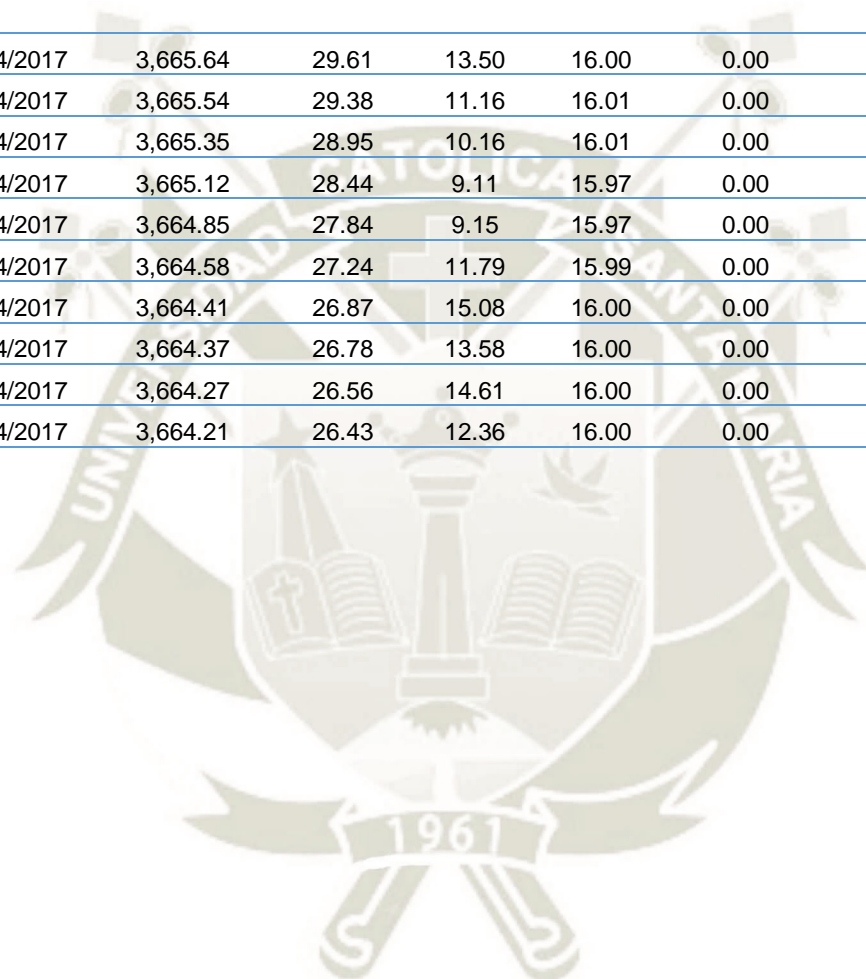


MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA PARAMETROS HIDROLÓGICOS (2016-2017) EPOCA HÚMEDA



