



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Variación del oxígeno disuelto y su influencia como indicador de  
Calidad del Agua en Bahía Independencia – Pisco, 2000-2018**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

Rocca Mendoza, Luis Antonio (ORCID: 0000-0002-4335-6360)

**ASESOR:**

Mgtr. Honores Balcázar, César Francisco (ORCID: 0000-0003-3202-1327)

**LÍNEA DE LA INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

A mi madre, Miriam Mendoza Guerra y hermana Rocío Rocca Mendoza por sus palabras de aliento a lo largo de mi formación profesional ya que me dieron las fuerzas para seguir adelante y poder concretar con éxito mis objetivos trazados. De igual forma al amor de mi vida Consuelo Lévano Acosta, mil gracias por permanecer a mi lado y por ser la motivación de superación durante mi formación profesional.

Luis Antonio, Rocca Mendoza

## **Agradecimiento**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento al, Ing. Alberto Lorenzo Puitiza, por permitirme formar parte en calidad de practicante del Laboratorio de Oceanografía y Calidad Ambiental del IMARPE-SEDE PISCO, y por el apoyo y paciencia durante la realización y culminación de cada etapa de mi trabajo de investigación.

Al Instituto del Mar del Perú – IMARPE, por facilitarme la información oceanográfica de las evaluaciones realizadas en Bahía Independencia durante los años 2000 y 2018.

Luis Antonio, Rocca Mendoza

## Índice de Contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de Tablas.....	v
Índice de Figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Palabras claves: Calidad ambiental, oxígeno, afloramiento, hipoxia, bahía. ....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	7
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1 Tipo y Diseño de Investigación.....	18
3.1.1 Tipo de investigación.....	18
3.1.2 Diseño de investigación .....	18
3.2 Variables y operacionalización.....	19
3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis .....	19
3.3.1 Población .....	19
3.3.2 Muestra .....	20
3.3.3 Muestreo .....	20
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	21
3.5 Procedimiento .....	22
3.6 Método de análisis de datos.....	23
3.7 Aspectos éticos .....	25
IV. RESULTADOS .....	26
V. DISCUSIÓN.....	38
VI. CONCLUSIONES .....	41
VII. RECOMENDACIONES .....	42
REFERENCIAS.....	43
ANEXOS.....	47

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Materiales y Equipos Usados en la Colecta y Análisis de Muestras .....	21
<b>Tabla 2.</b> Categorías de las anomalías de la temperatura, período 2000-2018, ICEN.....	24
<b>Tabla 3.</b> Correlación de Spearman para el Oxígeno Disuelto y la Latitud Geográfica .....	26
<b>Tabla 4.</b> Correlación de Spearman para la Salinidad y la Latitud Geográfica .....	27
<b>Tabla 5.</b> Correlación de Spearman para la Salinidad y la Latitud Geográfica .....	28
<b>Tabla 6.</b> Estadísticos Descriptivos del Oxígeno Superficial en las Zonas Norte y Sur de Bahía Independencia. ....	29
<b>Tabla 7.</b> Estadísticos Descriptivos del Oxígeno de fondo para la Zona Norte y Sur de Bahía Independencia. ....	30
<b>Tabla 8.</b> Estadísticos Descriptivos del Oxígeno de Fondo en las Zonas Norte y Sur de Bahía Independencia. ....	31
<b>Tabla 9.</b> Estadísticos Descriptivos de la Temperatura de Fondo en las Zonas Norte y Sur de Bahía Independencia. ....	32
<b>Tabla 10.</b> Estadísticos Descriptivos de la Salinidad en el Nivel Superficial en Bahía Independencia. ....	33
<b>Tabla 11.</b> Estadísticos Descriptivos de la Salinidad en el Nivel de Fondo en Bahía Independencia. ....	34
<b>Tabla 12.</b> Tabla de Contingencia Oxígeno Disuelto (Agrupado) * Temperatura (Agrupado) .....	35
<b>Tabla 13.</b> Estadístico Chi Cuadrado de los Parámetros Oxígeno Disuelto y Temperatura en la Superficie del Mar. ....	35
<b>Tabla 14.</b> Tabla de Contingencia Oxígeno Disuelto (Agrupado) * Salinidad (Agrupado) ..	36
<b>Tabla 15.</b> Estadístico Chi Cuadrado entre el Oxígeno Disuelto y la Salinidad en la Superficie del Mar. ....	37
<b>Tabla 16.</b> Prueba de Kolmogórov-Smirnov para la Variable Oxígeno Disuelto Normalizado en Bahía Independencia. ....	37
<b>Tabla 17.</b> Estadístico ANOVA del oxígeno disuelto en la superficie del mar en bahía Independencia durante el período 2000-2018.....	38

