

**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**Profesor Patrocinante:** Dr. Álvaro Suazo Schwencke

**EVALUACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE  
LA TEMPERATURA DEL AGUA Y DEL AIRE  
EN LA SUBCUENCA DEL ALTO BIOBÍO**

PROYECTO DE TÍTULO PRESENTADO EN CONFORMIDAD A LOS REQUISITOS  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**CLAUDIA ANDREA HERRERA YÉVENES**

Concepción, Marzo 2018

## ÍNDICE

	Página
Agradecimientos	
Resumen	1
Abstract	2
<b>1.- INTRODUCCIÓN.</b>	<b>3</b>
1.1.- Objetivos	4
a) Objetivo general	
b) Objetivos específicos	
<b>2.- CARACTERIZACIÓN DE A ZONA DE ESTUDIO.</b>	<b>5</b>
2.1.- Ubicación	5
2.2.- Geomorfología	5
2.3.- Clima	6
2.4.- Hidrología	7
<b>3.- MÉTODOS UTILIZADOS.</b>	<b>8</b>
3.1.- Conceptos Termodinámicos	8
Temperatura	
Ley Cero de la Termodinámica	
Calor	
Inercia Térmica	
Equilibrio de Temperatura en Condiciones Estacionarias	
3.2.- Test de Datos Dudosos	10
3.3.- Método de Correlación	12
3.4.- Recopilación de Antecedentes	13
<b>4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.</b>	<b>15</b>
4.1.- Corrección de la Información	15
4.2.- Diagramas de dispersión	16
4.2.A.- Estación Puente Nitrao	16
4.2.B.- Estación Río Biobío en la Culebra	18
4.2.C.- Estación Río Huequecura aguas arriba del embalse Angostura	20
4.3.- Coeficiente de Correlación	22

4.4.- Comparaciones entre correlaciones	25
<b>5.- CONCLUSIONES.</b>	31
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	33
<b>ANEXOS</b>	34
<b>ANEXO A: CONCEPTOS ESTADISTICOS Y RESUMEN DATOS DUDOSOS</b>	
<b>ANEXO B: ROL AMBIENTAL DE LA DGA Y NORMATIVAS VIGENTES MEDIOAMBIENTALES RELACIONADAS CON LA TEMPERATURA</b>	

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto es la culminación de todo un proceso a formativo que inició el 2011, en el cual más que conocimientos académicos, pude impregnarme de vivencias, buenas y no tan buenas, que sin duda me llevaron a ser lo que como profesional desde ahora seré.

Quisiera partir agradeciendo a Dios por ser uno de los pilares fundamentales en toda mi formación personal, por qué en los momentos más duros fue parte de mis reflexiones y mis decisiones.

Mis padres, Verónica y Luis, sin los cuales este proceso formativo académico jamás hubiera sido posible, por inculcarme el valor de la responsabilidad y sobre todo por demostrarme siempre que cuando se desea algo hay que luchar por ello siempre, aunque el camino sea difícil.

Quisiera agradecer a mis hermanos. Especialmente a mi hermana Verónica, que desde pequeña creyó en mí, en que lograría grandes cosas, aunque de pequeña no entendía las exigencias, hoy agradezco toda su dedicación y el inculcarme el hábito del estudio y la constancia, gracias de corazón.

A mi profesor guía, Sr. Álvaro Suazo, por su dedicación y paciencia a lo largo de este proceso. Para mí fue un verdadero honor tenerlo como profesor, espero haber estado a la altura.

A mi pareja Rodrigo Huenchuman, por creer siempre en mí, por sus consejos, apoyo y contención en los momentos más difíciles del proceso.

Finalmente, quisiera agradecer a todas esas personas que anónimamente siempre han creído en mí, a mis amigos de la vida que siempre he podido contar con ellos.

“Queda prohibido no sonreír a los problemas, no luchar por lo que quieres, abandonar todo por miedo, no convertir en realidad tus sueños.”

- Pablo Neruda.

## **EVALUACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA DEL AGUA Y DEL AIRE EN LA SUBCUENCA DEL ALTO BIOBÍO**

**Autor: Claudia Andrea Herrera Yévenes**

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío.

cherreye@alumnos.ubiobio.cl

**Profesor Patrocinante: Álvaro Suazo Schwencke.**

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío.

asuazo@ubiobio.cl

### **RESUMEN**

Este proyecto de título nace por la necesidad de conocer los efectos de posibles descargas de aguas residuales, tanto de procesos de enfriamiento como domiciliarias, en un cuerpo receptor. Debido a la poca existencia de datos acerca de la temperatura del agua, se busca relacionarla con las variaciones que sufre la temperatura del aire a lo largo del día. Este estudio tiene por objetivo comprobar la consistencia de los datos entregados por las estaciones de la Dirección General de Aguas (DGA), evaluando la correlación entre temperatura de agua y de aire en la subcuenca del Alto Biobío a partir de datos horarios. Para lo anterior la DGA proporcionó información de temperaturas de seis estaciones de la región. La comprobación de la consistencia de la información se realizó con el test de datos dudosos, que entrega puntos que se alejan significativamente de la tendencia de la información. Para el estudio de la correlación se tomó en cuenta el comportamiento de las series de forma individual y comparativamente, para posteriormente determinar la correlación mediante la covarianza y el coeficiente de correlación. Finalmente, el análisis de la correlación permitió establecer que una variación en la temperatura del aire incide de manera directa casi perfecta en la temperatura del agua, con un desfase de tiempo en 2 horas aproximadamente.

**Palabras Clave: Correlación, Inercia Térmica, Variación de Temperaturas**

**N° Palabras: 9948 palabras**

## **EVALUATION OF THE CORRELATION BETWEEN WATER AND AIR TEMPERATURE IN THE ALTO BIOBÍO WATERSHEET**

**Author: Claudia Andrea Herrera Yévenes**

Department of Civil and Environmental Engineering, University of Bío-Bío  
cherreye@alumnos.ubiobio.cl

**Advisor: Álvaro Suazo Schwencke.**

Department of Civil and Environmental Engineering, University of Bío-Bío  
asuazo@ubiobio.cl

### **ABSTRACT**

This work was born from the need to know the effects of possible discharges of residual water, as much in cooling and domiciliary processes in a receiving body. Due to the lack of existence of data about the temperature of the water, it looks for relation in the variation of temperature that suffers the air along the day. This study aims to verify the consistency of the data delivered by the stations of the General Water Directorate (DGA), evaluating the correlation between water and air temperature in the Alto Biobío watershed based on hourly data. For this, the DGA provided information on hourly water and air temperatures of six stations in the region. The verification of the information was carried out with the doubtful data test, which provides points that depart significantly from the trend of the information. For the study of the correlation, the behavior of the series was taken into account individually and comparatively, to determine later, the correlation between covariance and coefficient. Finally, the analysis of this correlation allowed it to establish that a variation in the air temperature affect directly in the water temperature, with a time lag of approximately 2 hours.

**Keywords: Correlation, Thermal inertia, Temperature variation**

## 1.- INTRODUCCIÓN

En los estudios ambientales, donde se requiere conocer los efectos de una descarga de agua residual de procesos de enfriamiento o domiciliarias, es necesario conocer la temperatura del agua del cuerpo receptor, de manera de poder determinar los posibles efectos que la descarga pueda generar. En base a esto en Chile existen normas y decretos que regulan estas situaciones. Dentro de ella existe la Norma Chilena Oficial N°1.333, la cual establece los límites máximos para los diferentes parámetros considerados como requisito en función del uso dado. El Decreto Supremo N°90/2001 establece una norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. La Norma Secundaria de Calidad de Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Biobío busca conservar los ecosistemas acuáticos y sus servicios ecosistémicos, a través de la mantención o mejoramiento de la calidad de las aguas de la cuenca.

En la práctica, existen pocos registros de temperatura del agua en las estaciones del DGA y de manera contraria, los registros de temperatura de aire son más abundantes dentro de las diversas fuentes de información que existen a disposición. Es por esto que la finalidad de este proyecto es evaluar la correlación en forma horaria entre la temperatura de aire y la temperatura del agua registradas en estaciones de la DGA en la subcuenca del Alto Biobío, dado que en este lugar es donde nace uno de los ríos más importantes de nuestro país y el principal de la región del Biobío, siendo una zona de un gran valor económico e histórico.

Para lograr este propósito, es necesario tener en cuenta que en condiciones estacionarias se logra producir un equilibrio entre ambas temperaturas, pero la temperatura del aire varía durante el día, alcanzando diferencias importantes en un rango de 24 horas. Caso contrario ocurre con la temperatura del agua, la cual, dada a su inercia térmica, el cambio de temperatura no ocurre de manera inmediata.

En base a lo anterior, se utilizó un universo de seis estaciones que son parte del sistema de monitoreo que cuenta la Dirección General de Aguas (DGA), de las cuales existen tres que proporcionan información tanto de temperatura de agua como de aire y otras tres estaciones que solo proporcionan datos de un solo fluido.

A su vez se trabajó con un rango de tiempo que fluctúa entre octubre 2016 hasta junio 2017. Este rango de tiempo se decidió debido a que existen estaciones importantes para el estudio como Río Huequecura aguas arriba del embalse Angostura, la cual entrega datos de agua y aire simultáneamente, que inicia su registro en el mes de octubre 2016 y Río Biobío en la Culebra, que también entrega datos de agua y aire simultáneamente, que termina su registro en el mes de mayo 2017, siendo este un referente por la importancia de establecer relación entre ambas temperaturas y lo escaso de datos de esta índole.

Cabe señalar que la escala temporal utilizada en este estudio fue de una escala horaria, ya que se requirió establecer las variaciones que sufrían ambos fluidos a lo largo del día y a partir de estas variaciones se logró establecer una correlación entre ambas temperaturas.

## **1.1.- OBJETIVOS**

### **a) OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la correlación entre la temperatura del agua y la temperatura del aire registrada en estaciones de la DGA en la subcuenca del Alto Biobío, a partir de datos horarios.

### **b) OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar la existencia de datos dudosos en la información registrada por las estaciones de la Dirección General de Aguas (DGA).
- Encontrar la correlación entre las variaciones horarias de temperatura del agua y del aire en la subcuenca del Alto Biobío.
- Analizar la correlación y asociarla a factores físicos u otros, determinando si es posible establecer un coeficiente de transferencia.



## **2.- CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

En el presente capítulo se presentarán las características geográficas, climáticas e hidrológicas de la zona en donde se desarrolla el estudio.

### **2.1.- Ubicación**

La subcuenca del Alto Biobío abarca desde el nacimiento del río Biobío en las lagunas Galletué e Icalma, hasta antes de la junta con el río Lirquén, incluyendo el río Lonquimay.

Como ya fue mencionado las estaciones utilizadas en este proyecto de título fueron seis, las cuales se encuentran distribuidas en la subcuenca del Alto Biobío entre las regiones del Biobío y la Araucanía.

### **2.2.- Geomorfología**

La subcuenca del Alto Biobío comprende parte de las regiones del Biobío y la Araucanía. Estas regiones cuentan con cinco unidades morfológicas mayores que de Oeste a Este son las siguientes: Planicies litorales, Cordillera de la Costa, Depresión Central, la Montaña (o Precordillera) y la Cordillera Andina. También existe una unidad morfológica menor que se incluye en las anteriores, denominada Llanos de sedimentación fluvial y/o aluvional. La zona de estudio comprende parte de la Depresión Central, la Montaña o Precordillera y la Cordillera Andina de ambas regiones.

La Depresión Central corresponde a una planicie fuertemente ondulada, con un relieve local que sobrepasa los 200m. Hacia el Sur del río Biobío, ésta se estrecha paulatinamente con relieves y lomajes menores, hasta quedar en contacto con la Cordillera de Nahuelbuta por el oeste. Se encuentra intensamente regada por los cursos fluviales de las regiones. En esta sección de la cuenca se presentan depósitos fluvio-glacio-volcánicos arrastrados desde la Cordillera de los Andes.

El empalme entre la Cordillera de los Andes y los Valles Longitudinales se estructura a través de la llamada “La Montaña” o Precordillera, cuya altura fluctúa entre los 300 y 850 m.s.n.m. Esta unidad tiene origen sedimentario y forma una acumulación caótica de materiales glaciales, volcánicos y fluviales dispuestos al pie de la cordillera. Se caracteriza por laderas abruptas, ríos encajonados, materiales arcillosos y otros muy permeables como rodados.

La Cordillera Andina está representada en la zona de estudio por sus contrafuertes más occidentales, que constituyen en un relieve abrupto de difícil acceso. Sus alturas promedio fluctúan entre los 1700 y 1800 m.s.n.m. Se encuentra disectada por numerosos cursos menores y por grandes ríos (Biobío, Duqueco, Laja y Cholguán), que cruzan y constituyen grandes valles. En el sector cordillerano de la cuenca aparecen cadenas transversales y otras en forma de bisel o forma de arco montañoso.

En la Cordillera principal se ubican numerosos volcanes activos, que de Sur a Norte se denominan Lonquimay, Tolguaca, Callaqui y Antuco. Además, existe un volcán inactivo, Sierra Nevada. Sus alturas máximas varían entre 1800 a 3100 m.s.n.m. Se presenta, además, desde las nacientes del río Biobío, el valle que forma este río, de extensión norte-sur (50 Km. Aprox), limitada aproximadamente entre el río Rahue por el norte y el cerro Bateamahuida por el sur (MOP, 2011).