FECHA	Nivel de Embalse (m.s.n.m)	Volumen Util (Hm ³)	Ingreso (m ³ /s)	Descarga Charcani (m ³ /s)	Descarga Compuerta (m ³ /s)	Descarga aliviadero	Precipitación (mm.)
19/01/2016	3,657.09	12.92	7.23	10.00	0.00	0.00	2.90
20/01/2016	3,656.94	12.68	7.33	10.03	0.00	0.00	0.80
21/01/2016	3,656.79	12.44	6.28	10.04	0.00	0.00	0.20
22/01/2016	3,656.58	12.11	5.51	10.02	0.00	0.00	0.00
23/01/2016	3,656.32	11.71	5.05	10.02	0.00	0.00	0.00
24/01/2016	3,656.03	11.27	7.03	10.00	0.00	0.00	0.00
25/01/2016	3,655.85	11.00	9.77	10.00	0.00	0.00	0.00
26/01/2016	3,655.83	10.97	10.79	10.02	0.00	0.00	0.00
27/01/2016	3,655.87	11.03	8.29	10.02	0.00	0.00	0.00
28/01/2016	3,655.76	10.87	9.75	10.02	0.00	0.00	0.00
22/03/2016	3,658.54	15.37	0.50	10.00	0.00	0.00	0.00
23/03/2016	3,658.01	14.45	3.03	10.00	0.00	0.00	0.00
24/03/2016	3,657.65	13.84	0.90	9.99	0.00	0.00	0.00
25/03/2016	3,657.17	13.05	0.34	10.01	0.00	0.00	0.00
26/03/2016	3,656.64	12.20	-0.69	10.00	0.00	0.00	0.00
27/03/2016	3,656.03	11.27	-3.70	10.00	0.00	0.00	0.00
28/03/2016	3,655.20	10.08	-3.56	10.00	0.00	0.00	0.00
29/03/2016	3,654.31	8.90	-0.51	10.02	0.00	0.00	0.00
30/03/2016	3,653.56	7.98	16.07	10.01	0.00	0.00	0.00
31/03/2016	3,653.99	8.50	18.79	10.00	0.00	0.00	3.40
16/04/2016	3,657.29	13.24	7.43	10.00	0.00	0.00	0.00
17/04/2016	3,657.15	13.02	6.86	10.02	0.00	0.00	2.40
18/04/2016	3,656.98	12.74	12.57	10.02	0.00	0.00	7.20
19/04/2016	3,657.12	12.97	14.17	10.00	0.00	0.00	1.20
20/04/2016	3,657.34	13.33	19.94	10.00	0.00	0.00	0.00
21/04/2016	3,657.85	14.18	13.26	10.01	0.00	0.00	0.00
22/04/2016	3,658.01	14.45	15.25	10.01	0.00	0.00	0.00
23/04/2016	3,658.27	14.90	11.65	10.00	0.00	0.00	0.00
24/04/2016	3,658.35	15.04	10.90	10.00	0.00	0.00	0.00

25/04/2016	3,658.39	15.10	10.98	9.88	0.00	0.00	0.00
21/05/2016	3,657.96	14.36	13.06	10.00	0.00	0.00	0.00
22/05/2016	3,658.11	14.62	12.12	10.03	0.00	0.00	0.00
23/05/2016	3,658.21	14.79	13.11	10.04	0.00	0.00	0.00
24/05/2016	3,658.36	15.05	12.90	10.00	0.00	0.00	0.00
25/05/2016	3,658.50	15.30	12.34	10.01	0.00	0.00	0.00
26/05/2016	3,658.61	15.49	12.71	10.00	0.00	0.00	0.00
27/05/2016	3,658.74	15.72	12.30	10.00	0.00	0.00	0.00
28/05/2016	3,658.85	15.91	10.75	10.03	0.00	0.00	0.00
29/05/2016	3,658.88	15.96	10.10	10.03	0.00	0.00	0.00
30/05/2016	3,658.88	15.96	11.35	10.03	0.00	0.00	0.00
22/01/2017	3,658.77	15.77	3.37	10.00	0.00	0.00	0.50
23/01/2017	3,658.44	15.19	4.01	10.00	0.00	0.00	1.30
24/01/2017	3,658.14	14.67	0.75	10.00	0.00	0.00	5.10
25/01/2017	3,657.67	13.87	23.62	10.00	0.00	0.00	26.30
26/01/2017	3,658.38	15.09	45.20	10.01	0.00	0.00	5.90
27/01/2017	3,660.08	18.13	28.31	10.00	0.00	0.00	2.10
28/01/2017	3,660.92	19.71	7.05	10.00	0.00	0.00	5.40
29/01/2017	3,661.24	20.32	13.94	10.01	0.00	0.00	0.00
30/01/2017	3,661.41	20.36	9.28	11.70	0.00	0.00	0.00
31/01/2017	3,661.30	20.44	7.84	12.01	0.00	0.00	0.50
19/02/2017	3,656.46	11.92	12.38	10.01	0.00	0.00	0.00
20/02/2017	3,656.59	12.12	10.05	10.01	0.00	0.00	0.60
21/02/2017	3,656.59	12.12	12.38	10.01	0.00	0.00	10.50
22/02/2017	3,656.73	12.34	20.79	9.00	0.00	0.00	0.60
23/02/2017	3,657.36	13.36	21.97	9.00	0.00	0.00	5.10
24/02/2017	3,658.03	14.48	20.19	9.00	0.00	0.00	3.70
25/02/2017	3,658.59	15.45	28.99	9.01	0.00	0.00	23.10
26/02/2017	3,659.58	17.22	21.96	9.00	0.00	0.00	2.00
27/02/2017	3,660.19	18.33	26.04	9.00	0.00	0.00	0.30
28/02/2017	3,660.97	19.81	12.81	9.00	0.00	0.00	0.50
22/03/2017	3,658.58	15.44	3.41	0.00	9.00	0.00	1.70
23/03/2017	3,658.30	14.95	24.35	0.00	9.00	0.00	5.30
24/03/2017	3,659.06	16.28	27.47	0.00	9.00	0.00	0.00

