
Análisis de la correlación entre la temperatura y salinidad del ecosistema marino costero peruano: un enfoque multivariado

Analysis of the correlation between temperature and salinity of the peruvian coastal marine ecosystem: a multivariate approach

Rosa Ysabel Adriazola Cruz

<https://orcid.org/0000-0003-2586-123X>

radriazolac@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

RECIBIDO: 01/11/2024 - ACEPTADO: 05/12/2024 - PUBLICADO: 31/12/2024

RESUMEN

La temperatura y la salinidad son variables que tienen directa influencia en la biodiversidad, distribución de especies y productividad del ecosistema marino costero peruano. La investigación, con enfoque cuantitativo y con diseño no experimental, transeccional, descriptivo-correlacional, tuvo como propósito determinar la relación entre los conjuntos de variables *temperatura* y *salinidad* en el ecosistema marino costero peruano mediante el análisis de correlación canónica, a partir de los 3430 datos obtenidos de la Bitácora del Crucero Oceanográfico Sur de la Marina de Guerra del Perú, en las seis estaciones cada una localizada en San Juan, Callao, Chimbote, Chicama, Punta Falsa y Paita, en el muestreo realizado del 15 de setiembre al 15 de octubre del año 2011. La correlación canónica como enfoque multivariado analizó simultáneamente las relaciones entre los conjuntos de variables *temperatura* y *salinidad* a través de la generación de seis pares de variables canónicas. Se concluyó que, en el primer par de variables canónicas con la más alta correlación, en la variable canónica asociada a la *temperatura* la mayor carga canónica (0.1584) se presentó en la estación de Chimbote, asimismo, en la variable canónica asociada a la *salinidad* la estación de Chimbote presentó la mayor carga canónica (2.8072). Es decir, la temperatura y salinidad de la estación de Chimbote son las que más aportaron a la correlación entre el primer par de variables canónicas ($r = 0.9971$).

Palabras clave: Temperatura, salinidad, ecosistema, estaciones oceanográficas, multivariado, correlación canónica.

ABSTRACT

Temperature and salinity are variables that have a direct influence on biodiversity, species distribution and productivity of the Peruvian coastal marine ecosystem. The research, with a quantitative approach and a non-experimental, cross-sectional, descriptive-correlational design, had as its purpose to determine the relationship between the sets of variables temperature and salinity in the Peruvian coastal marine ecosystem through canonical correlation analysis, from the 3430 data obtained from the Log of the Southern Oceanographic Cruise of the Peruvian Navy, in the six stations each located in San Juan, Callao, Chimbote, Chicama, Punta Falsa and Paita, in the sampling carried out from September 15 to October 15, 2011. The canonical correlation as a multivariate approach simultaneously analyzed the relationships between the sets of variables temperature and salinity through the generation of six pairs of canonical variables. It was concluded that, in the first pair of canonical variables with the highest correlation, in the canonical variable associated with temperature, the highest canonical load (0.1584) was presented at the Chimbote station; likewise, in the canonical variable associated with salinity, the Chimbote station presented the highest canonical load (2.8072). That is, the temperature and salinity of the Chimbote station were those that contributed the most to the correlation between the first pair of canonical variables ($r = 0.9971$).

Keywords: Temperature; salinity; ecosystem; oceanographic stations; multivariate; canonical correlation.

I. INTRODUCCIÓN

En el año 2015, se aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, que comprende 17 Objetivos, relacionados a la eliminación de la pobreza, disminución de los efectos del cambio climático, la educación, la igualdad de la mujer, la defensa del medio ambiente y el diseño de nuestras ciudades. En particular el Objetivo 14 establece: Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2020).

La comprensión y análisis de las características del ecosistema marino ha permitido que instituciones especializadas de las Naciones Unidas, destaquen la importancia de generar conocimientos sobre los procesos oceánicos y el estado del ecosistema marino (Naciones Unidas, 2020). Por ello, dada la naturaleza de la temperatura y salinidad del ecosistema marino costero peruano, es una motivación para realizar el presente estudio de investigación que tiene como propósito relacionar estas características consideradas como conjuntos de variables mediante el análisis de correlación canónica, realizando previamente un análisis exploratorio de datos para descubrir patrones de comportamiento.