### **2.3.- Clima**

El clima que presenta la superficie de la cuenca es variado y tiene características de transición entre climas Mediterráneo y Templado Húmedo, predominante en la zona Sur. En la Depresión Intermedia, el clima templado costero húmedo posee temperaturas menos extremas donde las precipitaciones medias anuales alcanzan 1330 mm con un periodo seco de cuatro meses. En el valle longitudinal las temperaturas presentan un mayor contraste entre el día y la noche.

En la parte norte de la cuenca, predomina el clima Templado Mediterráneo abarcando toda la zona intermedia, bordes orientales de la Cordillera de la Costa y los sectores más bajos de la Precordillera. En el sector alto de la cuenca, la precipitación se concentra entre los meses de mayo y agosto alcanzando anualmente 2190mm. Las temperaturas de este sector fluctúan entre los 6,9 y 10°C. En la Cordillera de los Andes por sobre los 1.500 m se desarrolla el clima frío de altura con abundantes precipitaciones, más de 2.000 mm anuales y bajas temperaturas de alrededor de 4°C que permiten la presencia de nieves permanentes en las alturas de la cordillera (Región del Biobío, 2007).

## **2.4.- Hidrología**

El río Biobío es uno de los más importantes del país, el cual a lo largo de su recorrido va colectando a una serie de tributarios, destacando los ríos Vergara y Laja. Su hoya hidrográfica es de 24.000 km<sup>2</sup>, en su curso inferior lleva un caudal que fluctúa entre 700 y 1000 m<sup>3</sup>/s, siendo aventajado en su caudal solo por el río Baker.

En la subcuenca del Alto Biobío, al igual que es toda la cuenca del río Biobío, se tiene un régimen pluvio-nivoso con grandes crecidas en julio y noviembre, producto de precipitaciones y deshielos, respectivamente. El periodo de estiaje ocurre en el trimestre enero-febrero-marzo, debido a que las precipitaciones son muy bajas (MOP, 2011).

### 3.- MÉTODOS UTILIZADOS

En el presente capítulo se definen los conceptos y las metodologías necesarias para llevar a cabo este proyecto de título.

#### 3.1.- CONCEPTOS TERMODINÁMICOS

En este acápite se exponen algunos conceptos y expresiones fundamentales de la termodinámica y mecánica de fluidos, los cuales permiten llevar a cabo los objetivos planteados en el proyecto de título.

A continuación, se dan a conocer algunas definiciones y nociones básicas de algunos términos utilizados.

**Temperatura:** Generalmente, la temperatura se define como una magnitud que mide el nivel térmico o el calor que un cuerpo posee. No obstante, la temperatura es una propiedad que en la termodinámica resulta difícil darle una definición exacta. Esto ocurre ya que, aunque se sabe de “temperatura” por qué se siente lo caliente o lo frío cuando se toca un objeto y se conoce que cuando un cuerpo caliente y uno frío se ponen en contacto, el cuerpo caliente se enfría y el frío se calienta y si los cuerpos permanecen en contacto por algún tiempo estarán igualmente calientes o fríos. Sin embargo, la sensación de caliente o frío no es muy digna de confianza. Es por estas dificultades en definir temperatura en sí, es que se define “**Igualdad de Temperatura**” que corresponde cuando no hay cambios en ninguna propiedad observable, cuando hay comunicación térmica (Van Wylen y Santtag,1999).

**La Ley Cero de la Termodinámica:** Establece que cuando dos cuerpos tienen igualdad de temperatura con un tercero, los tres tienen igualdad de temperatura entre sí. Esta ley es la base de la medición de temperatura, porque se pueden poner números en un termómetro y cada vez que un cuerpo tiene igualdad de temperatura, se puede decir que el cuerpo tiene la temperatura que se lee en el termómetro (Beltrán,1991).

**Calor:** Es la forma de energía que se transmite a través del límite de un sistema que está a una temperatura a otro sistema (o al medio exterior) a una temperatura más baja, por virtud de la diferencia de temperatura entre los dos sistemas. Esto es, el calor se transmite de un sistema de mayor temperatura al de temperatura menor y la transmisión de calor ocurre solamente porque hay una diferencia de temperatura entre los dos sistemas (Beltrán,1991).

**Inercia Térmica:** Hace referencia a una propiedad que indica la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con que lo cede o absorbe, es decir, la “resistencia” del cuerpo a reaccionar a los cambios de la temperatura o aportes de calor. Esta propiedad depende de la masa térmica, del calor específico del material (cantidad de calor que hay que suministrarle a 1 Kg para que eleve su temperatura 1°C) y del coeficiente de conductividad térmica (expresa la magnitud de su capacidad de conducir calor).

**Equilibrio de temperatura en Condiciones Estacionarias:** Dos sistemas que están en contacto mecánico directo o separados mediante una superficie que permite la transferencia de calor, se dice que están en contacto térmico. Considerando dos sistemas con esta característica, dispuestos en forma que no puedan mezclarse o reaccionar químicamente. A su vez, los sistemas están colocados en el interior de un recinto donde no es posible que se intercambien calor con el exterior ni existan acciones desde el exterior capaces de ejercer trabajo sobre ellos. La experiencia indica que, al cabo de un tiempo, estos sistemas alcanzan un estado de equilibrio termodinámico que se denomina estado de equilibrio térmico recíproco. A partir de ese momento cesarán los cambios que pueden detectarse macroscópicamente, pero la actividad continúa. De algún modo, el estado macroscópico ha llegado al equilibrio y se caracteriza por que ambos sistemas tienen la misma temperatura (Beltrán,1991).

### 3.2.- TEST DE DATOS DUDOSOS

El método del Water Resources Council (1981, citado por Ven Te Chow, 1994) recomienda la realización de ajustes de datos dudosos; con el alcance que este método es propio para la utilización de datos registrados de caudales, es posible utilizarlo para registro de temperaturas ya que el comportamiento de los registros no tiene un comportamiento de distribución normal, al igual como ocurre en los registros de caudales. Los datos dudosos son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante. La retención o eliminación de estos datos puede afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos calculados para la información, especialmente en muestras pequeñas. Los procedimientos para tratar los datos dudosos requieren un criterio que involucra consideraciones matemáticas e hidrológicas. De acuerdo con el Water Resources Council si la asimetría de la estación es mayor que +0,4 se considera primero las pruebas para detectar datos dudosos altos; si la asimetría de la estación es menor que -0,4 primero se consideran pruebas para detectar datos dudosos bajos. Cuando la asimetría de la estación se encuentre entre  $\pm 0,4$  deben aplicarse pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos antes de eliminar cualquier dato dudoso del conjunto de datos.

La siguiente ecuación de frecuencia puede utilizarse para detectar datos dudosos altos:

$$y_H = \bar{y} + K_n S_y$$

Donde:

$y_H$ : umbral de dato dudoso alto en unidades logarítmicas.

$K_n$ : parámetro dado por la tabla 1 para un tamaño de muestra  $n$ .

$S_y$ : desviación estándar de los logaritmos de los datos.

Los valores de  $K_n$  dados en la tabla 1 se usan en pruebas para detectar datos dudosos en el nivel 10% de significancia en información normalmente distribuida. Si los logaritmos de los valores en una muestra son mayores que  $y_H$  en la anterior ecuación, entonces se consideran como datos dudosos altos. Los datos considerados como datos dudosos altos deben compararse con la información histórica y con datos altos en sitios cercanos. La información histórica de registros

altos contiene información de eventos inusualmente extremos, fuera del registro sistemático. De acuerdo con el Water Resources Council, si existe información disponible que indica que un dato dudoso alto es el máximo sobre un periodo extendido, el dato dudoso es excluido del análisis. Si no hay disponibilidad de información histórica útil para comparar con los datos dudosos altos, entonces estos deben ser retenidos como parte del registro sistemático.

Una ecuación similar puede utilizarse para detectar datos dudosos bajos:

$$y_L = \bar{y} - K_n S_y$$

Donde:

$y_L$ : umbral de datos dudosos bajos en unidades logarítmicas.

$K_n$ : parámetro dado por la tabla 1 para un tamaño de muestra  $n$ .

$S_y$ : desviación estándar de los logaritmos de los datos.

Los picos de información considerados como datos dudosos bajos se eliminan del registro y puede aplicarse un ajuste de probabilidad condicional descrito por el Water Resources Council (citado por Ven Te Chow, 1994).

**Tabla 1:** Valores de  $K_n$  para la prueba de datos dudosos. (Fuente: Ven te Chow, 1994).

Valores $K_n$ para la prueba de datos dudosos							
Tamaño de muestra $n$	$K_n$	Tamaño de muestra $n$	$K_n$	Tamaño de muestra $n$	$K_n$	Tamaño de muestra $n$	$K_n$
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

### 3.3.- MÉTODO DE CORRELACIÓN

Para el cálculo de la correlación se utilizó la relación que existe entre la covarianza y el coeficiente de correlación.

Se sabe que el coeficiente de correlación y la covarianza son medidas de la asociación lineal, se logran diferenciar de la siguiente manera:

- Los coeficientes de correlación están estandarizados. Por lo tanto, una relación lineal perfecta da como resultado un coeficiente de 1.
- Los valores de covarianza no están estandarizados. Por lo tanto, el valor de una relación lineal perfecta depende de los datos.

El coeficiente de correlación depende de la covarianza, puesto que, el primero es igual al segundo dividida entre el producto de las desviaciones estándar de las variables. Por lo tanto, una covarianza positiva siempre producirá una correlación positiva y una covarianza negativa siempre generará una correlación negativa.

En base a lo anterior, se trabajó con las estaciones que poseen datos de temperaturas de agua y de aire simultáneamente, calculando las covarianzas y posteriormente el coeficiente de correlación correspondiente a cada mes (octubre 2016-junio 2017).

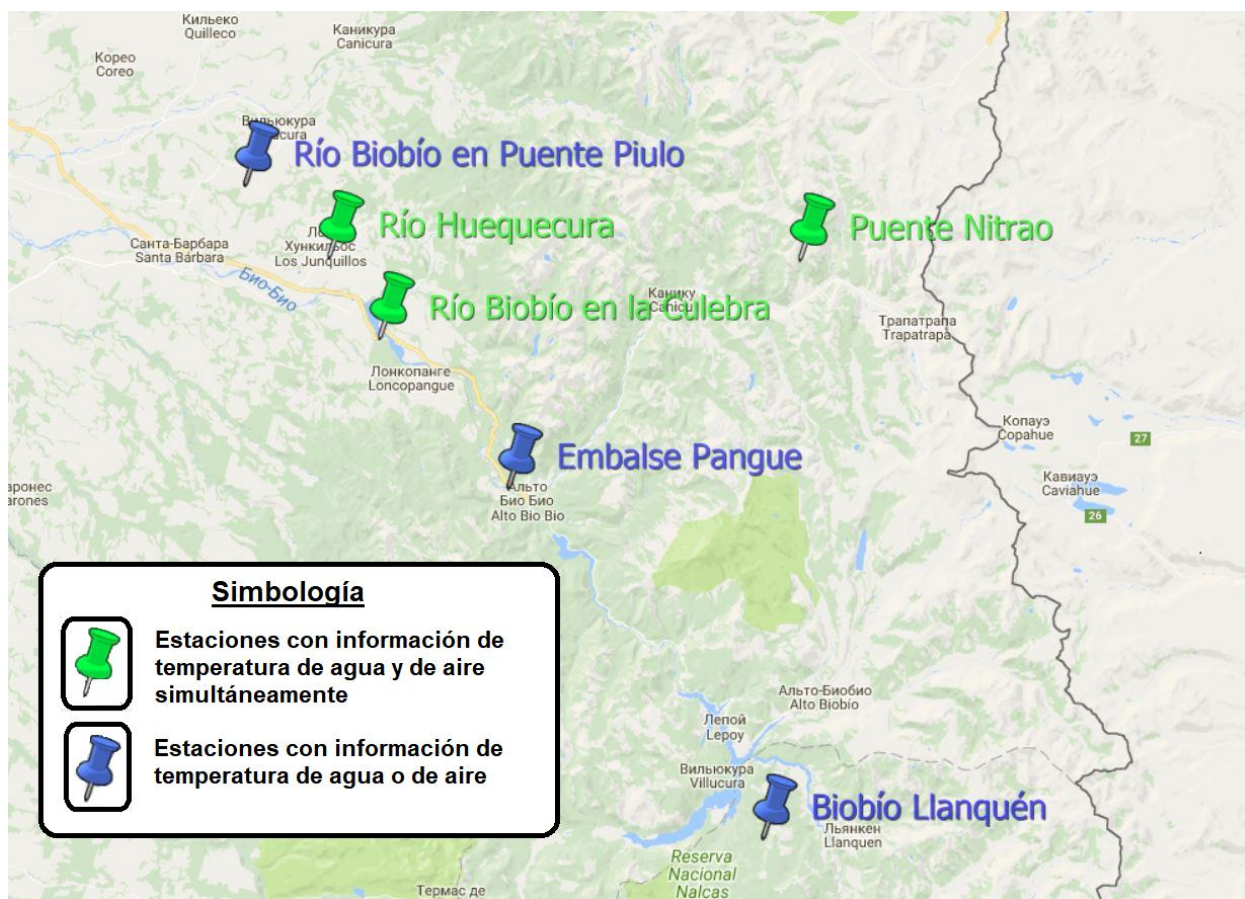
Como se sabe, el comportamiento del agua como fluido es diferente al que tiene el aire, ya que el agua posee una inercia térmica, es decir, una resistencia a cambiar su temperatura. Es por esto que se calcularon, de manera comparativa, las covarianzas y coeficientes de correlación con un desfase en 2, 4 y 6 horas, eligiéndose estos valores de manera de mantener una uniformidad en los resultados y a su vez resulta irrelevante analizar los datos con un desfase mayor a 6 horas.