25/03/2017	3,659.94	17.87	27.45	0.00	9.00	0.00	0.00
26/03/2017	3,660.79	19.46	15.74	0.00	9.00	0.00	0.00
27/03/2017	3,661.09	20.04	13.51	0.00	9.00	0.00	1.50
28/03/2017	3,661.29	20.42	26.05	0.00	9.00	0.00	6.00
29/03/2017	3,662.04	21.90	35.29	0.00	9.00	0.00	2.40
30/03/2017	3,663.15	24.18	44.63	0.00	19.28	0.00	2.40
31/03/2017	3,664.18	26.37	48.98	0.00	19.58	0.00	1.20
10/04/2017	3,665.64	29.61	13.50	16.00	0.00	0.00	0.00
11/04/2017	3,665.54	29.38	11.16	16.01	0.00	0.00	0.00
12/04/2017	3,665.35	28.95	10.16	16.01	0.00	0.00	0.00
13/04/2017	3,665.12	28.44	9.11	15.97	0.00	0.00	1.40
14/04/2017	3,664.85	27.84	9.15	15.97	0.00	0.00	0.00
15/04/2017	3,664.58	27.24	11.79	15.99	0.00	0.00	0.00
16/04/2017	3,664.41	26.87	15.08	16.00	0.00	0.00	0.00
17/04/2017	3,664.37	26.78	13.58	16.00	0.00	0.00	0.00
18/04/2017	3,664.27	26.56	14.61	16.00	0.00	0.00	0.00
19/04/2017	3,664.21	26.43	12.36	16.00	0.00	0.00	0.00



Anexo 9 Solicitud dirigida a AUTODEMA

 **AUTORIDAD AUTÓNOMA DE MAJES** 

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"
"Año de la Igualdad y la no violencia contra las mujeres"

Arequipa 29 de mayo 2018

Oficio N°. 619 -2018-GRA-PEMS-GE-GGRH

Señorita
Yenifer Maribel Puente de la Vega Fernández
DNI 70525596
Calle Chullo 113 Yanahuara
Presente

Asunto : Uso de Datos y Uso de Laboratorio por un periodo de 3 meses

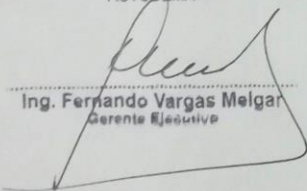
Referencia : Informe No. 427-2018-GRA-PEMS-GGRH-SGOM

Es grato dirigirme a usted, y en atención a la solicitud presentada, se le comunica que se le va a dar acceso a los datos solicitados y el uso del laboratorio con el compromiso que entregue una copia de la Tesis **"Determinación de la Calidad de Agua de la Represa Aguada Blanca mediante métodos sensoriales y Balanced Scorecard"**, conforme al proveído de la Gerencia Ejecutiva; asimismo se le comunica ingresará a partir del 20 de junio del 2018.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para expresarle mis cordiales saludos.