## Índice de Figuras

Figura 1. Carta de ubicación del área de estudio .....	20
Figura 2. Ubicación de Estaciones en Bahía Independencia, periodo 2000-2018.....	22
Figura 3. Concentración de Oxígeno Disuelto en la Superficie del Mar vs Latitud Geográfica.....	26
Figura 4. Temperatura Superficial del Mar vs Latitud Geográfica .....	27
Figura 5. Salinidad en la Superficie del Mar vs Latitud Geográfica.....	28
Figura 6. Diagrama de Cajas – Oxígeno Agrupado en la Superficie del Mar-Período 2000-2018. ....	29
Figura 7. Diagrama de Cajas – Oxígeno Agrupado en el Fondo del Mar- Período 2000-2018. ....	30
Figura 8. Diagrama de Cajas – Temperatura Agrupada en la Superficie del Mar- período 2000-2018. ....	31
Figura 9. Diagrama de Cajas – Temperatura Agrupada en el Fondo del Mar- Período 2000-2018. ....	32
Figura 10. Diagrama de Cajas – Salinidad Agrupada en la Superficie del Mar- período 2000-2018. ....	33
Figura 11. Diagrama de Cajas – Salinidad Agrupada en el Fondo del Mar- período 2000-2018. ....	34

## Resumen

El presente estudio tiene por finalidad determinar si la variación del oxígeno disuelto influye como indicador de calidad de agua en bahía Independencia, se empleó una metodología descriptiva-correlacional de los parámetros oxígeno disuelto, temperatura y salinidad, aplicando un análisis comparativo entre estas variables. Los datos oceanográficos se obtuvieron del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) mediante la solicitud de acceso a la información. Se encontró que el oxígeno disuelto, la temperatura y la salinidad tuvieron una relación inversa respecto a su latitud geográfica. Los datos se agruparon de acuerdo a su ubicación latitudinal en zona norte y zona sur. Mediante la prueba de chi cuadrado se comprobó que si existe relación entre el oxígeno disuelto y la temperatura pero no se halló relación entre el oxígeno disuelto y la salinidad. Finalmente, en el análisis de varianza ANOVA se comprobó que la variación del oxígeno si influye como indicador de calidad de agua en bahía Independencia, asimismo se determinó que si hay una relación directa entre el oxígeno disuelto y la temperatura en la superficie del mar, debido principalmente al afloramiento costero.

**Palabras clave:** Calidad ambiental, oxígeno, afloramiento, hipoxia, bahía.

## **Abstract**

The purpose of this study is to determine if the variation of dissolved oxygen influences as an indicator of water quality in Independencia Bay. A descriptive-correlational methodology was used for the parameters dissolved oxygen, temperature and salinity, applying a comparative analysis between these variables. Oceanographic data were obtained from the Instituto del Mar del Peru (IMARPE) through a request for access to information. Dissolved oxygen, temperature and salinity were found to have an inverse relationship with respect to their geographic latitude. The data were grouped according to their latitudinal location into northern and southern zones. The chi-square test showed that there was a relationship between dissolved oxygen and temperature, but no relationship was found between dissolved oxygen and salinity. Finally, the ANOVA analysis of variance showed that the variation of oxygen does have an influence as an indicator of water quality in Independencia Bay, and it was also determined that there is a direct relationship between dissolved oxygen and sea surface temperature, mainly due to coastal upwelling.