Una vez determinado un coeficiente de correlación en cada estación y con un tiempo de desfase determinado, se procede a estimar temperaturas de agua en estaciones de la cuenca que no cuentan con esta información, a partir de las temperaturas de aire.



### 3.4.- RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES

La Dirección General de Aguas proporcionó la información de temperaturas de agua y de aire entregadas por las distintas estaciones emplazadas en la zona de estudio. En la figura 1 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones de la DGA utilizadas diferenciándose según la información proporcionada por cada estación, la cual se especifica en la tabla 3. También en la tabla 2 se muestran las coordenadas geográficas de las estaciones estudiadas.



**Figura 1:** Mapa de ubicación de las estaciones de la región del Biobío y región de la Araucanía, investigadas en este estudio. (Fuente: elaboración propia).

**Tabla 2:** Ubicación Geográfica de las estaciones del DGA. (Fuente: Elaboración Propia).

<b>Estación</b>	<b>Código DGA*</b>	<b>Latitud**</b>	<b>Longitud**</b>
<b>Río Huequecura</b>	08316002-0	37°42'17"	71°46'06"
<b>Río Biobío en la Culebra</b>	08317004-2	37°47'47"	71°41'56"
<b>Embalse Pangue</b>	08313002-4	37°54'39"	71°41'56"
<b>Río Biobío en Puente Piulo</b>	08317005-0	37°37'46"	71°54'9"
<b>Biobío Llanquén</b>	08307002-1	38°12'13"	71°36'5"
<b>Puente Nitrao</b>	08314000-3	37°41'47"	71°17'25"

\*Fuente: MOP (2018a).

\*\*Fuente: MOP (2018b).

**Tabla 3:** Detalle de la información entregada por cada una de las estaciones del DGA y el rango de tiempo estudiado. (Fuente: Elaboración Propia).

<b>Estación (Código DGA)</b>	<b>Información proporcionada*</b>	<b>Rango de tiempo*</b>
<b>08316002-0</b>	- Temperatura Agua - Temperatura Aire	Desde: 14/10/2016 11:00hrs Hasta: 30/06/2017 23:00hrs
<b>08317004-2</b>	- Temperatura Agua - Temperatura Aire	Desde: 01/10/2016 00:00hrs Hasta: 30/05/2017 15:00hrs
<b>08313002-4</b>	- Temperatura Agua	Desde: 01/10/2016 00:00hrs Hasta: 31/05/2017 23:00hrs
<b>08317005-0</b>	- -Temperatura Agua	Desde: 01/10/2016 00:00hrs Hasta: 30/06/2017 23:00hrs
<b>08307002-1</b>	- Temperatura Aire	Desde: 01/10/2016 00:00hrs Hasta: 30/06/2017 23:00hrs
<b>08314000-3</b>	- Temperatura Agua - Temperatura Aire	Desde: 01/10/2016 00:00hrs Hasta: 30/06/2017 23:00hrs

\*Fuente: MOP (2018a).

## 4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados principales de este estudio junto con su análisis respectivo, cumpliendo así con los objetivos planteados.

### 4.1.- CORRECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para el desarrollo de este proyecto de título, fue necesario realizar el Test de Datos Dudosos. La tabla 4 resume la cantidad total de datos dudosos encontrados en cada estación según los meses estudiados. Cabe señalar que la cantidad total puede corresponder a valores altos como bajos de datos dudosos y que este detalle se encuentra en los anexos de este proyecto.

**Tabla 4:** Cantidad de Datos Dudosos de temperatura. (Fuente: Elaboración Propia).

Estación	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Río Huequecura	Agua=4	Agua=2 Aire=1	Aire=1	No existen	No existen	No existen	No existen	No existen	Agua=1 Aire=1
Río Biobío en la Culebra	Agua=1 Aire=1	No existen	Agua=2	No existen	No existen	Agua=1	No existen	No existen	No existen
Río Biobío en Puente Nitrao	Agua=1	No existen	Aire=1	No existen	Agua=4 Aire=1	Agua=3 Aire=2	Agua=1 Aire=3	Agua=1 Aire=4	Agua=2 Aire=1
Embalse Pangué	No existen	Agua=2	Agua=1	Agua=1	Agua=1	Agua=8	Agua=6	No existen	No existen
Biobío Llanquén	Aire=1	No existen	No existen	No existen	No existen	Aire=1	No existen	No existen	Aire=3
Río Biobío en Puente Piulo	Agua=1	Agua=2	Agua=1	Agua=5	Agua=3	Agua=2	No existen	No existen	No existen

**Nota:** Los meses van de octubre del 2016 a junio 2017

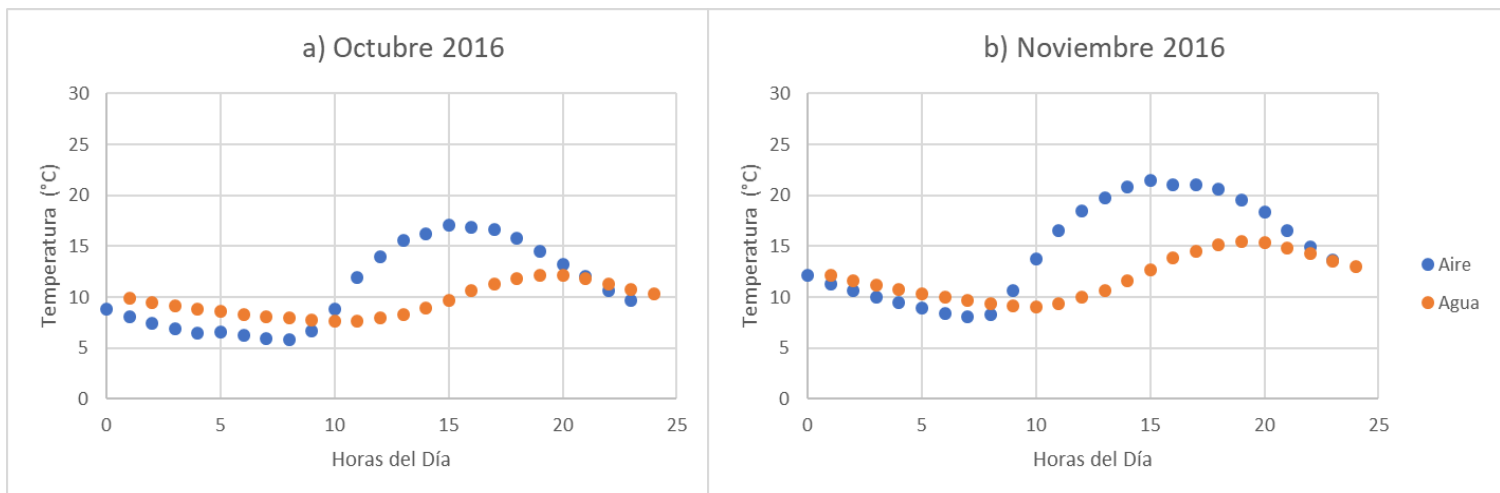
## 4.2.- DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN

Para lograr realizar el estudio, fue necesario revisar el comportamiento que poseen ambas temperaturas y como se relacionan entre sí mediante un diagrama de dispersión.

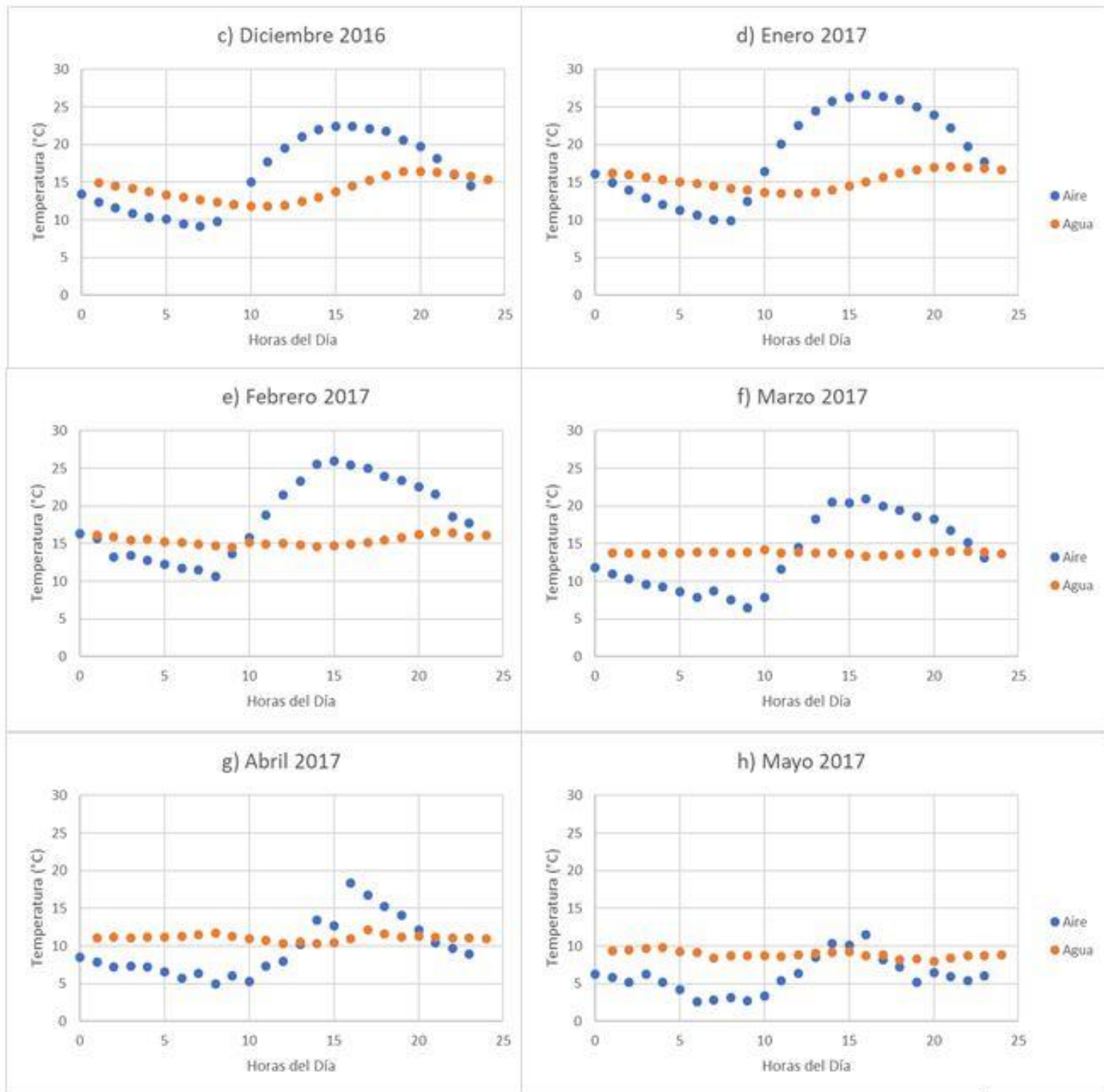
Para esto, se obtuvo un promedio horario de cada mes en estudio y su desviación.

### 4.2.A.- ESTACIÓN PUENTE NITRAO

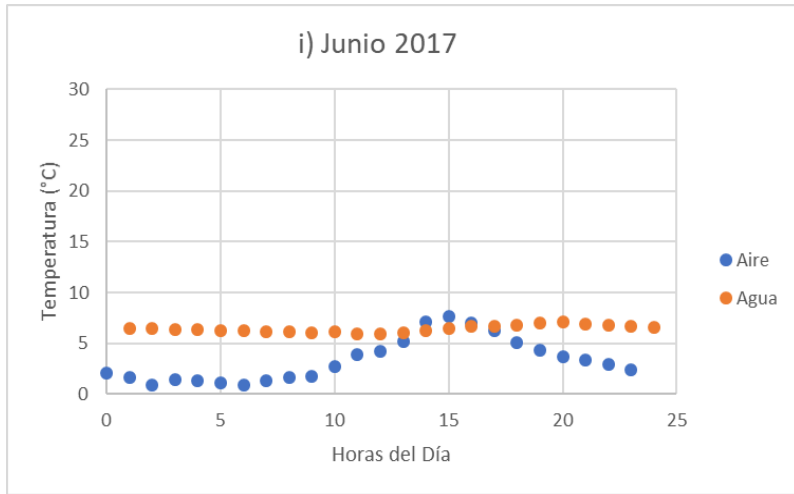
En la figura 1 se puede observar que en los primeros meses, que comprenden entre octubre 2016 hasta enero 2017 (figura 1a-1d), se observa un patrón común en el comportamiento de las temperaturas, mostrándose una clara dependencia entre ambas variables con un cierto desfase en el tiempo. En el mes de febrero 2017 (figura 1e), el comportamiento de las variables se muestra más disperso que en los meses anteriores, pero a pesar de esto igual se observa cierta dependencia entre ellas. En marzo 2017 (figura 1f), la gráfica muestra la casi nula existencia de relación entre el comportamiento de las variables. Entre abril 2017 y junio 2017 (figura 1g-1i), se muestra mes a mes de forma más clara una relación entre las variables.