Atentamente,

GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA
PROYECTO ESPECIAL MAJES-SIGUAS
AUTODEMA


Ing. Fernando Vargas Melgar
Gerente Ejecutivo

FVM/TCM/ma.
Adj. 02 folios
Documento: 1293134
Expediente: 848150

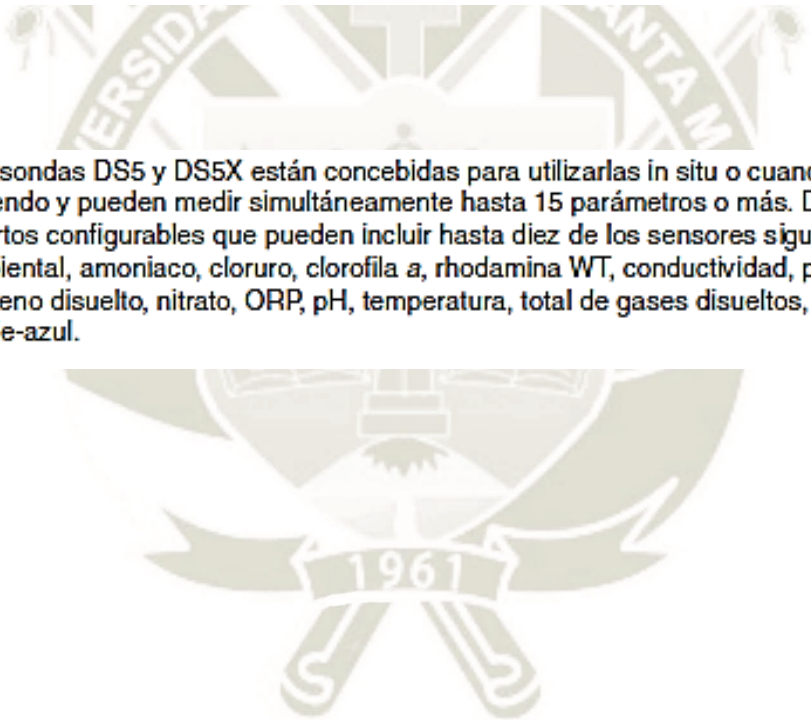
Campamento Central Majes www.autodema.gob.pe Teléfono 837117 – Fax: 837117	Urb. La Marina E-8 Cayma Arequipa majessiguas@regionarequipa.gob.pe Teléfono 254040 – Fax: 252135
---	--

Anexo 10 Especificaciones de la sonda Hydrolab DS5

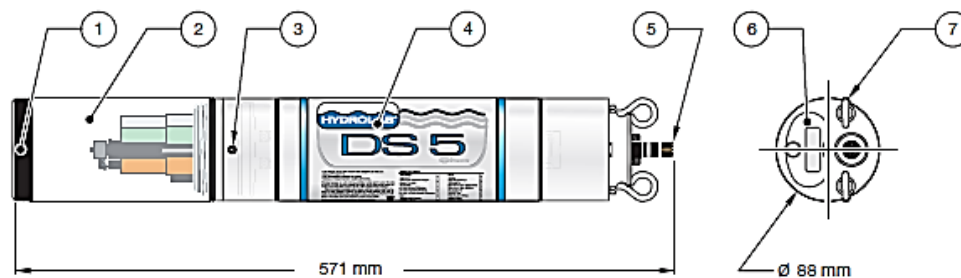


DS5X, DS5 y MS5 de Hydrolab
Sondas multiparamétricas para determinar
la calidad del agua

Las sondas DS5 y DS5X están concebidas para utilizarlas in situ o cuando el agua esté fluyendo y pueden medir simultáneamente hasta 15 parámetros o más. DS5 tiene siete puertos configurables que pueden incluir hasta diez de los sensores siguientes: luz ambiental, amoníaco, cloruro, clorofila *a*, rhodamina WT, conductividad, profundidad, α ígeno disuelto, nitrato, ORP, pH, temperatura, total de gases disueltos, turbidez y algas verde-azul.



Sonda multiparamétrica DS5



1. Tapa de calibración	5. Conector de 6 patillas
2. Tapa de almacenamiento	6. Compartimento para las pilas
3. Tornillo de apriete	7. Sujeción para el gancho
4. Carcasa	

Especificaciones

Sensor de oxígeno disuelto	
Rango de medición	0 a 50 mg/L
Precisión	± 0,2 mg/L para ≤ 20 mg/L ± 0,6 mg/L para > 20 mg/L
Resolución	0,01 mg/L
ORP	
Rango de medición	-999 a 999 mV
Precisión	± 20 mV
Resolución	1 mV
Nivel de profundidad aireada	
Rango de medición	0 a 10 m
Precisión	± 0,01 m
Resolución	0,001 m
Profundidad 0–25 m	
Rango de medición	0 a 25 m
Precisión	± 0,05 m
Resolución	0,01 m
Profundidad 0–100 m	
Rango de medición	0 a 100 m
Precisión	± 0,05 m
Resolución	0,01 m