**Keywords:** Environmental quality, oxygen, upwelling, hypoxia, bay.



## I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a su abundancia en la atmósfera, el oxígeno representa el segundo gas más importante, con un porcentaje aproximado de 20,8 % en volumen y es esencial para la vida porque permite la generación de energía a nivel celular, influyendo de manera directa en el metabolismo de las especies.

El oxígeno disuelto es esencial para la vida marina, por consiguiente su carencia involucra una disminución de la fauna y flora en el medio marino, es por ello que la variabilidad en la concentración de oxígeno disuelto sería un indicador fundamental para determinar la existencia de contaminación (Roca, 2018).

El oxígeno presente en los océanos proviene principalmente de dos fuentes, una de ellas es la que se origina por el intercambio que se da en la interfase aire-agua mediante movimientos ocasionados por los vientos sobre el agua y que provoca la disolución del oxígeno (Carchipulla, 2018) y otra fuente es la producida por las algas (microalgas y macroalgas) mediante la fotosíntesis.

Sin embargo, en las aguas sub superficiales, la fotosíntesis disminuye y el oxígeno que se consume por la descomposición de la materia orgánica puede incrementarse hasta superar al oxígeno que ingresa, ocasionando una disminución en la concentración respecto al nivel superficial (Pitcher, et al., 2021).

El Ministerio del Ambiente (MINAM) ha establecido Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (D.S. N°004-2017-MINAM, PERÚ, 2017), que determinan el grado de la presencia de elementos o sustancias que se encuentran en el ecosistema que no involucran riesgos significativos para la vida marina y su entorno. Las categorías de cada cuerpo natural de agua descritos en el D.S. 004-2017-MINAM han sido determinadas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en la (R.J. N°030-2016-ANA, PERÚ, 2016). La zona de estudio de la presente investigación ha sido clasificada como Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático y Subcategoría E3: Ecosistemas Marinos Costeros, Marinos, correspondiéndole el valor de 4 mg/L como ECA-Agua para el oxígeno disuelto.

Según (Laffoley & Baxter, 2019) actualmente el equilibrio de la vida marina está siendo modificado de manera gradual por la reducción del contenido de oxígeno disuelto en el mar, esto por dos razones: la eutrofización generada por el enriquecimiento de nutrientes antropogénicos en las aguas costeras que incrementan la biomasa de fitoplancton y otros organismos, y el incremento a temperatura de los océanos como consecuencia del cambio climático.

De acuerdo a (Breitburg, D., et al, 2018) el oxígeno no sólo es fundamental para los seres vivos, también regula los ciclos de los nutrientes más importantes, además del carbono. El contenido de oxígeno disuelto en aguas costeras y en el océano abierto ha estado decreciendo desde al menos la última mitad siglo pasado, en gran parte debido a las actividades antropogénicas que han provocado el incremento de las temperaturas a escala global, así como las descargas de nutrientes que se vierten en las zonas más próximas a la costa; estas alteraciones han provocado un incremento del consumo de oxígeno por la actividad microbiana, también han disminuido tanto la solubilidad del oxígeno en el medio marino, como el porcentaje de recuperación de oxígeno desde la capa atmosférica hacia el océano.

En el Océano Pacífico Oriental existe una Zona de Mínima de Oxígeno (ZMO) de gran extensión que se encuentra a poca profundidad, debido al afloramiento, esta zona del océano Pacífico tiene una alta productividad primaria y un elevado consumo de oxígeno disuelto por la respiración microbiana, por lo que presenta niveles de oxígeno  $\leq 0,5 \text{ mL L}^{-1}$  (Yáñez, 2018).