El objetivo del presente estudio de investigación es analizar la correlación entre el conjunto de variables **temperatura** conformado por los datos de la Temperatura del Callao (Tcallao), Temperatura de Chimbote (Tchimbote), Temperatura de Chicama (Tchicama), Temperatura de Punta Falsa (Tfalsa), Temperatura de Paita (Tpaita) y Temperatura de San Juan (Tsanjuan); y el conjunto de variables **salinidad** conformado por los datos de la Salinidad del Callao (Scallao), Salinidad de Chimbote (Schimbote), Salinidad de Chicama (Schicama), Salinidad de

Punta Falsa (Sfalsa), Salinidad de Paita (Spaita) y Salinidad de San Juan (Ssanjuan). Los datos corresponden a la Bitácora del Crucero Oceanográfico Sur de la Marina de Guerra del Perú, en el muestreo realizado del 15 de setiembre al 15 de octubre del año 2011.

El estudio contribuirá al conocimiento de la relación entre los conjuntos *temperatura* y *salinidad* conformado por las temperaturas y salinidades de las estaciones de San Juan, Callao, Chimbote, Chicama, Punta Falsa y Paita mediante las variables canónicas obtenidas por el análisis de correlación canónica en las que se identificará aquellas con mayor la mayor contribución (mayor carga canónica).

OBJETIVOS**MATERIALES Y MÉTODOS**

La presente investigación empleó el modelo hipotético-deductivo que parte de premisas generales para llegar a una conclusión particular, que sería la hipótesis a falsar para contrastar su veracidad, en caso de que lo fuera no solo permitiría el incremento de la teoría de la que partió, sino también el planteamiento de soluciones a problemas tanto de corte teórico o práctico (Popper, 1980). El diseño de la investigación tuvo un enfoque cuantitativo y con diseño no experimental, transeccional, descriptivo-correlacional.

Población y muestra

El mar, dado que es un ambiente natural homogéneo, es considerado como la población en estudio; en tanto que la muestra estuvo constituida por la red de estaciones oceanográficas localizadas en el Callao, Chimbote, Chicama, Punta Falsa y San

Tabla 1

Variables en estudio

VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADOR
Temperatura superficial del agua de mar.	Es la medida de la energía cinética molecular media que tienen las moléculas de agua. (Morón, 2000).	La temperatura del agua de mar generalmente oscila entre 2°C y 30°C y con valores extremos entre -4°C y +42°C.
Salinidad superficial del agua de mar.	Es una medida de la cantidad de sales disueltas en el agua del océano; definido en términos de la conductividad de una solución salina definida.	La salinidad del agua de mar generalmente oscila entre 30 – 50 g/L

Juan cuyos datos se obtuvieron de la Bitácora del Crucero Oceanográfico Sur de la Marina de Guerra del Perú del muestreo del año 2011.

Técnicas e instrumentos de la investigación

Una investigación es científicamente válida si está sustentada en información verificable (Reyna, 2023). Dada las características de las variables del ecosistema marino costero y los objetivos del presente estudio de investigación se contó con una fuente secundaria de datos obtenida de la Bitácora del Crucero Oceanográfico Sur de la Marina de Guerra del Perú, en las estaciones localizadas en San Juan, Callao, Chimbote, Chicama, Punta Falsa y Paita. En cada una de las estaciones se desplegaron de equipos oceanográficos, con la finalidad de obtener información en la columna de agua; principalmente la **temperatura**, **salinidad**, oxígeno disuelto, nutrientes entre otros (HIDRONAV.2022).

Procedimiento para la recolección de datos

Para la presente investigación se estructuró una base de datos en función a la información de la Bitácora del Crucero Oceanográfico Sur de la Marina de Guerra del Perú, los datos corresponden a las variables temperatura y salinidad, en las estaciones localizadas en el Callao, Chimbote, Chicama, Punta Falsa, Paita y San Juan en el muestreo del año 2011.