Profundidad 0–200 m	
Rango de medición	0 a 200 m
Precisión	± 0,1 m
Resolución	0,1 m
Sensor Hach LDO®	
Rango de medición	0–30 mg/L
Precisión	± 0,01 mg/L para 0–8 mg/L; ± 0,02 mg/L para mayor que 8 mg/L
Resolución	0,01 o 0,1 mg/L
Salinidad	
Rango de medición	0 a 70 ppt
Precisión	± 0,2 ppt
Resolución	1 mV
Turbidez de 4 rayos (sólo DSS)	
Rango de medición	0 a 1000 NTU
Precisión	± 5% de la lectura; ± 1 NTU
Resolución	0,1 NTU (<100 NTU); 1NTU (≥ 100 NTU)
Clorofila a	
Rango de medición	0 a 500 µg/L, 0 a 50 µg/L, 0 a 5 µg/L
Precisión	± 3% equivalente del nivel de señal de estándar de rhodamina WT de 1 ppt
Resolución	0,01 µg/L
Rhodamina WT	
Rango de medición	0 a 1000 ppb, 0 a 100 ppb, 0 a 10 ppb
Precisión	± 3% equivalente del nivel de señal de estándar de rhodamina WT de 1 ppt
Resolución	0,01 ppb
Algas azul-verde	
Rango de medición	100 a 2.000.000 células/mL, 100 a 200.000, 100 a 20.000
Precisión	± 3% equivalente del nivel de señal de estándar de rhodamina WT de 1 ppt
Resolución	0,01 células/mL

4.1.3 Configuración del parámetro conductancia específica

Para la conductancia específica, configure las funciones siguientes usando Hydras 3 LT o Surveyor 4a:

- Seleccione la función de conductancia específica (Fresh (dulce), Salt (sal), StdMth, None (ninguna) o Custom (a medida)).
 - **Fresh** (por defecto) se basa en la compensación de la temperatura del agua dulce del fabricante. Esta función se deriva de

$$0.01N\text{ KCl: } f(T) = c_1T^5 + c_2T^4 + c_3T^3 + c_4T^2 + c_5T + c_6$$

donde:

$$c_1 = 1,4326 \times 10^{-9}, c_2 = -6,0716 \times 10^{-8}, c_3 = -1,0665 \times 10^{-5}, c_4 = -5,3091 \times 10^{-2}, c_5 = 1,8199.$$

- **Salt** se basa en la compensación de agua salina del fabricante.

$$f(T) = c_1T^7 + c_2T^6 + c_3T^5 + c_4T^4 + c_5T^3 + c_6T^2 + c_7T + c_8$$

donde:

$c_1=1,2813 \times 10^{-11}$, $c_2=-2,2129 \times 10^{-9}$, $c_3=1,4771 \times 10^{-7}$, $c_4=-4,6475 \times 10^{-6}$,
 $c_5=5,6170 \times 10^{-5}$, $c_6=8,7699 \times 10^{-4}$, $c_7=-6,1736 \times 10^{-2}$, $c_8=1,9524$.

- **StdMth** eliminará cualquier compensación de la temperatura de forma que los valores medidos son equivalentes a la conductividad: $f(T)=1$.
- **Custom** proporcionará una función de compensación que el usuario puede definir de acuerdo con la función siguiente:

$$f(T)=aT^7 + bT^6 + cT^5 + dT^4 + eT^3 + fT^2 + gT + h.$$

- En Set Range seleccione el rango de configuración (1:Auto, 2:High (alto), 3:Mid (medio) o 4:Low (bajo)).
 - **Auto** (por defecto) hace que la sonda multiparamétrica seleccione automáticamente el rango más apropiado para medir la conductividad. La sonda cambia de rango a lo largo de 0–100 mS/cm dependiendo de las condiciones de medición que se estén dando. La resolución de los datos mostrados también cambia para adaptarse al rango que se esté usando.
 - **High, Mid, y Low** obligan a la sonda multiparamétrica a medir la conductividad usando un rango fijo. Si se ha seleccionado un rango bajo, los valores medidos indican una condición que no está dentro del rango para los valores que sean superiores a 1,5 mS/cm. El rango medio se sale del rango a 15 mS/cm. Estas opciones también fuerzan los valores mostrados a un punto fijo o formato de resolución constante que fundamentalmente sólo se necesita para ciertos registradores de datos que soportan SDI-12. En caso contrario, es mejor seleccionar siempre las opción Auto ya que ésta proporciona la mayor exactitud y mejor comportamiento para el sensor de conductividad.
- Seleccione el método de cálculo para la salinidad (1:2311 o 2:StdMth).
 - **2311** (por defecto): la salinidad se calcula usando un algoritmo adaptado del estudio United States Geological Survey Water-Supply Paper 2311 (Análisis geológico del suministro de agua en EE. UU.) titulado "Specific Conductance: Theoretical Considerations and Application to Analytical Quality Control" (Conductancia específica: consideraciones teóricas y aplicación al control de calidad analítico". Esta función de salinidad sólo está definida a partir de salinidades comprendidas en el rango de 30 a 40 ppt (concentraciones suaves y disoluciones de agua marina). Esta función de salinidad usa valores específicos de conductancia C compensados en mS/cm.