El oxígeno disuelto en el agua de mar presenta una concentración con tendencia descendente (Maske, y otros, 2019); en su estudio realizado en el océano Pacífico Norte, reporto una reducción mayor a 20% de oxígeno disuelto a profundidades entre 100-600 m, de la misma forma se reportó una disminución del oxígeno disuelto en la bahía sur de California a profundidades entre 200-300 m, estas observaciones indican una expansión de la ZMO. El descenso del oxígeno disuelto en los océanos tiene un impacto negativo en el ecosistema, debido a que afecta a los organismos más vulnerables a ambientes hipóxicos.

De acuerdo a (Laurent, Fennel, Ko, & Lehrter, 2018) en numerosas zonas costeras los aportes excesivos de nutrientes desde los ríos favorecen el

crecimiento de las algas que posteriormente se descomponen en las aguas del fondo, el consumo de oxígeno asociado con condiciones de estratificación, suelen dar lugar a condiciones de hipoxia (concentración de oxígeno disuelto < 1,40 mL/L) y acidificación.

Según (Martinez, Mendez, Fabre, & Ortega, 2017), el período de declive de las floraciones algales (marea roja) más intensas y su posterior descomposición bacteriana, disminuye los niveles de oxígeno provocando hipoxia, sobre todo en las aguas cercanas al fondo marino, que puede causar mortandades de las especies bentónicas.

El 9 de marzo del 2021 el (Instituto del Mar del Perú-IMARPE, 2021) reportó floraciones algales nocivas frente al litoral peruano, en Pisco este evento se registró en la bahía de Paracas, desde febrero hasta los primeros días de marzo del 2021, y la microalga causante fue el flagelado *Heterosigma akashiwo* que incrementó las condiciones de anoxia (ausencia de oxígeno) en el nivel de fondo marino, provocando la mortandad de peces frente a la Playa Lobería.

La presente investigación se realizó en “La Bahía Independencia” (14°07' - 14°21" LS, 76°05' - 76°18" LO) ubicada dentro de la Reserva Nacional de Paracas (RNP), provincia de Pisco, departamento de Ica; esta zona es importante por su diversidad biológica y su extensión cubre un área de 15 644,9 ha, con profundidades máximas entre 80 y 90 m.

Los recursos bentónicos de carácter comercial que se extraen en bahía Independencia son: concha de abanico (*Argopecten purpuratus*), caracol (*Thais chocolata*), cangrejo peludo (*Cancer polyodon*), choro (*Aulacomya ater*), pulpo (*Octopus mimus*), erizo (*Lexochinus albus*), navaja (*Ensis macha*) y otros recursos. El principal recurso que se extrae de bahía Independencia es la concha de abanico y proviene principalmente de los cultivos ubicados en Tunga, El Queso, El Ancla y Canastones. La actividad de cultivo de recursos bentónicos genera un impacto ambiental negativo, siendo las actividades más influyentes el tráfico marino, posible derrame de combustible y arrojado de contaminantes constituidos principalmente por materia orgánica (fouling) que puede producir eutrofización de la zona marina (Garro & Prado, 2017).

La problemática generada por la reducción de la población de los recursos bentónicos en los bancos naturales (Galindo, Quispe, Donayre, Lorenzo, & Rubio, 2018), la recurrencia de eventos anómalos locales que en casos extremos han provocado la mortandad de recursos hidrobiológicos por la ausencia de oxígeno disuelto en el medio acuático del fondo marino (Instituto del Mar del Perú-IMARPE, 2021) y la desoxigenación gradual de los océanos a escala global (Breitburg, 2018), generaron el interés de realizar la investigación sobre la variabilidad del oxígeno disuelto y relacionar esta variable como un indicador de la calidad del agua en una zona de suma importancia como bahía Independencia, considerada como el área natural más importante de la costa peruana para el cultivo de recursos bentónicos.

La temperatura del agua constituye una de las propiedades físicas con mayor importancia en el ambiente marino y juega un rol trascendental para la existencia de la vida acuática. En eventos extremos como “El Niño”, la tasa de crecimiento de algunos recursos hidrobiológicos se ven favorecidos con el incremento de la temperatura, evidenciándose mejores tasas de crecimiento de determinados recursos marinos como la concha de abanico y que benefician la actividad extractiva de la zona.