Datos de la Bitácora del Crucero Oceanográfico Sur de la Marina de Guerra del Perú. Muestreo 2011.

línea	estacion	Fecha	Hora	G	M	LATITUD	G	M	longitud	profundidad	distancia	temperatura	salinidad
chimbote	1	15/09/2011	18:56:15	9	9.4	-9.15667	78	38.1	-78.64	0	5	15.03	34.93
chimbote	1	15/09/2011	18:56:15	9	9.4	-9.15667	78	38.1	-78.64	5	5	15.0261	34.9247
chimbote	1	15/09/2011	18:56:15	9	9.4	-9.15667	78	38.1	-78.64	6	5	14.8448	34.9498
chimbote	1	15/09/2011	18:56:15	9	9.4	-9.15667	78	38.1	-78.64	7	5	14.6387	34.9783
chimbote	1	15/09/2011	18:56:15	9	9.4	-9.15667	78	38.1	-78.64	8	5	14.5735	34.9795
chimbote	1	15/09/2011	18:56:15	9	9.4	-9.15667	78	38.1	-78.64	9	5	14.5452	34.9822
chimbote	1	15/09/2011	18:56:15	9	9.4	-9.15667	78	38.1	-78.64	10	5	14.5365	34.9816
chimbote	1	15/09/2011	18:56:15	9	9.4	-9.15667	78	38.1	-78.64	11	5	14.5315	34.9809
chimbote	1	15/09/2011	18:56:15	9	9.4	-9.15667	78	38.1	-78.64	12	5	14.5198	34.9814
chimbote	1	15/09/2011	18:56:15	9	9.4	-9.15667	78	38.1	-78.64	13	5	14.5128	34.979
chimbote	1	15/09/2011	18:56:15	9	9.4	-9.15667	78	38.1	-78.64	14	5	14.4976	34.9733
chimbote	1	15/09/2011	18:56:15	9	9.4	-9.15667	78	38.1	-78.64	15	5	14.4772	34.9573
chimbote	1	15/09/2011	18:56:15	9	9.4	-9.15667	78	38.1	-78.64	16	5	14.4177	34.9691
chimbote	1	15/09/2011	18:56:15	9	9.4	-9.15667	78	38.1	-78.64	17	5	14.3454	34.979

Técnicas de procesamiento y análisis de los datos

El procesamiento de los datos correspondiente al muestreo del año 2011 se realizó con el software R Studio:

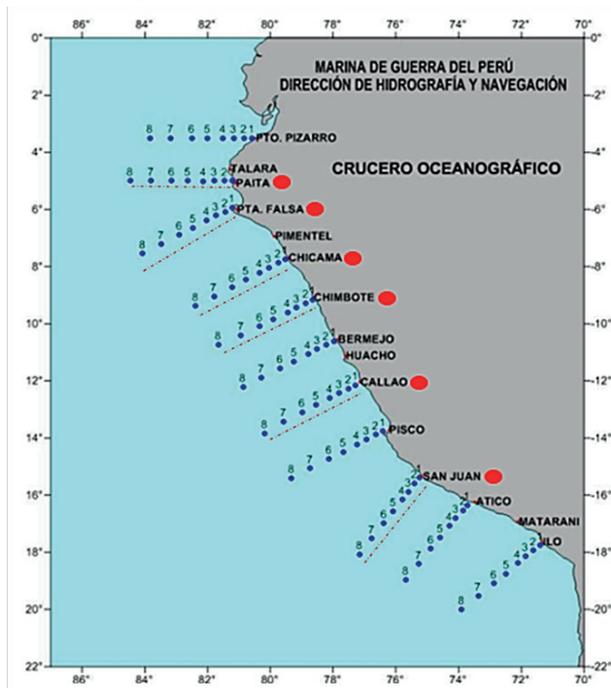
1. El análisis exploratorio de datos mediante box-plots que permitieron observar el patrón de comportamiento de las variables en estudio.
2. Se realizó el análisis de correlación canónica de la siguiente forma (Mardia, 1980):
 - Obtención de la matriz de correlación, R, de las variables del conjunto temperatura y del conjunto salinidad.
 - Partición de la matriz de correlación R en las submatrices R_{11} , R_{12} , R_{21} y R_{22} , que permiten obtener los autovalores de las matrices: $A = R_{11}^{-1}R_{12}R_{22}^{-1}R_{21}$ y $B = R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1}R_{12}$.
 - Obtención de las correlaciones canónicas relacionadas a los autovalores de las matrices A y B.
 - Obtención de los autovectores de las matrices A y B.
 - Obtención de las variables canónicas y se identifica la variable que más aporta a la variable canónica.
 - Contraste de la significancia de las variables canónicas.
 - Presentación de gráfico exploratorio de la correlación canónica entre los dos conjuntos de variables en estudio.