$$\text{Salinidad} = c_1C^4 + c_2C^3 + c_3C^2 + c_4C + c_5$$

donde:

$c_1=5,9950 \times 10^{-8}$, $c_2=-2,3120 \times 10^{-5}$, $c_3=3,4346 \times 10^{-3}$, $c_4=5,3532 \times 10^{-1}$,
 $c_5=-1,5494 \times 10^{-2}$.

- **StdMth**: la salinidad se calcula usando la Escala práctica de salinidad (Practical Salinity Scale) (1978). Este algoritmo está definido para valores de salinidad comprendidos entre 2 y 42 ppt y usa valores de conductividad corregidos a 15 °C, independientemente de la función de compensación seleccionada para la conductancia específica. El algoritmo está descrito en el apartado 2520B de "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (Métodos estándar para examinar el agua y las aguas residuales), 18ª edición.

4.1.4 Configuración del parámetro oxígeno disuelto

Para el oxígeno disuelto, configure las funciones siguientes usando Hydras 3 LT o Surveyor: Enable o Disable Salinity Compensation (Habilitar o deshabilitar la compensación de salinidad).

4.1.5 Configuración del parámetro pH

Para el pH, configure las funciones siguientes usando Hydras 3 LT o Surveyor: seleccione 2 ó 3 puntos de calibración.

4.1.6 Configuración de otros parámetros

Para más información, consulte la hoja de instrucciones específica del sensor.

4.2 Calibración

La calibración de los sensores se comprueba antes de que éstos abandonen la fábrica, de todas formas la calibración ha de ser la apropiada para el lugar donde se vayan a utilizar los sensores y el uso que se les desee dar. Compruebe la calibración antes de usar la sonda por primera vez.

4.2.1 Calibración de los sensores con Surveyor

Si desea más información acerca de Surveyor, consulte su manual de usuario correspondiente.

1. Conecte el cable de alimentación y de datos a la sonda. Enchufe el conector de 9 patillas a Surveyor.
2. Encienda Surveyor. Espere 10 segundos aproximadamente hasta que se encienda.
3. Pulse **SETUP/CAL**. Pulse **Calibration**. Pulse **SONDE**.
4. Use las teclas de **FLECHA** para marcar el parámetro apropiado y pulse **SELECT**.
5. Marque la función que deba programarse y pulse **SELECT**. Aparecerá una ventana de calibración. Dependiendo de la aplicación, use las teclas de **FLECHA** para cambiar de función, pulse **SELECT** y **DONE** para finalizar la calibración.

4.2.2 Calibración de los sensores con Hydras 3 LT

Si desea más información acerca de Hydras 3 LT, pulse la tecla **F1** mientras Hydras 3 LT esté activo.