En bahía Independencia se observan concentraciones de oxígeno disuelto que no cumplen el valor referencial establecido en el ECA agua (D.S. 004-2017-MINAM), a pesar de que la zona de estudio se encuentra dentro de la RNP y no hay evidencias de la presencia de actividades antropogénicas industriales, que puedan generar impactos negativos en el ecosistema. En concordancia con lo mencionado se plantea como problema general: ¿La variación de oxígeno influye como indicador de calidad de agua en bahía Independencia-Pisco durante el período 2000-2018? y como problemas específicos: ¿Cuál es la relación existente entre el oxígeno disuelto y la temperatura del agua de mar en bahía Independencia-Pisco durante el período 2000-2018?, ¿Cuál es la relación existente entre el oxígeno disuelto y la salinidad del agua de mar en bahía Independencia-Pisco durante el período 2000-2018? Y ¿Cuál es la relación entre la concentración de oxígeno disuelto respecto a su posición latitudinal?

De acuerdo a los problemas planteados, se ha definido como objetivo general de la investigación: Determinar la variación de oxígeno disuelto y su influencia como

indicador de calidad de agua en Bahía Independencia, Pisco, en el Periodo 2000-2018, y como objetivos específicos: determinar la relación existente entre el oxígeno disuelto y la temperatura del agua de mar en la Bahía Independencia, Pisco en el período 2000-2018, determinar la relación existente entre el oxígeno disuelto y la Salinidad del Agua de mar en la Bahía Independencia, Pisco en el periodo 2000-2018 y determinar la relación existente entre la concentración de oxígeno disuelto y su posición latitudinal en la Bahía Independencia, Pisco en el periodo 2000-2018.

Por último se presenta la hipótesis para el objetivo general de la investigación de la siguiente manera: **H<sub>1</sub>**: La variación del oxígeno disuelto influye como indicador de calidad de agua en bahía Independencia-Pisco, en el período 2000-2018 y **H<sub>0</sub>**: La variación del oxígeno disuelto no influye como indicador de calidad de agua en bahía Independencia-Pisco, en el período 2000-2018. Para el primer objetivo específico la hipótesis es: **H<sub>11</sub>**: La temperatura influye en la concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar de Bahía Independencia, Pisco en el Periodo 2000-2018 y **H<sub>01</sub>**: La temperatura no influye en la concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar de Bahía Independencia, Pisco en el Periodo 2000-2018. Para el segundo objetivo específico la hipótesis es **H<sub>11</sub>**: La salinidad influye en la concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar de Bahía Independencia, Pisco en el Periodo 2000-2018 y **H<sub>01</sub>**: La salinidad no influye en la concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar de Bahía Independencia, Pisco en el Periodo 2000-2018. Para el tercer objetivo específico la hipótesis es **H<sub>11</sub>**: La posición latitudinal influye en la concentración de oxígeno disuelto en la Bahía Independencia, Pisco en el Periodo 2000-2018 y **H<sub>01</sub>**: La posición latitudinal no influye en la concentración de oxígeno disuelto en la Bahía Independencia, Pisco en el Periodo 2000-2018.

El trabajo de investigación se **justifica teóricamente** porque va a incrementar el conocimiento sobre la variabilidad del oxígeno disuelto en un área natural protegida donde los cambios que se registran en la concentración de oxígeno son debidos principalmente a procesos naturales, que sin embargo, pueden alterar la calidad respecto al ECA-Agua establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM, los resultados que se obtendrán en la investigación pueden proporcionar un enfoque más amplio sobre el estado de la calidad del agua