**Figura 1:** Diagramas de dispersión de la estación Puente Nitrao desde octubre 2016 hasta junio 2017



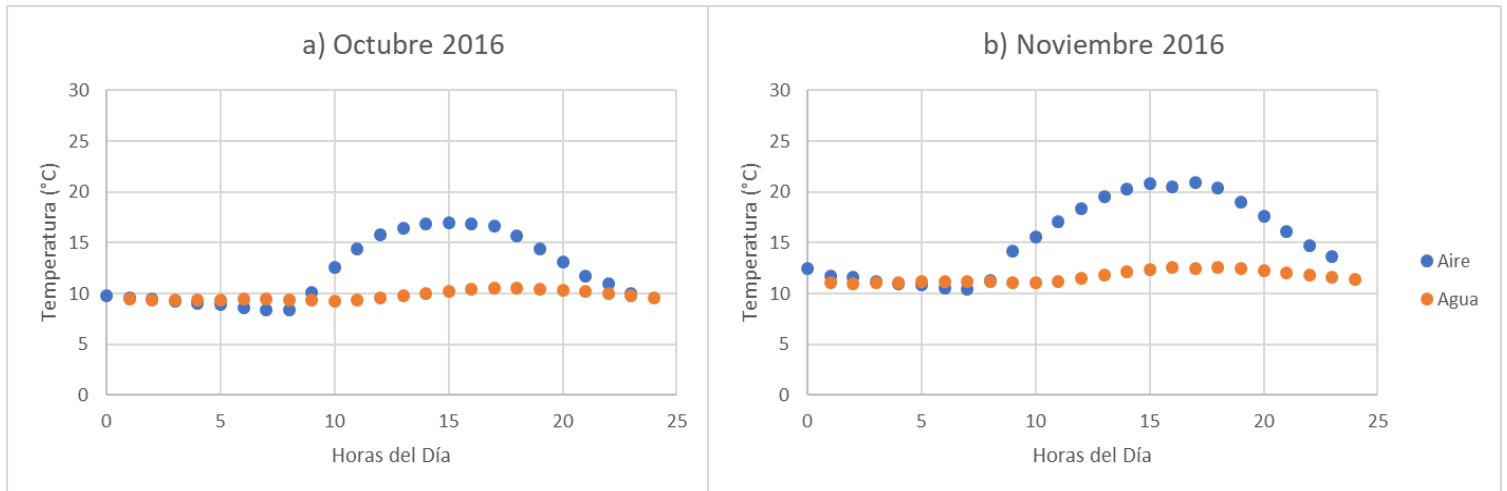
**Figura 1:** Diagramas de dispersión de la estación Puente Nitrao desde octubre 2016 hasta junio 2017. (Continuación)



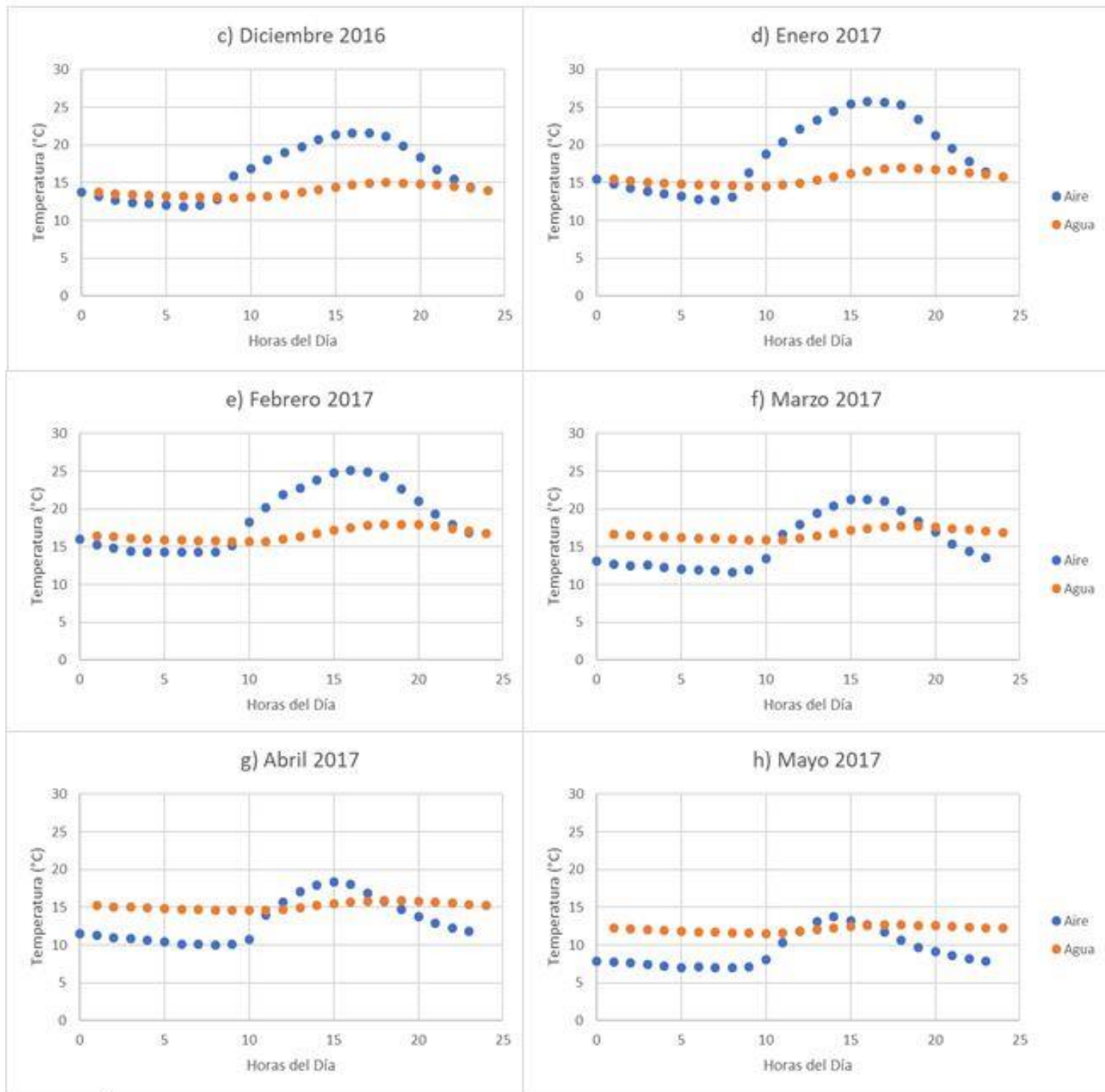
**Figura 1:** Diagramas de dispersión de la estación Puente Nitrao desde octubre 2016 hasta junio 2017. (Continuación)

#### 4.2.B.- ESTACIÓN RIO BIOBIO EN LA CULEBRA

En la figura 2 se presentan los diagramas de esta estación, en donde se puede observar un comportamiento común entre las variables estudiadas, mostrándose una clara relación entre ellas.



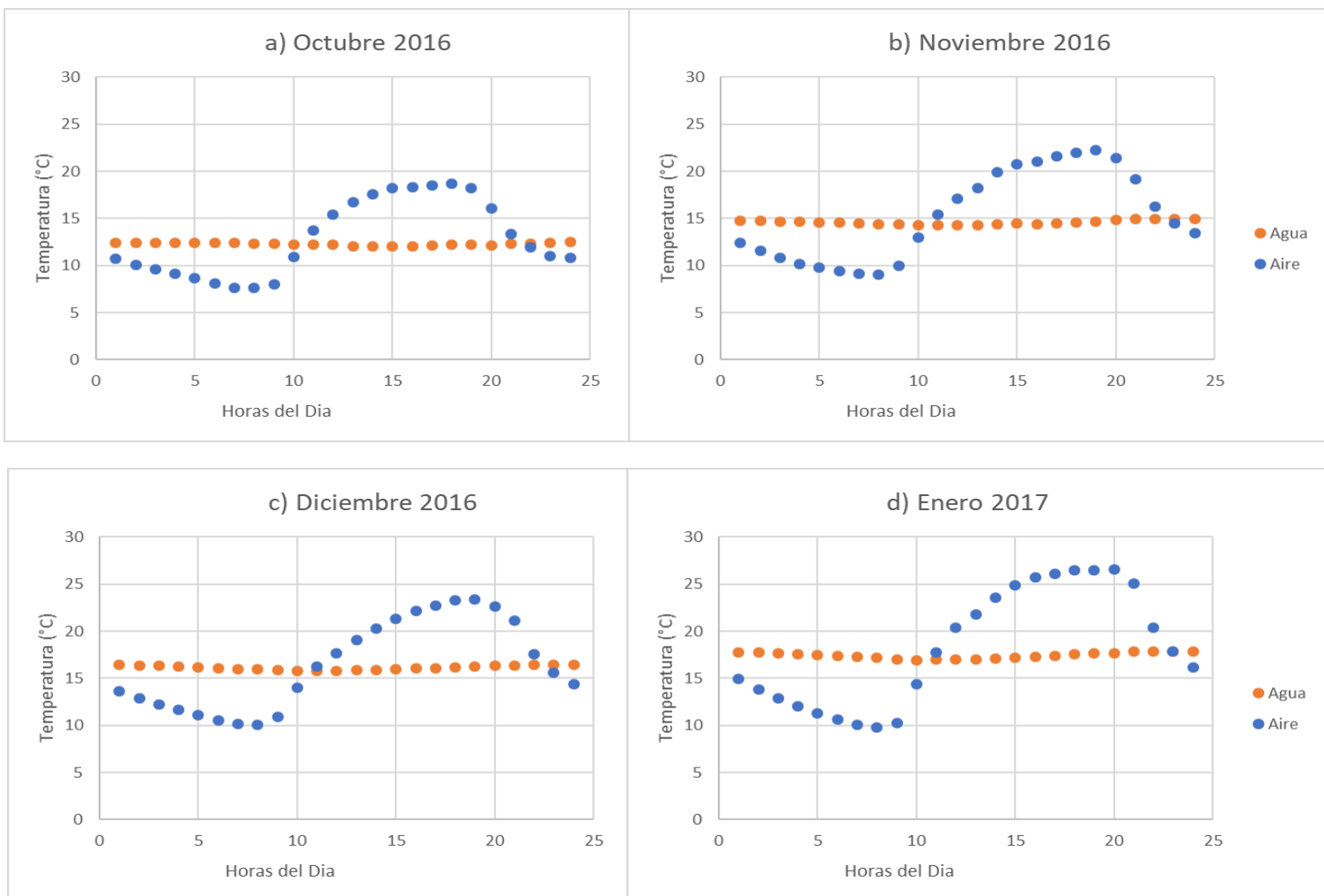
**Figura 2:** Diagramas de dispersión de la estación Río Biobío en la Culebra desde octubre 2016 hasta mayo 2017.