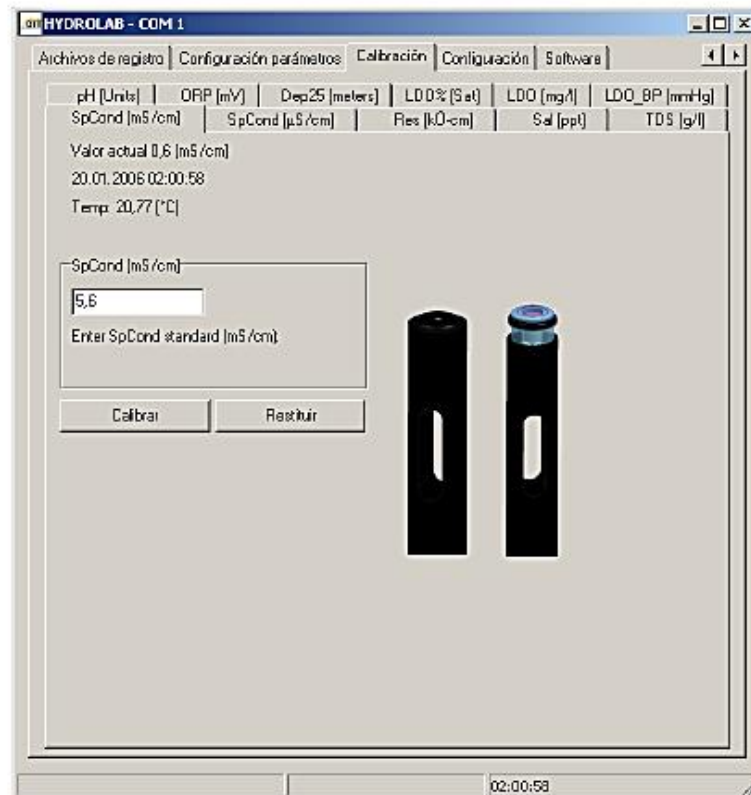
1. Conecte el cable de alimentación y de datos a la sonda. Enchufe el conector de 9 patillas al PC.
2. Inicie Hydras 3 LT. Espere hasta que el software haya escaneado para buscar las sondas conectadas. Marque la sonda multiparamétrica y pulse **OPERAR SONDA**.

*Nota: si la sonda parece estar conectada pero el software no reconoce la conexión de ésta, quite el cable conector, cámbielo y pulse **RE-SCAN PARA LAS SONDAS**. Repita esto hasta que Hydras 3 LT reconozca la sonda.*

3. Haga clic en la pestaña Calibración y haga clic en el parámetro que deba calibrarse.
4. Introduzca los valores de calibración y haga clic en **CALIBRAR**.

cable conector, cámbielo y pulse RE-SCAN PARA LAS SONDAS. Repita esto hasta que Hydras 3 LT reconozca la sonda.

3. Haga clic en la pestaña Calibración y haga clic en el parámetro que deba calibrarse.
4. Introduzca los valores de calibración y haga clic en **CALIBRAR**.



Manejo

4.2.4 Calibración del sensor de temperatura

El sensor de la temperatura está configurado de fábrica y no hay que calibrarlo.

4.2.5 Calibración de la conductancia específica

Nota: las mediciones de TDS se basan en una conductancia específica y en un factor de escala definido por el usuario. La escala por defecto es 0,64 g/L / mS/cm.

Este procedimiento calibra TDS, la conductividad y la salinidad (ambas sin corregir). La conductancia específica precisa una calibración en dos puntos. Calibre el sensor en cero y después en la solución de calibración.

1. Eche el estándar de la conductancia específica hasta que llegue a un centímetro de la parte superior de la tapa de calibración.
2. Asegúrese de que no haya burbujas en la célula de medición del sensor de la conductividad específica.
3. Introduzca el estándar SpCond para mS/cm o µS/cm utilizando el paquete de software Hydras 3 LT o un Surveyor 4a.

4.2.6 Calibración del sensor del oxígeno disuelto

4.2.6.1 Estándar de calibración de D.O. %saturación (método del aire saturado)

Nota: La calibración de D.O. %saturación también calibra D.O. mg/L.

1. Llene la tapa de calibración con agua desionizada o del grifo (conductancia específica inferior a 0,5 mS/cm) hasta que el agua llegue justo por debajo de la junta tórica de membrana.
2. Elimine con cuidado cualquier gota de agua de la membrana con la esquina de un pañuelo de papel.

Nota: D.O. también se puede calibrar en un cubo de agua que esté bien agitada, a temperatura estable y saturada de aire. Estas condiciones son semejantes a las que se realmente se dan en las mediciones de campo, pero en ellas es más difícil obtener medidas fiables.

3. Gire la cubierta negra de la tapa de calibración para ponerla al revés (concavidad hacia arriba) y póngala sobre la parte superior de la tapa de calibración. Espere hasta que la lectura se estabilice.
4. Determine la presión barométrica (BP) correcta para introducirla como estándar de calibración. Dicha presión puede obtenerla de una estación meteorológica, del aeropuerto local o de Surveyor 4a (si cuenta con BP). Algunos centros calibran la presión barométrica al nivel del mar, y es preciso efectuar una corrección debido a la diferencia de altura.

4.2.7 Calibración del sensor de la presión

Nota: La densidad del agua varía con la conductancia específica. Los valores indicados para la presión están corregidos para la conductancia específica.