II. RESULTADOS

Análisis de correlación canónica: Muestreo del año 2011

La Figura 1, muestra las líneas oceanográficas de 5 a 200 millas náuticas del litoral peruano.

Figura 1
Líneas oceanográficas de 5 a 200 Millas náuticas (1 mn= 1852 m)



Fuente: Figura adaptada de <https://www.dhn.mil.pe/files/pdf/normas-tecnicas/NormasTecnicasHidrograficasN02.pdf>

Procedimiento:

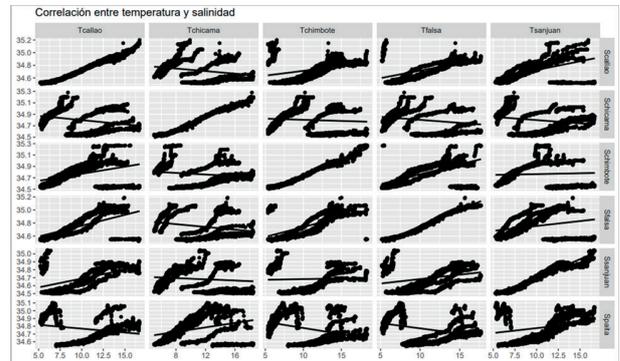
(i) **Obtención de la matriz de correlación R.** La matriz R de orden 12x12, es la matriz de correlación del conjunto de variables "temperatura" y el conjunto de variables "salinidad" del muestreo del año 2011 en las estaciones localizadas en San Juan, Callao, Chimbote, Chicama, Punta Falsa, y Paita.

$$R = \begin{bmatrix} Tcallao & Tchicama & Tchimbote & Tfalsa & Tsanjuan & Tpaita & Scallao & Schicama & Schimbote & Sfalsa & Ssanjuan & Spaita \\ Tcallao & 1 & -0.2 & 0.35 & 0.53 & 0.46 & -0.14 & 0.99 & -0.24 & 0.39 & 0.58 & 0.47 & -0.18 \\ Tchicama & -0.2 & 1 & -0.08 & -0.18 & -0.13 & 0.31 & -0.21 & 0.99 & -0.12 & -0.21 & -0.09 & 0.3 \\ Tchimbote & 0.35 & -0.08 & 1 & 0.6 & 0 & -0.27 & 0.31 & -0.07 & 0.99 & 0.59 & 0.04 & -0.33 \\ Tfalsa & 0.53 & -0.18 & 0.6 & 1 & 0.21 & -0.22 & 0.49 & -0.19 & 0.61 & 0.99 & 0.27 & -0.28 \\ Tsanjuan & 0.46 & -0.13 & 0 & 0.21 & 1 & 0.2 & 0.5 & -0.18 & 0.05 & 0.26 & 0.98 & -0.23 \\ Tpaita & -0.14 & 0.31 & -0.27 & -0.22 & 0.2 & 1 & -0.09 & 0.31 & -0.28 & -0.2 & 0.25 & 0.94 \\ Scallao & 0.99 & -0.21 & 0.31 & 0.49 & 0.5 & -0.09 & 1 & -0.26 & 0.36 & 0.55 & 0.51 & -0.14 \\ Schicama & -0.24 & 0.99 & -0.07 & -0.19 & -0.18 & 0.31 & -0.26 & 1 & -0.12 & -0.23 & -0.14 & 0.3 \\ Schimbote & 0.39 & -0.12 & 0.99 & 0.61 & 0.05 & -0.28 & 0.36 & -0.12 & 1 & 0.61 & 0.08 & -0.34 \\ Sfalsa & 0.58 & -0.21 & 0.59 & 0.99 & 0.26 & -0.2 & 0.55 & -0.23 & 0.61 & 1 & 0.32 & -0.26 \\ Ssanjuan & 0.47 & -0.09 & 0.04 & 0.27 & 0.98 & 0.25 & 0.51 & -0.14 & 0.08 & 0.32 & 1 & 0.27 \\ Spaita & -0.18 & 0.3 & -0.33 & -0.28 & 0.23 & 0.94 & -0.14 & 0.3 & -0.34 & -0.26 & 0.27 & 1 \end{bmatrix}$$

La Figura 2, representa las correlaciones de la matriz R.