**Figura 2:** Diagramas de dispersión de la estación Río Biobío en la Culebra desde octubre 2016 hasta mayo 2017. (Continuación)

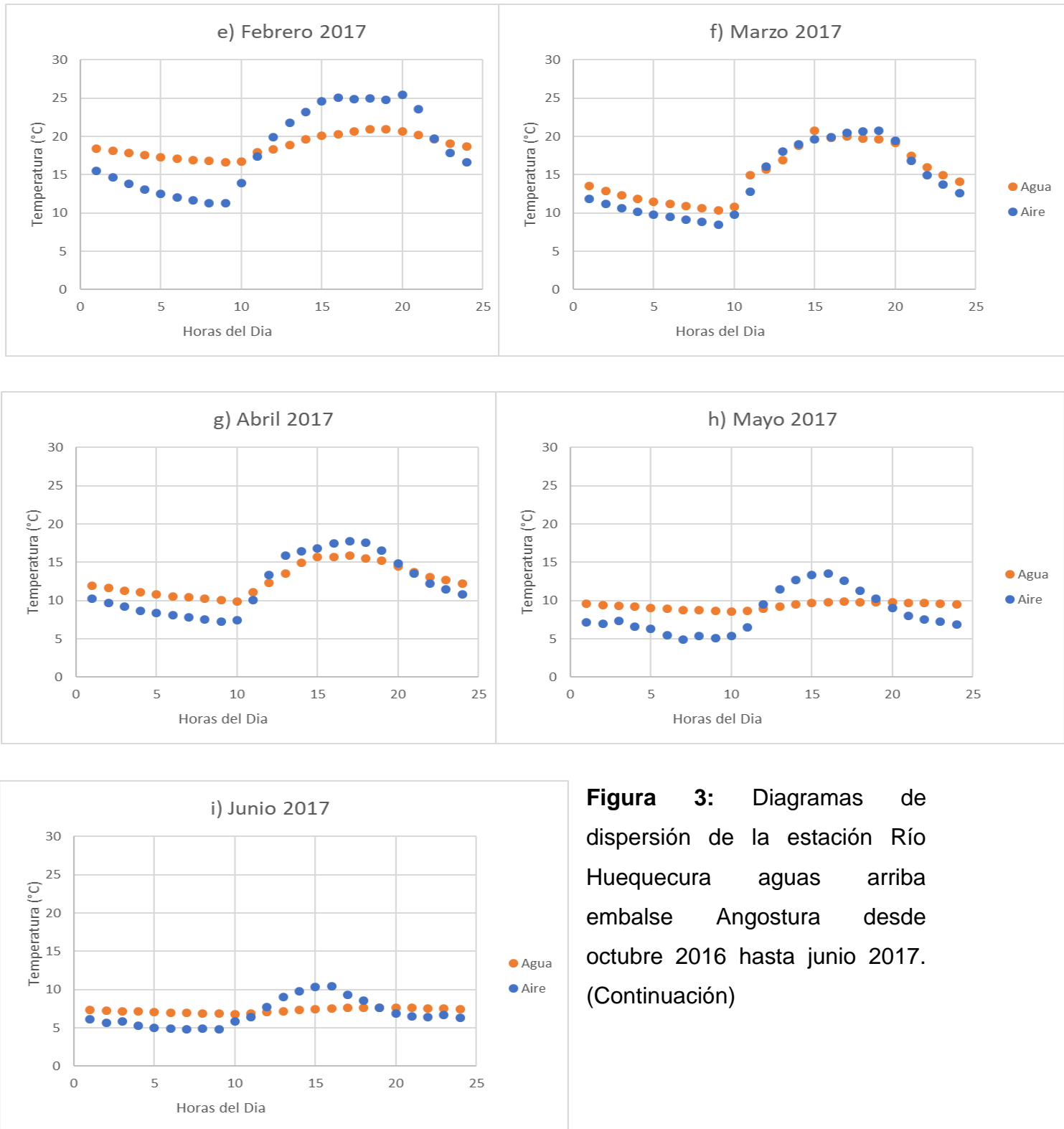
### 4.2.C.- ESTACIÓN RIO HUEQUECURA AGUAS ARRIBA DEL EMBALSE ANGOSTURA

En la figura 3 se puede observar que entre los meses octubre 2016 hasta enero 2017 (figura 3a-3d) se observa un patrón común entre el comportamiento de las variables estudiadas, mostrando una relación clara entre las variables con un respectivo desfase en el tiempo. Situación similar ocurre entre febrero 2017 y abril 2017 (figura 3e-3g), donde las curvas muestran un desarrollo similar de comportamiento. Finalmente, mayo y junio 2017 (figura 3h y 3i) se comportan de manera similar a los primeros meses variando en su forma de distribución.



**Figura 3:** Diagramas de dispersión de la estación Río Huequecura aguas arriba embalse Angostura desde octubre 2016 hasta junio 2017.



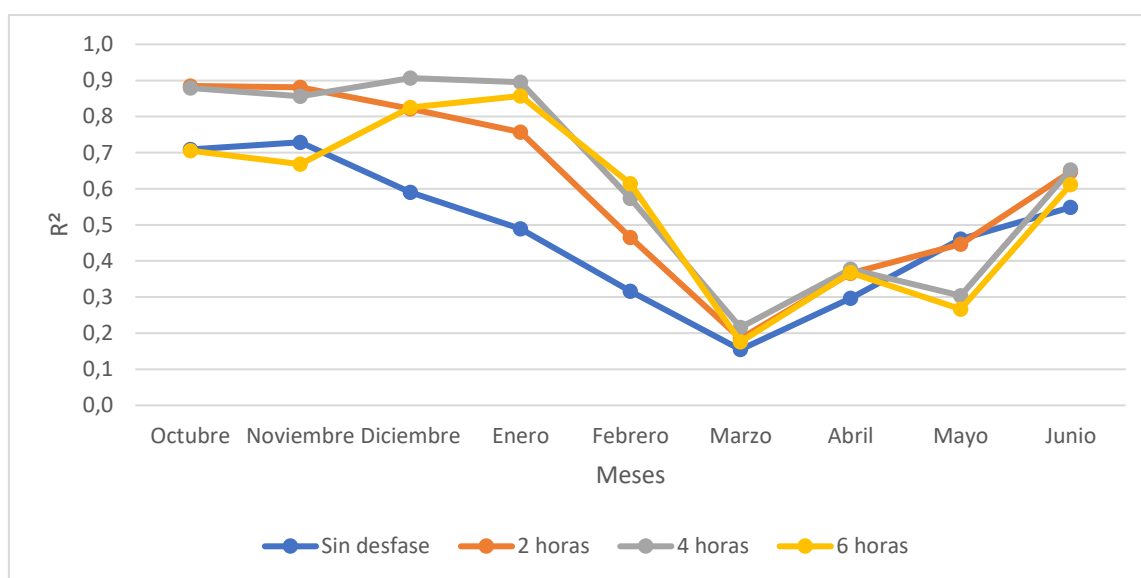


**Figura 3:** Diagramas de dispersión de la estación Río Huequecura aguas arriba embalse Angostura desde octubre 2016 hasta junio 2017. (Continuación)

### 4.3.- COEFICIENTES DE CORRELACIÓN

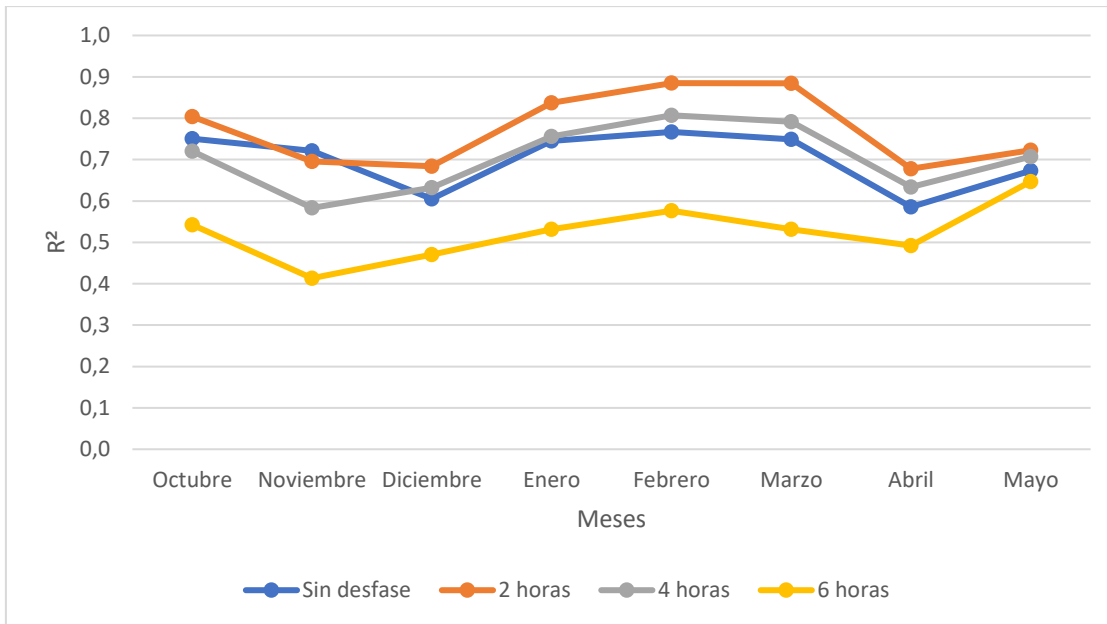
En una primera instancia se estudiaron las estaciones que poseían información de Temperatura de Agua y Temperatura de Aire simultáneamente, de manera de poder establecer a partir de éstas una correlación para el propósito de este proyecto de título. De forma comparativa, se planteó que, al existir un desfase de tiempo entre las mediciones de 2, 4 y 6 horas, se lograba aumentar el valor del coeficiente de correlación de cada mes.

En las figuras de 4 a 6, se presentan los gráficos con su respectivo análisis con respecto a las correlaciones.



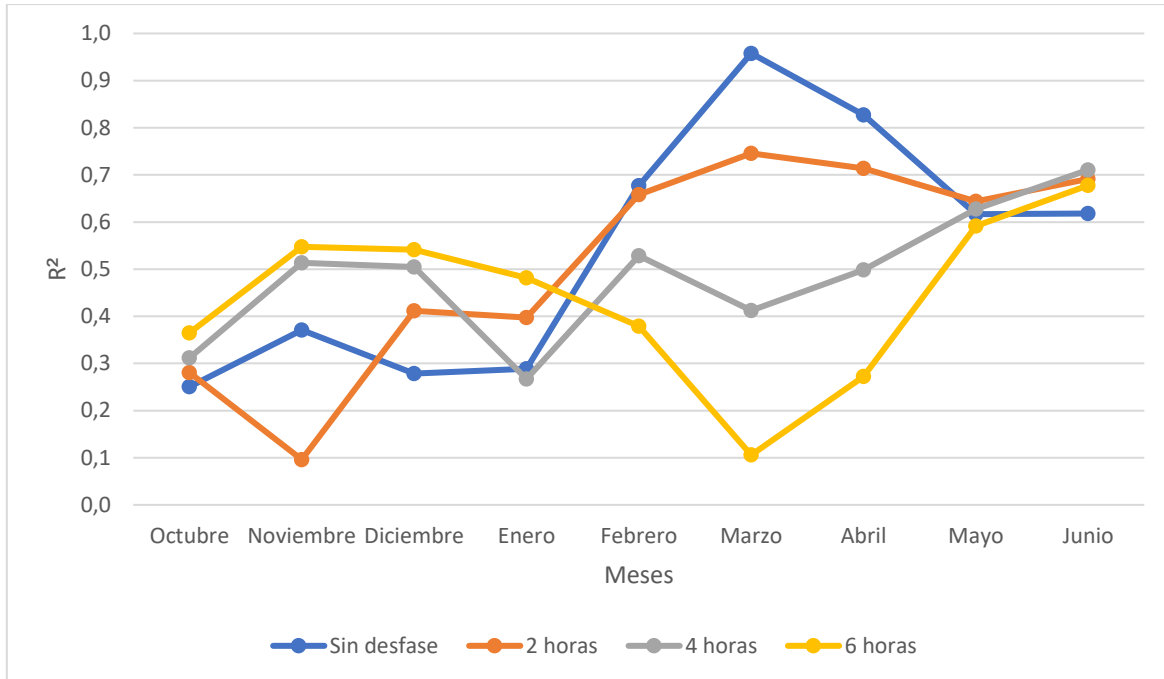
**Figura 4:** Correlaciones mensuales de la estación Puente Nitrao. (Fuente: Elaboración Propia).

En la figura 4 se puede observar que existe un aumento del coeficiente de correlación al presentarse un desfase en el tiempo. En los meses mas cálidos la correlación alcanza valores cercanos a 0,9, considerándose una correlación casi perfecta positiva. Caso contrario ocurre en los meses fríos, donde la correlación no supera los 0,6, mostrándose el peak mas bajo en el mes de marzo (alrededor de 0,2). Esta situación se puede intepretar como una no existencia de correlación, justificándose debido al cambio del clima que afecta este mes, la ubicación geográfica de la estación del Puente Nitrao, el término de los deshielos, disminución de la temperatura aire u otro fenómeno propio de la zona precordillerana.



**Figura 5:** Correlaciones mensuales de la estación Río Biobío en la Culebra. (Fuente: Elaboración Propia).

En la figura 5 se puede observar que existe un aumento del coeficiente de correlación al existir un desfase en el tiempo. En la mayoría de los meses el desfase, que mayor es la correlación, es cuando existen 2 horas de diferencia entre los cambios producidos en la temperatura del aire con respecto a la temperatura del agua.



**Figura 6:** Correlaciones mensuales de la estación Río Huequecura. (Fuente: Elaboración Propia).

En la figura 6 se muestra un caso particular, se presenta una diferencia en comparación a las otras estaciones analizadas. Es por esto que de octubre 2016 a enero 2017 se presenta una clara tendencia de mayor correlación cuando existe un desfase de 6 horas. En cambio, de febrero a mayo 2017 la mayor correlación se da cuando no existe desfase. Esto se puede dar principalmente a que esta estación se encuentra aguas arriba del embalse Angostura, provocando esto un equilibrio en un tiempo inferior a una hora. Además de esto, el Río Huequecura es de afluente superficial y de caudal bajo, esto junto con el término de los deshielos provoca un equilibrio casi inmediato.

#### 4.4.- COMPARACIONES ENTRE LAS CORRELACIONES

Posteriormente al análisis de las estaciones que entregaban datos simultáneos de temperatura de agua y aire, fue posible analizar las estaciones que solo poseían uno de los datos (Temperatura de Aire o Temperatura de Agua) comparándolas con los resultados obtenidos en el punto 4.3., usando las correlaciones encontradas con su desfase correspondiente. Las tablas 5 a 7 muestran en resumen los resultados obtenidos.