1. Elimine el agua de la tapa de calibración.
2. Introduzca el cero para el estándar usando Hydras 3 LT o un Surveyor 4a.

4.2.8 Calibración de pH/ORP

1. Eche el estándar de pH o de ORP hasta que llegue aproximadamente a un centímetro de la parte superior de la tapa.
2. Introduzca las unidades de pH o ORP usando Hydras 3 LT o un Surveyor 4a.

Nota: La calibración del pH es de dos o tres puntos. Un estándar de pH comprendido entre 6,8 y 7,2 es considerado "cero" y los demás valores, la "pendiente". Primero, calibre el "cero" y después la "pendiente".

Después de haber realizado las labores de mantenimiento debidas en los sensores, éstos pueden calibrarse. Espere siempre el tiempo suficiente hasta que la temperatura de los estándares se haya estabilizado. Para reducir el tiempo de espera, intente tener guardados todos los estándares de calibración y el equipo a la misma temperatura antes de calibrar los parámetros. No altere nunca los estándares y utilice siempre unos sin usar.

4.2.9 Calibración de otros sensores

Para más información, consulte la hoja de instrucciones específica del sensor.

Anexo 11 Imágenes de la represa Aguada Blanca



Figura 43 Estructura de la presa

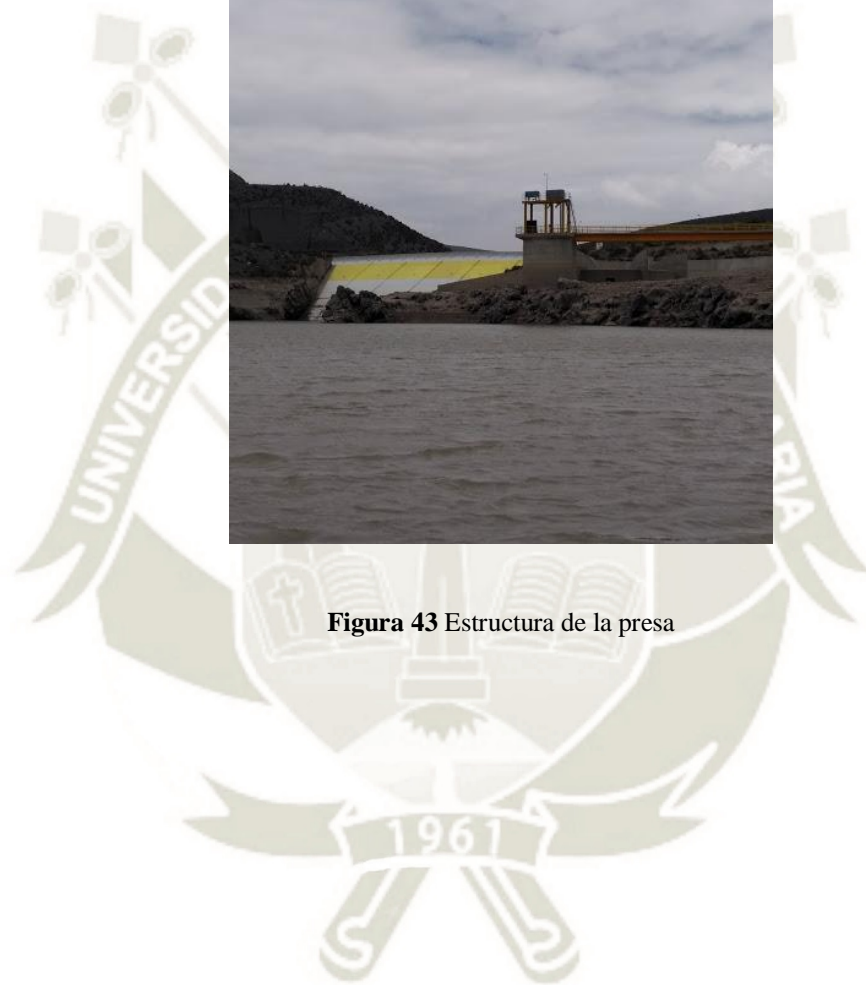




Figura 44 Embalse de la represa Aguada Blanca



Figura 45 Ingreso al embalse Aguada Blanca



Figura 46 Vista panorámica de la represa Aguada Blanca