Figura 2

Correlación de las variables R_{21} del conjunto "temperatura" y de las variables R_{11} del conjunto "salinidad". Muestreo del año 2011



Partición de la matriz R para la obtención de las matrices:

$$A = R_{11}^{-1}R_{12}R_{22}^{-1}R_{21} \text{ y } B = R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1}R_{12}$$

$$R = \begin{bmatrix} Tcallao & Tchicama & Tchimbote & Tfalsa & Tsanjuan & Tpaita & Scallao & Schicama & Schimbote & Sfalsa & Ssanjuan & Spaita \\ Tcallao & 1 & -0.2 & 0.35 & 0.53 & 0.46 & -0.14 & 0.99 & -0.24 & 0.39 & 0.58 & 0.47 & -0.18 \\ Tchicama & -0.2 & 1 & -0.08 & -0.18 & -0.13 & 0.31 & -0.21 & 0.99 & -0.12 & -0.21 & -0.09 & 0.3 \\ Tchimbote & 0.35 & -0.08 & 1 & 0.6 & 0 & -0.27 & 0.31 & -0.07 & 0.99 & 0.59 & 0.04 & -0.33 \\ Tfalsa & 0.53 & -0.18 & 0.6 & 1 & 0.21 & -0.22 & 0.49 & -0.19 & 0.61 & 0.99 & 0.27 & -0.28 \\ Tsanjuan & 0.46 & -0.13 & 0 & 0.21 & 1 & 0.2 & 0.5 & -0.18 & 0.05 & 0.26 & 0.98 & -0.23 \\ Tpaita & -0.14 & 0.31 & -0.27 & -0.22 & 0.2 & 1 & -0.09 & 0.31 & -0.28 & -0.2 & 0.25 & 0.94 \\ Scallao & 0.99 & -0.21 & 0.31 & 0.49 & 0.5 & -0.09 & 1 & -0.26 & 0.36 & 0.55 & 0.51 & -0.14 \\ Schicama & -0.24 & 0.99 & -0.07 & -0.19 & -0.18 & 0.31 & -0.26 & 1 & -0.12 & -0.23 & -0.14 & 0.3 \\ Schimbote & 0.39 & -0.12 & 0.99 & 0.61 & 0.05 & -0.28 & 0.36 & -0.12 & 1 & 0.61 & 0.08 & -0.34 \\ Sfalsa & 0.58 & -0.21 & 0.59 & 0.99 & 0.26 & -0.2 & 0.55 & -0.23 & 0.61 & 1 & 0.32 & -0.26 \\ Ssanjuan & 0.47 & -0.09 & 0.04 & 0.27 & 0.98 & 0.25 & 0.51 & -0.14 & 0.08 & 0.32 & 1 & 0.27 \\ Spaita & -0.18 & 0.3 & -0.33 & -0.28 & 0.23 & 0.94 & -0.14 & 0.3 & -0.34 & -0.26 & 0.27 & 1 \end{bmatrix}$$

Así, las matrices R_{11} , R_{22} , y $R_{12} = R_{21}$:

$$R_{11} = \begin{bmatrix} Tcallao & Tchicama & Tchimbote & Tfalsa & Tsanjuan & Tpaita \\ Tcallao & 1.00 & -0.20 & 0.35 & 0.53 & 0.46 & -0.14 \\ Tchicama & -0.20 & 1.00 & -0.08 & -0.18 & -0.13 & 0.31 \\ Tchimbote & 0.35 & -0.08 & 1.00 & 0.60 & 0.00 & -0.27 \\ Tfalsa & 0.53 & -0.18 & 0.60 & 1.00 & 0.21 & -0.22 \\ Tsanjuan & 0.46 & -0.13 & 0.00 & 0.21 & 1.00 & 0.20 \\ Tpaita & -0.14 & 0.31 & -0.27 & -0.22 & 0.20 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$R_{22} = \begin{bmatrix} Scallao & Schicama & Schimbote & Sfalsa & Ssanjuan & Spaita \\ Scallao & 1.00 & -0.26 & 0.36 & 0.55 & 0.51 & -0.14 \\ Schicama & -0.26 & 1.00 & -0.12 & -0.23 & -0.14 & 0.30 \\ Schimbote & 0.36 & -0.12 & 1.00 & 0.61 & 0.08 & -0.34 \\ Sfalsa & 0.55 & -0.23 & 0.61 & 1.00 & 0.32 & -0.26 \\ Ssanjuan & 0.51 & -0.14 & 0.08 & 0.32 & 1.00 & 0.27 \\ Spaita & -0.14 & 0.30 & -0.34 & -0.26 & 0.27 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$R_{12} = R_{21} = \begin{bmatrix} Tcallao & Tchicama & Tchimbote & Tfalsa & Tsanjuan & Tpaita \\ Tcallao & 0.99 & -0.24 & 0.39 & 0.58 & 0.47 & -0.18 \\ Tchicama & -0.21 & 0.99 & -0.12 & -0.21 & -0.09 & 0.3 \\ Tchimbote & 0.31 & -0.07 & 0.99 & 0.59 & 0.04 & -0.33 \\ Tfalsa & 0.49 & -0.19 & 0.61 & 0.99 & 0.27 & -0.28 \\ Tsanjuan & 0.5 & -0.18 & 0.05 & 0.26 & 0.98 & 0.23 \\ Tpaita & -0.09 & 0.31 & -0.28 & -0.2 & 0.25 & 0.94 \end{bmatrix}$$