**Tabla 5:** Comparación entre la mayor correlación de la estación Puente Nitrao **(1)** y la correlación obtenida entre la Temperatura de Aire de la estación Biobío Llanquén y la Temperatura de Agua de la estación Puente Nitrao **(2)**, utilizando el mismo tiempo de desfase.

<b>Mes*</b>	<b>Desfase</b>	<b>Correlación (1)</b>	<b>Correlación (2)</b>
<b>Octubre</b>	2 horas	0,88	0,86
<b>Noviembre</b>	2 horas	0,88	0,89
<b>Diciembre</b>	4 horas	0,91	0,90
<b>Enero</b>	4 horas	0,90	0,84
<b>Febrero</b>	6 horas	0,61	0,65
<b>Marzo</b>	4 horas	0,22	0,19
<b>Abril</b>	4 horas	0,38	0,34
<b>Mayo</b>	Sin desfase	0,46	0,50
<b>Junio</b>	4 horas	0,65	0,54

(Fuente: Elaboración Propia)

\*Los meses van desde octubre 2016 hasta junio 2017

La tabla 5 muestra que entre los resultados obtenidos existe una similitud en las correlaciones, lo que puede ser una tendencia que se repita en estaciones de similares características geomorfológicas.

**Tabla 6:** Comparación entre la mayor correlación de la estación Río Huequecura aguas arriba del embalse Angostura **(1)** y la correlación obtenida entre la Temperatura de Agua de la estación Río Biobío en Puente Piulo y la Temperatura de Aire de la estación Río Huequecura aguas arriba del embalse Angostura **(2)**, utilizando el mismo tiempo de desfase.

<b>Mes*</b>	<b>Desfase</b>	<b>Correlación (1)</b>	<b>Correlación (2)</b>
<b>Octubre</b>	6 horas	0,36	0,25
<b>Noviembre</b>	6 horas	0,55	0,30
<b>Diciembre</b>	6 horas	0,54	0,11
<b>Enero</b>	6 horas	0,48	0,20
<b>Febrero</b>	Sin Desfase	0,68	0,24
<b>Marzo</b>	Sin Desfase	0,96	0,14
<b>Abril</b>	Sin Desfase	0,83	0,19
<b>Mayo</b>	2 horas	0,64	0,47
<b>Junio</b>	4 horas	0,71	-0,25

(Fuente: Elaboración Propia)

\*Los meses van desde octubre 2016 hasta junio 2017

En la tabla 6 se puede apreciar que a diferencia del caso anterior, en este par de estaciones no coinciden ni tienen ningún tipo de similitud las correlaciones. A su vez, existe un valor con signo negativo en junio 2017, lo que indica una correlación inversa entre las variables, es decir, si la temperatura del aire aumenta, disminuye la temperatura del agua. Esto puede darse ya que, al aumentar la temperatura del aire, provoca algunos deshielos en la zona, disminuyendo la temperatura del agua. Sin embargo, el valor numérico de este dato es bajo, por lo que la correlación no existiría.

**Tabla 7:** Comparación entre la mayor correlación de la estación Río Biobío en la Culebra (1) y la correlación obtenida entre la Temperatura de Agua de la estación Embalse Pangue y la Temperatura de Aire de la estación Río Biobío en la Culebra (2), utilizando el mismo tiempo de desfase.

<b>Mes*</b>	<b>Desfase</b>	<b>Correlación (1)</b>	<b>Correlación (2)</b>
<b>Octubre</b>	2 horas	0,80	0,48
<b>Noviembre</b>	Sin Desfase	0,72	0,38
<b>Diciembre</b>	2 horas	0,68	0,13
<b>Enero</b>	2 horas	0,84	0,28
<b>Febrero</b>	2 horas	0,88	0,43
<b>Marzo</b>	2 horas	0,88	-0,13
<b>Abril</b>	2 horas	0,68	0,07
<b>Mayo</b>	2 horas	0,72	-0,06

(Fuente: Elaboración Propia)

\*Los meses van desde octubre 2016 hasta mayo 2017

En la tabla 7 se muestra nuevamente que no coinciden ni tienen ningún tipo de similitud las correlaciones y al igual que en el caso anterior (tabla 6) existen dos valores negativos entre las correlaciones obtenidas. Sin embargo, los valores son cercanos a cero, por lo que no existiría correlación.

Al existir similitud solo en una de las comparaciones, se optó por evaluar las correlaciones con los demás periodos de desfase: 2 horas, 4 horas, 6 horas y sin desfase, según corresponda, de manera de descartar en su totalidad o verificar la existencia de alguna relación que sea posible utilizar.

En las tablas 8, 9 y 10 se muestran los resultados obtenidos en el análisis de correlaciones con todos los periodos de desfases evaluados:

**Tabla 8:** Estación Biobío Llanquén con estación Puente Nitrao.

<b>Mes*</b>	<b>Sin Desfase</b>		<b>2 horas</b>		<b>4 horas</b>		<b>6 horas</b>	
	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>
<b>Octubre</b>	0,71	0,64	0,88	0,86	0,88	0,88	0,71	0,70
<b>Noviembre</b>	0,73	0,71	0,88	0,89	0,86	0,89	0,67	0,70
<b>Diciembre</b>	0,59	0,54	0,82	0,79	0,91	0,90	0,83	0,82
<b>Enero</b>	0,49	0,38	0,76	0,68	0,90	0,84	0,86	0,82
<b>Febrero</b>	0,32	0,28	0,47	0,46	0,57	0,61	0,61	0,65
<b>Marzo</b>	0,15	0,14	0,18	0,16	0,22	0,19	0,18	0,21
<b>Abril</b>	0,30	0,26	0,37	0,32	0,38	0,34	0,37	0,33
<b>Mayo</b>	0,46	0,50	0,45	0,47	0,30	0,43	0,27	0,43
<b>Junio</b>	0,55	0,46	0,65	0,51	0,65	0,54	0,61	0,52

(Fuente: Elaboración Propia)

\*Los meses van desde octubre 2016 hasta junio 2017

(1): Correlación de la estación que entrega datos simultáneos de temperatura de agua y de aire, mostrados en el gráfico 1.

(2): Correlación obtenida entre la estación Puente Nitrao (temperatura de agua) y la estación Biobío Llanquén (temperatura de aire).



**Tabla 9:** Estación Río Biobío en Puente Piulo con estación Río Huequecura aguas arriba embalse Angostura.

<b>Mes*</b>	<b>Sin Desfase</b>		<b>2 horas</b>		<b>4 horas</b>		<b>6 horas</b>	
	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>
<b>Octubre</b>	0,25	0,42	0,28	0,36	0,31	0,30	0,36	0,25
<b>Noviembre</b>	0,37	0,47	0,10	0,45	0,51	0,40	0,55	0,30
<b>Diciembre</b>	0,28	0,19	0,41	0,19	0,50	0,17	0,54	0,11
<b>Enero</b>	0,29	0,29	0,40	0,30	0,27	0,27	0,48	0,20
<b>Febrero</b>	0,68	0,24	0,66	0,23	0,53	0,20	0,38	0,17
<b>Marzo</b>	0,96	0,14	0,75	0,14	0,41	0,08	0,11	0,00
<b>Abril</b>	0,83	0,19	0,71	0,20	0,50	0,20	0,27	0,20
<b>Mayo</b>	0,62	0,48	0,64	0,47	0,63	0,47	0,59	0,46
<b>Junio</b>	0,62	-0,25	0,69	-0,25	0,71	-0,25	0,68	-0,25

(Fuente: Elaboración Propia)

\*Los meses van desde octubre 2016 hasta junio 2017

(1): Correlación de la estación que entrega datos simultáneos de temperatura de agua y de aire, mostrados en el gráfico 3.

(2): Correlación obtenida entre la estación Río Biobío en puente Piulo (temperatura de agua) y la estación Río Huequecura aguas arriba embalse Angostura (temperatura de aire).

**Tabla 10:** Estación embalse Pangue con estación Río Biobío en la Culebra.

Mes*	Sin Desfase		2 horas		4 horas		6 horas	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
<b>Octubre</b>	0,75	0,45	0,80	0,48	0,72	0,46	0,54	0,42
<b>Noviembre</b>	0,72	0,38	0,70	0,35	0,58	0,45	0,41	0,89
<b>Diciembre</b>	0,61	0,17	0,68	0,13	0,63	0,08	0,47	0,03
<b>Enero</b>	0,74	0,42	0,84	0,28	0,76	0,11	0,53	-0,02
<b>Febrero</b>	0,77	0,52	0,88	0,43	0,81	0,32	0,58	0,23
<b>Marzo</b>	0,75	-0,18	0,88	-0,13	0,79	-0,09	0,53	-0,08
<b>Abril</b>	0,59	0,05	0,68	0,07	0,63	0,06	0,49	0,03
<b>Mayo</b>	0,67	-0,28	0,72	-0,06	0,71	0,12	0,65	0,20

(Fuente: Elaboración Propia)

\*Los meses van desde octubre 2016 hasta mayo 2017

(1): Correlación de la estación que entrega datos simultáneos de temperatura de agua y de aire, mostrados en el gráfico 2.

(2): Correlación obtenida entre la estación embalse Pangue (temperatura de agua) y la estación Río Biobío en la Culebra (temperatura de aire).

En la tabla 8 se observa que existe similitud entre los coeficientes de correlación obtenidos en ambos casos, siendo en su mayoría muy cercanos. Por otro lado, en las tablas 9 y 10 no es posible establecer ninguna semejanza entre los casos estudiados, apareciendo incluso valores negativos que representan correlaciones inversas principalmente en los meses de mayo y junio.

Los resultados mostrados en las tablas 8, 9 y 10 demuestran que no es posible establecer un coeficiente de correlación único para la zona. Tampoco es posible establecer un coeficiente único mensual en base a cercanía de las estaciones ni en similitudes geográficas.

## 5.- CONCLUSIONES

En la corrección de la información, se identificaron datos dudosos en las distintas series proporcionadas por la DGA, de los cuales en su mayoría fueron aceptados dado a que no son considerablemente alejados del límite, lo que permitió que dicha información pudiera ser utilizada en el estudio realizado posteriormente.

En los diagramas de dispersión se pueden observar relaciones entre la temperatura del agua y la temperatura del aire y cómo influyen entre sí. Esta relación se logra corroborar en la obtención de las correlaciones siendo consecuentes entre sí.

Con respecto a las correlaciones, se verifica que existe una correlación entre la temperatura del agua y del aire, la cual se acerca a 1 al existir un desfase de tiempo. Esto es consecuente, ya que el agua como fluido posee una mayor inercia térmica, por lo que se resiste al cambio de temperatura para lograr el equilibrio térmico.

En las estaciones que poseían información simultánea de temperatura de agua y de aire, se puede concluir lo siguiente con respecto a las correlaciones:

- En la estación Puente Nitrao se observa un aumento de la correlación a medida que los desfases van existiendo. En este caso, con 4 horas de desfase se produce, en la mayoría de los meses, una correlación mayor. A su vez, existen valores de coeficiente de correlación que varían entre 0,7 y 0,9 lo que indica una correlación casi perfecta entre las temperaturas.

La excepción en esta estación se da en el mes de marzo, en donde el coeficiente de correlación no supera 0,2 indiciando una correlación muy baja. Este fenómeno se puede deber a la ubicación cordillerana de esta estación, por el fin de los deshielos producidos en verano.

- En la estación Río Biobío en la Culebra también se observa un aumento de la correlación al existir un desfase en el tiempo, pero en este caso se produce el peak a las 2 horas de desfase, lo que se puede deber a que se está en presencia de una estación en zona de depresión intermedia, lo que ayuda al equilibrio en las temperaturas de manera más rápida. En este caso, los coeficientes de correlación son más cercanos a 0,9 indicando una correlación casi perfecta entre las temperaturas

- En la estación Río Huequecura aguas arriba del embalse Angostura se produce un efecto distinto a las estaciones anteriores, ya que, en este caso, los primeros meses (de octubre 2016 a enero 2017) existe aumento de coeficiente de correlación al existir un desfase de 6 horas, pero en estos casos los valores no superan los 0,5 indicando la existencia de una correlación débil. En los meses siguientes, de febrero 2017 a junio 2017, los coeficientes de correlación aumentan, acercándose a valores entre 0,7 a 0,9; pero sin la existencia de desfase de tiempo.

Este fenómeno diferente a las otras estaciones, a pesar de su ubicación geográfica similar a la estación Río Biobío en la Culebra, se puede dar por el efecto de un embalse, provocando un estancamiento de las aguas lo que afectaría el equilibrio térmico de manera diferente a los casos anteriores.