(ii) **Obtención de los autovalores, correlaciones y variables canónicas.** El número de autovalores es igual al mínimo entre $p=6$ y $q=6$ (seis variables temperaturas y seis variables salinidades) obtenidos como soluciones de la ecuación $|A - \lambda I| = 0$ (Anderson, 2003b).

Entonces, los **autovalores** de la matriz

$A = R_{11}^{-1}R_{12}R_{22}^{-1}R_{21}$ son los siguientes:

- $\lambda_1 = 0.9941211$
- $\lambda_2 = 0.9908025$
- $\lambda_3 = 0.9837027$
- $\lambda_4 = 0.9652078$
- $\lambda_5 = 0.9454029$
- $\lambda_6 = 0.8554475$

y las correspondientes correlaciones **canónicas** (raíz cuadrada de autovalores):

- $r_1 = 0.997056$
- $r_2 = 0.9953906$
- $r_3 = 0.9918179$
- $r_4 = 0.982449$
- $r_5 = 0.9723183$
- $r_6 = 0.9249041$

Asimismo, los **autovectores** de la matriz de A son los siguientes:

	$[a_1]$	$[a_2]$	$[a_3]$	$[a_4]$	$[a_5]$	$[a_6]$
Tcallao	0.06	-0.04	-0.30	0.15	-0.23	0.08
Tchicama	0.07	0.26	-0.09	-0.04	0.00	-0.10
Tchimbote	0.16	0.03	0.13	0.27	0.13	0.04
Tfalsa	0.13	-0.03	0.06	-0.36	-0.03	0.02
Tsanjuan	-0.01	-0.03	-0.07	-0.02	0.34	-0.18
Tpaíta	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.05	0.32

y, los siguientes son los **autovectores** de la matriz B:

	$[b_1]$	$[b_2]$	$[b_3]$	$[b_4]$	$[b_5]$	$[b_6]$
scallao	0.86	-0.61	-5.78	2.92	-4.14	1.73
Schicama	1.51	4.84	-1.70	-0.72	-0.31	-1.63
Schimbote	2.81	0.48	2.32	4.88	2.30	1.01
Sfalsa	2.68	-0.54	1.17	-7.18	-1.17	1.13
Ssanjuan	-0.30	-0.37	-1.52	-0.61	7.26	-4.58
Spaíta	-0.20	0.09	0.14	0.11	0.95	7.11

Las siguientes dos combinaciones lineales corresponden al primer par de **variables canónicas**, con la más alta correlación:

$$\eta_1 = 0.06 Tcallao + 0.07 Tchicama + 0.16 Tchimbote + 0.13 Tfalsa - 0.01 Tsanjuan - 0.01 Tpaíta$$

$$\phi_1 = 0.86 Scallao + 1.51 Schicama + 2.81 Schimbote + 2.68 Sfalsa - 0.30 Ssanjuan - 0.20 Spaíta$$

La primera variable canónica, η_1 , asociada al conjunto de variables “temperatura”; el mayor aporte es el de la temperatura de la estación de Chimbote. Del mismo modo, en la primera variable canónica, ϕ_1 del conjunto “salinidad” el mayor aporte es el de la salinidad de la misma estación de Chimbote.

Prueba de hipótesis: Significancia de la correlación entre los pares de variables canónicas. Se establece que $\rho_i = \rho(\eta_i, \phi_i)$, $i = 1, \dots, 6$.

Tabla 2

Prueba de hipótesis para contrastar la significancia de las variables canónicas. Muestreo del año 2011.

Hipótesis	Estadístico de prueba Estadístico de Wilks	Criterio de decisión Se rechaza H_0 , si: p-valor $\leq \alpha$
$H_0: \rho_1=0$ $H_1: \rho_1 \neq 0$ $\alpha=0.05$	$\lambda = 64145$	p-valor = 0.00 p-valor < 0.05 ∴ Se rechaza H_0 .
$H_0: \rho_2=0$ $H_1: \rho_2 \neq 0$ $\alpha=0.05$	$\lambda = 48931$	p-valor = 0.00 p-valor < 0.05 ∴ Se rechaza H_0 .
$H_0: \rho_3=0$ $H_1: \rho_3 \neq 0$ $\alpha=0.05$	$\lambda = 36151$	p-valor = 0.00 p-valor < 0.05 ∴ Se rechaza H_0 .
$H_0: \rho_4=0$ $H_1: \rho_4 \neq 0$ $\alpha=0.05$	$\lambda = 25960$	p-valor = 0.00 p-valor < 0.05 ∴ Se rechaza H_0 .
$H_0: \rho_5=0$ $H_1: \rho_5 \neq 0$ $\alpha=0.05$	$\lambda = 17549$	p-valor = 0.00 p-valor < 0.05 ∴ Se rechaza H_0 .
$H_0: \rho_6=0$ $H_1: \rho_6 \neq 0$ $\alpha=0.05$	$\lambda = 20257$	p-valor = 0.00 p-valor < 0.05 ∴ Se rechaza H_0 .

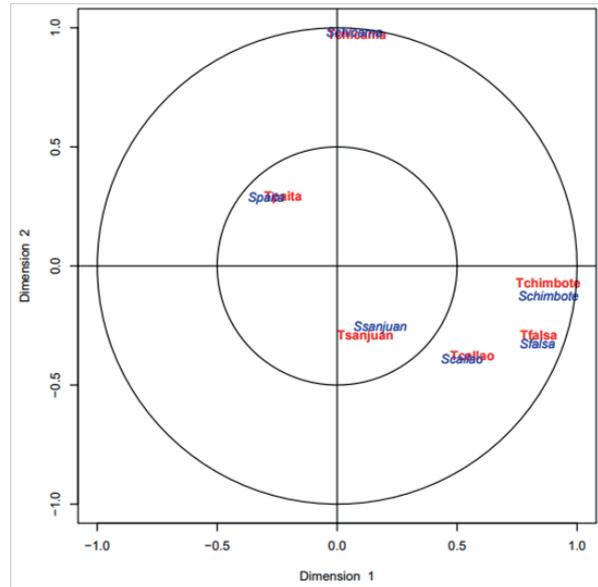
Elaboración propia.

Al 5% de significación se concluye que existe correlación significativa en cada uno de los seis pares de variables canónicas. En este caso, hay seis dimensiones canónicas y las seis son significativas.

En la Figura 9, se representa el comportamiento de los dos conjuntos de variables “temperatura” y “salinidad” considerando dos dimensiones.

Figura 3

Gráfico exploratorio de la correlación canónica entre el conjunto de variables “temperatura” y “salinidad”. Muestreo del año 2011.



III. DISCUSIÓN

El estudio realizado por Akselman, R. (1996), concluyó que en el Golfo de San Jorge y adyacencias (Atlántico Sudoccidental) existe una asociación positiva entre la salinidad y la temperatura. Además, mediante diagramas de dispersión de la temperatura versus la salinidad clasificó la temperatura en dos estratos: temperaturas de 36,37 y 39 que se asocian con valores elevados de salinidad (superiores 33.4 ups) y temperaturas de 25, 26, 29, 31, 32, 33, y 35 asociados con valores de salinidad cercanos a 32 ups ($31.5 < S < 32.5$). En la investigación de Morón, O. & Sarmiento, (2000), realizado a bordo de los Buques de Investigación Científica José Olaya Balandra y SNP-2 entre el 25 de noviembre y 14 de diciembre de 1999 analizaron principalmente la temperatura y salinidad relacionadas con el oxígeno considerando 5 perfiles oceanográficos entre 80 y 110 millas náuticas de la costa y hasta 150m de profundidad frente a Punta Falsa, Pacasmayo, Chimbote, Callao y Pisco. A diferencia de los estudios en discusión en el presente estudio se aborda el análisis de la correlación entre el conjunto *temperatura* y el conjunto *salinidad* con un enfoque multivariado mediante el análisis de correlación canónica.