Al utilizar las estaciones “patrones” (Puente Nitrao, Río Biobío en la Culebra y Río Huequecura aguas arriba del embalse Angostura) como referencia para evaluar correlación en otras estaciones se obtuvieron resultados que permiten concluir lo siguiente:

- En el caso de las estaciones cordilleranas, como lo son Puente Nitrao y Biobío Llanquén, se obtuvo semejanza en las correlaciones, encontrándose coeficientes de correlación entre 0,7 y 0,9; siendo esto una correlación casi perfecta.
- En el caso de las otras dos relaciones establecidas, estación Río Biobío en Puente Piulo con Río Huequecura aguas arriba del embalse Angostura y Embalse Pangué con Río Biobío en la Culebra, las cuales fueron relacionadas entre sí por su cercanía en ubicación; las evaluaciones de coeficientes de correlación no muestran ninguna similitud en su comportamiento. Junto con ello, los valores de los coeficientes de correlación no superan valores de 0,5, existiendo incluso coeficientes negativos mayores a -0,3 lo que muestra una correlación baja.

Con los estudios realizados se concluye que no es posible establecer un coeficiente de transferencia único entre la temperatura del agua y la temperatura del aire para todo el sector estudiado.

## BIBLIOGRAFÍA

- MOP, DGA, Realizada por: AQUATERRA INGENIEROS LTDA. “Estudio hidrogeológico de cuencas Biobío e Itata”. Tomo III. Diciembre 2011.
- BELTRÁN, Rafael. “Introducción a la Mecánica de Fluidos”. 1ra Edición. Páginas 346
- BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE, “Decreto supremo 90/2001”, 2001
- CHAMORRO, Jannette. “Análisis de las temperaturas registradas en la Región del Biobío”. Proyecto de título Ingeniería Civil. Chile, Universidad del Bío-Bío. 2009
- CHOW, Ven Te. “Hidrología Aplicada”. Bogotá, Mc Graw Hill. Primera edición. 1994.
- DGA, Manual de normas y procedimientos del departamento de conservación y protección de recursos hídricos, 2007
- MOP, Chile. Selección de Estaciones y Parámetros. Página Web: [www.dga.cl/Paginas/estaciones.aspx](http://www.dga.cl/Paginas/estaciones.aspx). Consulta: 2018a.
- NCh N°1.333 of.2001 modificada 1987.
- MOP. Red Hidrométrica. Página Web: [www.arcgis.com](http://www.arcgis.com). Consulta: 2018b.
- Región del Biobío, “División político administrativa y censal”, 2007.
- SANTANA, Luís. “Hidrología”. Dirección de Pregrado. Universidad del Bío-Bío. 2007
- VAN WYLEN Y SANNTAG. “Fundamentos de la Termodinámica”. 19ª Edición. Páginas 892

# **ANEXOS**

# **ANEXO A:**

## **Conceptos estadísticos y resumen de datos dudosos.**

### A.1.- CONCEPTOS ESTADÍSTICOS.

En este acápite se exponen algunos conceptos y expresiones fundamentales de la probabilidad y estadística, los cuales permiten llevar a cabo los objetivos planteados en el proyecto de título.

A continuación, se dan a conocer algunas definiciones y nociones básicas de algunos parámetros estadísticos.

**Coefficiente de Asimetría ( $\gamma$ ):** Éste caracteriza el grado de asimetría de una distribución con respecto a su media. Para asimetrías positivas ( $\gamma > 0$ ), la información está desviada hacia la derecha con sólo un pequeño número de valores grandes; mientras que para una asimetría negativa ( $\gamma < 0$ ) la información está desviada hacia la izquierda.

$$\gamma = \frac{E[(x - \mu)^3]}{\sigma^3}, \text{ para la población.} \quad (1)$$

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3}, \text{ para la muestra.} \quad (2)$$

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \left( \frac{X_i - \bar{X}}{S} \right)^3 \quad (3)$$

**Media o promedio aritmético ( $\mu$ ):** Para una cantidad  $n$  finita de números, la media es igual a la suma de todos ellos dividida entre el número de sumandos.

$$\mu = E(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)dx, \text{ para la población.} \quad (4)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \text{ para la muestra.} \quad (5)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum n_i \cdot x_i}{n} = \sum x_i \cdot f_r(x_i), \text{ si los datos están resumidos en una tabla de frecuencias.} \quad (6)$$



Donde:

$n$ : número de datos de la muestra.;

$x_i$ : Datos de la muestra  $i$ .

**Desviación estándar ( $S$ ):** la variabilidad de la información se mide por medio de la varianza  $\sigma^2$ ; por otro lado la desviación estándar es simplemente la variación esperada con respecto de la **media aritmética**. Una desviación estándar grande indica que los puntos están lejos de la media, y una desviación pequeña indica que los datos están agrupados cerca de la media. La desviación estándar de una muestra de  $n$  observaciones de la variable  $x$ , con media muestral  $\bar{x}$  se denota por  $S$  y viene dada por la siguiente expresión:

$$\sigma^2 = E\left[(x - \mu)^2\right], \text{ varianza para la población.} \quad (7)$$

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \text{ varianza para la muestra.} \quad (8)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}, \text{ desviación estándar la población.} \quad (9)$$

$$s = \sqrt{s^2}, \text{ desviación estándar para la muestra.} \quad (10)$$

**Valor Máximo:** Es el Máximo valor del conjunto de datos.

**Valor Mínimo:** Es el mínimo valor del conjunto de datos.

**Covarianza ( $S_{xy}$ ):** es un valor que indica el grado de variación conjunta de dos variables aleatorias respecto a sus medias. Es el dato básico para determinar si existe una dependencia entre ambas variables y además es el dato necesario para estimar otros parámetros básicos, como el coeficiente de correlación o la recta de regresión. El signo de la covarianza expresa la tendencia en la relación lineal entre las variables.

$$s_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i - \bar{x} \cdot \bar{y}. \quad (11)$$

(Fuente: Chamorro,2009)

**Coefficiente de Correlación ( $\rho_{xy}$ ):** es una medida de regresión que pretende cuantificar el grado de variación conjunta entre dos variables y a diferencia de la covarianza, ésta es independiente de la escala de medida de las variables, por lo tanto, es una medida estadística que cuantifica la dependencia lineal entre dos variables.

$$\rho_{xy} = \frac{S_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \quad (12)$$

El valor índice de correlación varía en el intervalo  $[-1, 1]$ , indicando el signo el sentido de la relación:

- Si  $\rho_{xy}=1$ , existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada **relación directa**: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.
- Si  $0 < \rho_{xy} < 1$ , existe una correlación positiva.
- Si  $\rho_{xy}=0$ , no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.
- Si  $-1 < \rho_{xy} < 0$ , existe una correlación negativa.
- Si  $\rho_{xy}= -1$ , existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada **relación inversa**: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

## A.2.- DATOS DUDOSOS.

### A.2.1.- EJEMPLO DE CÁLCULO DE DATOS DUDOSO, SEGÚN LO ESPECIFICADO EN 5.1.

El Procedimiento para determinar datos dudosos es el siguiente:

1. Obtener los Logaritmos de los datos (Lg): esto se realiza en los meses en que la mediana sea menor que la media, es decir, cuando se encuentre sesgada hacia la derecha.
2. Determinar el número de datos (n).
3. Obtener el Promedio ( $\bar{y}$ ) y Desviación Estándar (S), según lo especificado en 3.2.
4. El parámetro Kn se obtiene ingresando con el número de datos a la tabla 1.
5. Obtener el límite inferior ( $y_L$ ) y superior ( $y_H$ ) según:

$$y_L = \bar{y} - K_n S_y$$

$$y_H = \bar{y} + K_n S_y$$

6. Determinar el máximo y mínimo de la serie.
7. Obtener la asimetría de los logaritmos de los datos.
8. Si la asimetría es menor que -0.4, buscar datos dudosos bajos, si la asimetría es mayor que 0.4, buscar datos dudosos altos y si la asimetría está entre  $\pm 0.4$ , buscar datos dudosos altos y bajos.
9. Si hay valores fuera de los límites, o sea datos dudosos, estos se deben eliminar.
10. Repetir los pasos 1 al 9 a la serie luego de eliminar los datos del paso anterior.
11. Realizar el proceso hasta que no existan datos dudosos.

(Fuente: Santana,2007)

**Tabla A1.-** Ejemplo de cálculo Prueba de Datos Dudosos. Para las T°Agua y T°Aire de 12 de mayo 2017 de la estación Puente Nitrao. (Fuente: elaboración propia).

T	n	K	Prom	Des. Est	Coef. Asim	valor inf	valor sup	lim inf	lim sup	T°min	T°max	STATUS
Agua	19	2,361	9,15	0,007	0,95	9,15	9,18	9,14	9,18	9,4°C	9,7°C	OK
Aire	19	2,361	8,87	0,210	1,37	8,63	9,39	8,38	9,38	5,5°C	11,9°C	dato dudoso bajo

■ Representa los datos de T° dudosos.

Donde:

**Promedio:** Promedio de los Ln de las T°.

$$\bar{T} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(T_i)$$

**Desviación Estándar:** Desviación estándar de los Ln de las T°.

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\ln(T_i) - \ln(\bar{T}))^2}$$

**Coeficiente de Asimetría:** Coeficiente de Asimetría de los Ln de las T°.

$$C_s = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum_{i=1}^N \left( \frac{\ln(T_i) - \ln(\bar{T})}{S} \right)^3$$

**Valor Inferior:**  $\ln(T) = \bar{T} - K_n S$

Donde  $\bar{T}$  y  $S$  corresponden al promedio y desviación estándar de los Ln(T°).

**Valor Superior:**  $\ln(T) = \bar{T} + K_n S$

Donde  $\bar{T}$  y  $S$  corresponden al promedio y desviación estándar de los Ln(T°).

**Límite inferior:**  $T^{\circ}_{\text{superior}} = e^{\text{valor. superior}}$

**Límite Superior:**  $T^{\circ}_{\text{inferior}} = e^{\text{valor. inferior}}$

**Valor Máximo:** ( $T^{\circ}_{\text{max}}$ ) Es el Máximo valor del conjunto de datos de T°.

**Valor Mínimo:** ( $T^{\circ}_{\min}$ ) Es el mínimo valor del conjunto de datos de  $T^{\circ}$ .

**Mediana:** Es el valor central del conjunto de datos.

**Media:**  $Media = \frac{Valor\ máximo + Valor\ mínimo}{2}$

Para realizar la prueba de datos dudosos se utilizó la transformación de los datos de  $T^{\circ}$  a  $\ln(T^{\circ})$  en el caso que los datos estén sesgados a la izquierda:

$Mediana < Media \Rightarrow$  Usar la transformación de  $T^{\circ}$  a  $\ln(T^{\circ})$ .

Entonces, el dato de  $T^{\circ}$  es dudoso si:

**Dato dudoso bajo:**  $T^{\circ}_{\min} < Limite\ Inferior$

**Dato dudoso alto:**  $T^{\circ}_{\max} > Limite\ Superior$

**Tabla A2.-** Resumen de datos dudosos Estación Río Huequecura. (Fuente: elaboración propia).

Fecha	Hora	Variable	Tipo de Temperatura	Valor (°C)	Límite	Status
19-10-2016	23.00 hrs	Agua	Superior	11	10,8	Se Acepta
20-10-2016	23.00 hrs	Agua	Superior	11,7	11,5	Se Acepta
26-10-2016	23.00 hrs	Agua	Superior	13,6	13,4	Se Acepta
27-10-2016	23.00 hrs	Agua	Superior	14,4	14,2	Se Acepta
03-11-2016	22.00 hrs	Agua	Superior	12,8	12,7	Se Acepta
03-11-2016	23.00 hrs	Agua	Superior	12,8	12,7	Se Acepta
26-11-2016	11.00 hrs	Aire	Superior	16,7	16,6	Se Acepta
12-12-2016	23.00 hrs	Aire	Inferior	9,7	10,8	Se Acepta
16-06-2017	23.00 hrs	Aire	Inferior	3,6	3	Se Acepta
17-06-2017	00.00 hrs	Agua	Superior	7,9	7,8	Se Acepta

**Tabla A3.-** Resumen de datos dudosos Estación Río Biobío en Puente Nitrao. (Fuente: elaboración propia).

Fecha	Hora	Variable	Tipo de Temperatura	Valor (°C)	Límite	Status
11-10-2016	00.00 hrs	Agua	Superior	10,4	10,3	Se Acepta
12-12-2016	23.00 hrs	Aire	Inferior	10,1	10,8	Se Acepta
07-02-2017	07.00 hrs	Aire	Inferior	8	8,3	Se Acepta
17-02-2017	00.00 hrs	Agua	Superior	15,8	15,6	Se Acepta
19-02-2017	23.00 hrs	Agua	Superior	14,3	14,1	Se Acepta
25-02-2017	19.00 hrs	Agua	Superior	18,3	18,2	Se Acepta
25-02-2017	20.00 hrs	Agua	Superior	18,3	18,2	Se Acepta
01-03-2017	00.00 hrs	Agua	Superior	16,3	16,2	Se Acepta
08-03-2017	00.00 hrs	Aire	Superior	14,6	14	Se Acepta
10-03-2017	23.00 hrs	Agua	Superior	11,5	11,4	Se Acepta
11-03-2017	23.00 hrs	Agua	Superior	12	11,9	Se Acepta
16-03-2017	17.00 hrs	Aire	Superior	28,1	27,1	Se Acepta
07-04-2017	00.00 hrs	Agua	Superior	12,1	11,8	Se Acepta
07-04-2017	18.00 hrs	Aire	Superior	9,4	8,8	Se Acepta
07-04-2017	19.00 hrs	Aire	Superior	9,1	8,8	Se Acepta
22-04-2017	09.00 hrs	Aire	Inferior	0,3	0,4	Se Acepta
02-05-2017	13.00 hrs	Agua	Inferior	10,1	10,2	Se Acepta
09-05-2017	00.00 hrs	Aire	Inferior	3,8	4	Se Acepta
12-05-2017	16.00 hrs	Aire	Superior	11,9	11,8	Se Acepta
15-05-2017	10.00 hrs	Aire	Inferior	0,1	0,2	Se Acepta
19-05-2017	23.00 hrs	Aire	Inferior	0,5	0,6	Se Acepta
01-06-2017	23.00 hrs	Aire	Inferior	0,2	0,5	Se Acepta
21-06-2017	23.00 hrs	Agua	Inferior	4,5	4,6	Se Acepta
24-06-2017	23.00 hrs	Agua	Inferior	5,2	5,4	Se Acepta