IV. CONCLUSIONES

El análisis de correlación canónica es un método estadístico multivariante que permite encontrar pares de variables canónicas con la más alta correlación. Haciendo uso del software R Studio para la ejecución del análisis de correlación canónica se encontraron seis pares de variables canónicas donde en el primer par de variables canónicas con la más alta correlación se evidenció que en la variable canónica asociada al conjunto temperatura y en la variable canónica asociada al conjunto *salinidad* la mayor carga se presentó de la estación de Chimbote. Es decir, la temperatura y salinidad de la estación de Chimbote son las que más aportan a la correlación entre el primer par de variables canónicas ($r = 0.9971$).

REFERENCIAS

- [1] Anderson, T. W. (2003b). *An introduction to multivariate statistical analysis* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- [2] Badii, M. H., & Castillo, J. (2017). Análisis de correlación canónica (ACC) e investigación científica. *Innovaciones de Negocios*, 4(8). <https://doi.org/10.29105/rinn4.8-9>
- [3] Bartlett, M. S. (1941). The statistical significance of canonical correlations. *Biometrika*, 32(1), 29. <https://doi.org/10.2307/2332247>
- [4] De, D. (2021). Aseguramiento y control de calidad para la toma de muestras en terreno del Programa e Observación del Ambiente Litoral (POAL).
- [5] Drushka, K., Asher, W. E., Sprintall, J., Gille, S. T., & Hoang, C. (2019). Global patterns of submesoscale surface salinity variability. *Journal of Physical Oceanography*, 49(7), 1669–1685. <https://doi.org/10.1175/jpo-d-19-0018.1>
- [6] Facundo X. Palacio-María José Apodaca - Jorge V. Crisc. (2020). *Análisis multivariado para datos biológicos*. AZARA.
- [7] Flores, G., Carhuapoma, W., Beltrán, L., Domínguez, N., & Sarmiento, M. (2021). *Condiciones hidroquímicas del mar peruano entre Talara y Bahía Independencia*.
- [8] HIDRONAV (2022). Normas Técnicas Hidrográficas N° 2. Trabajos en estaciones oceanográficas en cruceros de investigación. HIDRONAV-5131
- [9] Hair, J., Anderson. R. Tatham, R , Black, W. (1999). *Análisis Multivariante*. Prentice Hall Iberia, Madrid. 1999 5ta edición.
- [10] IMARPE. (2011). *BOLETÍN INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ ISSN 0458 – 7766*.
- [11] Mardia K. V., Kent J. T., Bibby J. M. (1980). *Multivariate Analysis*.
- [12] Mora. (2022). *Introducción ala bioestadística con R*. Universidad de Cordova.
- [13] Naciones Unidas (2020). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <http://www.un.org/publications>
- [14] On the Interpretation of Canonical Analysis. Mark I. Alpert and Robert A. Peterson. (1972). *Journal of Marketing Research*, 9(2), 187–192.
- [15] Popper K. (1980). La lógica de la investigación científica. <http://psikolibro.blogspot.com>
- [16] Reyna Fortes, R. (2023). Hipótesis y tener por verdadero en Kant. *Daimon Revista Internacional de Filosofía*, (88), 137–151. <https://doi.org/10.6018/daimon.448991>
- [17] Samuels, S. M., & Feller, W. (1973). An introduction to probability theory and its applications. *Technometrics: A Journal of Statistics for the Physical, Chemical, and*

Engineering Sciences, 15(2), 420. <https://doi.org/10.2307/1267002>

- [18] Yacini T. (2022) Cambios estacionales de las variables oceanográficas físicas y biogeoquímicas de cinco campañas durante el período 2019-2020 en la laguna costera de Bahía San Quintín, Baja California, México.
- [19] Wilks D.S., (2006). Statistical Methods in the Atmospheric Sciences (Second Edition) ELSEVIER.

Financiamiento:

Propia.

Conflictos de interés:

La autora declara no tener conflictos de interés.

Contribuciones de autoría:

La autora realizó todo el proceso de la investigación.