**Tabla A4.-** Resumen de datos dudosos Estación Río Biobío en la Culebra. (Fuente: elaboración propia).

Fecha	Hora	Variable	Tipo de Temperatura	Valor (°C)	Límite	Status
11-10-2016	00.00 hrs	Agua	Superior	9,7	9,6	Se Acepta
12-10-2016	23.00 hrs	Aire	Inferior	7,7	8,2	Se Acepta
10-12-2016	00.00 hrs	Agua	Superior	13,8	13,7	Se Acepta
25-12-2016	00.00 hrs	Agua	Superior	14,6	14,4	Se Acepta
08-03-2017	00.00 hrs	Agua	Superior	16,9	16,7	Se Acepta

**Tabla A5.-** Resumen de datos dudosos Estación Biobío Llanquén. (Fuente: elaboración propia).

Fecha	Hora	Variable	Tipo de Temperatura	Valor (°C)	Límite	Status
12-10-2016	23.00 hrs	Aire	Inferior	3,4	3,9	Se Acepta
08-03-2017	09.00 hrs	Aire	Superior	14	13,4	Se Acepta
10-06-2017	23.00 hrs	Aire	Inferior	2	2,5	Se Acepta
28-06-2017	21.00 hrs	Aire	Inferior	0,7	0,8	Se Acepta
29-06-2017	00.00 hrs	Aire	Inferior	1,9	2,2	Se Acepta

**Tabla A6.-** Resumen de datos dudosos Estación Embalse Pangue. (Fuente: elaboración propia).

Fecha	Hora	Variable	Tipo de Temperatura	Valor (°C)	Límite	Status
22-11-2016	12.00 hrs	Agua	Superior	11,7	11,6	Se Acepta
26-11-2016	23.00 hrs	Agua	Superior	11,5	11,4	Se Acepta
16-12-2016	00.00 hrs	Agua	Superior	13,9	13,8	Se Acepta
11-01-2017	14.00 hrs	Agua	Superior	15,7	15,6	Se Acepta
21-02-2017	04.00 hrs	Agua	Inferior	15,9	16,6	Se Acepta
06-03-2017	20.00 hrs	Agua	Inferior	15,6	15,8	Se Acepta
07-03-2017	01.00 hrs	Agua	Inferior	15,9	16,2	Se Acepta
16-03-2017	16.00 hrs	Agua	Inferior	15,2	15,4	Se Acepta
21-03-2017	02.00 hrs	Agua	Inferior	14,6	15,2	Se Acepta
21-03-2017	14.00 hrs	Agua	Inferior	15,1	15,2	Se Acepta
22-03-2017	17.00 hrs	Agua	Inferior	16,2	16,7	Se Acepta
23-03-2017	21.00 hrs	Agua	Inferior	16,8	16,9	Se Acepta
24-03-2017	04.00 hrs	Agua	Inferior	16,7	16,8	Se Acepta
13-04-2017	03.00 hrs	Agua	Inferior	14,8	15,9	Se Acepta
18-04-2017	12.00 hrs	Agua	Inferior	16,9	17	Se Acepta
21-04-2017	17.00 hrs	Agua	Inferior	16,3	16,5	Se Acepta
22-04-2017	16.00 hrs	Agua	Inferior	16,2	16,5	Se Acepta
23-04-2017	04.00 hrs	Agua	Inferior	15,6	15,9	Se Acepta
27-04-2017	23.00 hrs	Agua	Inferior	13,5	14,6	Se Acepta

**Tabla A7.-** Resumen de datos dudosos Estación Río Biobío en Puente Piulo. (Fuente: elaboración propia).

Fecha	Hora	Variable	Tipo de Temperatura	Valor (°C)	Límite	Status
12-10-2016	00.00 hrs	Agua	Superior	10,6	10,5	Se Acepta
20-11-2016	20.00 hrs	Agua	Superior	13,3	13,2	Se Acepta
20-11-2016	21.00 hrs	Agua	Superior	13,3	13,2	Se Acepta
04-12-2016	00.00 hrs	Agua	Superior	13,7	13,6	Se Acepta
08-01-2017	08.00 hrs	Agua	Superior	16,3	16,2	Se Acepta
18-01-2017	07.00 hrs	Agua	Superior	16,6	16,4	Se Acepta
28-01-2017	00.00 hrs	Agua	Superior	17,6	17,5	Se Acepta
28-01-2017	01.00 hrs	Agua	Superior	17,7	17,5	Se Acepta
29-01-2017	07.00 hrs	Agua	Superior	17,7	17,4	Se Acepta
01-02-2017	22.00 hrs	Agua	Superior	17,8	17,7	Se Acepta
01-02-2017	23.00 hrs	Agua	Superior	17,8	17,7	Se Acepta
13-02-2017	00.00 hrs	Agua	Superior	17,1	17,2	Se Acepta
04-03-2017	08.00 hrs	Agua	Superior	18,2	18,1	Se Acepta
31-03-2017	19.00 hrs	Agua	Superior	17,6	17,5	Se Acepta



**ANEXO B:**

**Rol Ambiental de la DGA y  
Normativas vigentes medio-  
ambientales relacionadas con la  
temperatura**

### **B.1.- ROL AMBIENTAL DE LA DGA.**

La Dirección General de Aguas, según lo indicado en el Código de Aguas (Artículo 299), debe “planificar el desarrollo del recurso en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento” e “investigar y medir el recurso”. Junto con lo anterior, la DGA debe realizar obligaciones asociadas a la competencia ambiental, establecidas en la Ley 19.300, tales como:

- Participar y opinar fundadamente en el proceso de revisión y pronunciamientos de las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) y/o en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) asociados a un proyecto o actividad.
- Pronunciarse respecto a los permisos ambientales.
- Fiscalizar el cumplimiento de las normas y condiciones.
- Desarrollar un programa nacional, en conjunto con las Direcciones Regionales, de medición y control de la calidad ambiental del agua.
- Resguardar que el uso y aprovechamiento del recurso se efectúe velando por la preservación de la naturaleza y protección del medio ambiente.
- Exigir la presentación y el cumplimiento de los planes de manejo.

### **B.2. NORMA DE EMISIÓN PARA LA REGULACION DE CONTAMINANTES ASOCIADOS A DESCARGAS DE RESIDUOS LIQUIDOS A AGUAS MARINAS Y CONTINENTALES SUPERFICIALES.**

Esta norma tiene como objetivo prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales del territorio nacional, mediante el control de los contaminantes asociados a los residuos líquidos que descargan a estos cuerpos receptores.

En ella se establece la concentración máxima de contaminantes permitida para residuos industriales líquidos descargados por las fuentes emisoras, a los cuerpos de aguas.

En relación con el cumplimiento de la normativa, la DGA puede pronunciarse respecto a:

- La conformidad respecto de la clasificación del cauce
- El caudal disponible para dilución, cuando el responsable de la emisión lo solicite.
- El contenido natural del cuerpo receptor o el contenido de captación en la captación del agua, cuando el responsable de la emisión lo solicite.

### **B.3.- NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL.**

Es aquella que establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos de energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza.

#### **LOS OBJETIVOS DE LA NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL.**

- Mantener o recuperar la calidad de las aguas para proteger y contribuir a la conservación de las comunidades acuáticas.
- Proteger la calidad de las aguas para la bebida de animales sea que vivan en estado silvestre o bajo cuidado y dependencia del hombre.
- Proteger la calidad de las aguas para riego de manera de contribuir a la conservación de los suelos y la flora silvestre o cultivada.
- Proteger cuerpos o cursos de agua de extraordinaria calidad que constituyen parte del patrimonio ambiental.

(Fuente: Manual de normas y procedimientos del departamento de conservación y protección de recursos hídricos, Dirección General de Aguas, 2007)

#### B.4.- NORMAS CHILENA OFICIAL N°1.333

La NCh 1.333 se refiere a toda situación donde un determinado cuerpo o masa de agua pueda ser utilizado como receptor de residuos líquidos o sólidos, domiciliarios o industriales, los cuales pudiesen afectar su calidad para los usos dados al recurso aguas abajo del punto de vertimiento. En este contexto, se fijan los límites máximos para los diferentes parámetros considerados como requisito en función del uso dado.

**Tabla 1:** Estándares para aguas destinadas a vida acuática (aguas dulces)

INDICADOR	UNIDAD	EXPRESIÓN	REQUISITO
<b>PH</b>	Unidad	PH	6,0 - 9,0
<b>Alcalinidad total (CaCO3)</b>	Mg/l	Al	>20,00
<b>Oxígeno disuelto</b>	Mg/l	O <sub>2</sub> (disuelto)	>5,00
<b>Petróleo e Hidrocarburos</b>			(1)
<b>Sólidos flotantes visibles y espumas no naturales</b>			Ausentes
<b>Sólidos Sedimentables</b>			< V.N
<b>Temperatura en flujo de agua corriente</b>	Grados	°C	V.N + 3
<b>Turbiedad debido a descargas</b>	Unidades de escala Sílice		V.N + 30

V.N: Valor Natural

(1): No debe haber: olor perceptible, detección visual o cubrimiento de fondo, orilla de Agua

(Fuente: Ministerio de Obras Públicas, Norma Chilena Oficial N°1.333, 2001)

#### **B.5.- DECRETO SUPREMO 90/2000**

Este decreto establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos a aguas marinas y continentales superficiales, la cual tiene como objetivo la protección ambiental, prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cueros receptores, logrando así mejorar sustancialmente la calidad ambiental de las aguas, de manera que estas mantengan o alcancen la condición de ambiente libres de contaminación.

En este decreto se establece que la fuente emisora, como resultado de su proceso, actividad o servicio, debe tener una carga contaminante media diaria o de valor característico superior en uno o más de los parámetros indicados en la figura 1.

**Figura1:** Valores característicos máximos para una fuente emisora. (Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2001)

Establecimiento emisor

Contaminante	Valor Característico	Carga contaminante media diaria (equiv. 100 Hab/día) *
PH * *	6-8	---
Temperatura **	20°C	---
Sólidos Suspendidos Totales	220 mg/L	3520 g/d
Sólidos Sedimentables **	6 ml/L 1h	---
Aceites y Grasas	60 mg/L	960 g/d
Hidrocarburos fijos	10 mg/L	160 g/d
Hidrocarburos totales	11 mg/L	176 g/d
Hidrocarburos volátiles	1 mg/L	16 g/d
DBO5	250 mg O2/L	4000 g/d
Aluminio	1 mg/L	16 g/d
Arsénico	0,05 mg/L	0,8 g/d
Boro	0,75 mg/L	12,8 g/d
Cadmio	0,01 mg/L	0,16 g/d
Cianuro	0,20 mg/L	3,2 g/d
Cloruros	400 mg/L	6400 g/d
Cobre	1 mg/L	16 g/d
Cromo Total	0,1 mg/L	1,6 g/d
Cromo Hexavalente	0,05 mg/L	0,8 g/d
Estaño	0,5 mg/L	8 g/d
Fluoruro	1,5 mg/L	24 g/d
Fósforo Total	10 mg/L	160 g/d
Hierro	1,0 mg/L	16 g/d
Manganeso	0,3 mg/L	4,8 g/d
Mercurio	0,001 mg/L	0,02 g/d
Molibdeno	0,07 mg/L	1,12 g/d
Níquel	0,1 mg/L	1,6 g/d
Nitrógeno total kjeldahl	50 mg/L	800 g/d
Nitrito más Nitrato (lagos)	15 mg/L	240 g/d
Pentaclorofenol	0,009 mg/L	0,144 g/d
Plomo	0,2 mg/L	3,2 g/d
Selenio	0,01 mg/L	0,16 g/d
Sulfato	300 mg/L	4800 g/d
Sulfuro	3 mg/L	48 g/d
Tetracloroetano	0,04 mg/L	0,64 g/d
Tolueno	0,7 mg/L	11,2 g/d
Triclorometano	0,2 mg/L	3,2 g/d
Xileno	0,5 mg/L	8 g/d
Zinc	1 mg/L	16 g/d
Indice de Fenol	0,05 mg/L	0,8 g/d
Poder espumógeno **	5 mm	5 mm
SAAM	10 mg/L	160 g/d
Coliformes Fecales o termotolerantes	107 NMP/100 ml	1,6x10 <sup>12</sup> coli/d