marina respecto al oxígeno disuelto. Del mismo modo la justificación práctica de la tesis se basa en conocer la variabilidad y la distribución de la concentración del oxígeno disuelto, esto ayudará a optimizar el rendimiento de las actividades de maricultura que se desarrollen en la zona. Respecto a la **justificación metodológica**, la investigación ayudará a tener otro enfoque en la interpretación de los resultados sobre la variación del oxígeno disuelto respecto a la temperatura, salinidad y posición latitudinal en bahía Independencia. Por otra parte la **justificación social** está enfocado en un mejor entendimiento del ambiente marino en uno de los bancos naturales de recursos bentónicos más importantes del Perú y que complementará los estudios poblacionales de los recursos hidrobiológicos para una extracción sostenible de los mismos, que beneficiará a aproximadamente 400 personas dedicadas a la pesca artesanal en la caleta Laguna Grande, departamento de Ica. Por último, la investigación tiene una **justificación ambiental** porque nos ayudará a tener una mejor interpretación de la calidad del medio marino respecto al oxígeno disuelto, que no se limitará solo al valor establecido en el ECA-Agua, sino que tendrá en cuenta la relación del oxígeno con otras variables.

## II. MARCO TEÓRICO

Luego de una exhaustiva búsqueda de antecedentes que incluyeron: tesis, reportes, publicaciones científicas, libros u otros medios de difusión, se han encontrado diversos estudios que aborden el tema planteado bajo enfoques diferentes, en consecuencia, se da testimonio de la autenticidad de esta investigación por lo que se presentan los siguientes antecedentes:

**A nivel internacional**, (Limburg, Breitburg, Swaney, & Jacinto, 2020), en su artículo menciona que el océano está perdiendo oxígeno desde mediados del siglo XX, además indica que se ha perdido entre el 1% y el 2% del inventario global de oxígeno del océano y que se han reportado condiciones pobres de oxígeno en más de 700 lugares costeros. Esta "desoxigenación del océano" va en aumento y es muy preocupante por la magnitud potencial de los cambios adversos para los ecosistemas marinos globales y locales. En las regiones costeras y en los mares semicerrados, la sobre fertilización de las aguas procedente principalmente de la agricultura, las aguas residuales y las transportadas desde el aire, dan condiciones para el desarrollo de floraciones de algas, que al morir se descomponen y consumen oxígeno. A nivel mundial, el calentamiento del clima agrava los problemas de la eutrofización y reduce la introducción de oxígeno al interior del océano. La desoxigenación junto con otros factores de estrés, representa un importante reto medioambiental para la sostenibilidad y el uso que el hombre le da al océano. En las conclusiones, se menciona que el paso más importante y más difícil para reducir la desoxigenación es reducir el vertido global de gases de efecto invernadero y que esta debería realizarse en la próxima década. Se citan casos de éxito como la bahía de Tampa, Florida, donde se ha gestionado con éxito los vertidos de nutrientes para proteger y restaurar las praderas marinas y los humedales circundantes además de la recuperación de la pesca y la vida silvestre. Otro caso mucho más amplio de éxito de la gestión de nutrientes es la cuenca del Mar Báltico, donde la cooperación de los nueve países circundantes ha reducido los niveles de nutrientes gracias a un plan de acción que ha implementado prácticas agrícolas sostenibles y ha reducido el aporte proveniente de las aguas residuales en toda la cuenca. Sin

embargo, el fósforo acumulado en los sedimentos seguirá reciclándose durante varias décadas y junto con los efectos del clima sobre la temperatura y las precipitaciones, hacen que la mejora del contenido de oxígeno en los océanos sea un problema persistente.

De acuerdo a (Troup, Fribance, Libes, Gurka, & Hackett, 2017), en su investigación, tuvo como finalidad establecer si las condiciones físicas en la ensenada abierta de Long Bay, influyen en la hipoxia costera. Menciona que las causas más comunes que generan hipoxia, son el afloramiento costero y la eutrofización. En la metodología, se recogieron datos atmosféricos y de las propiedades del agua mediante sensores ubicados cerca de la costa y en alta mar, cuyo período de registro fue entre 1 y 8 años. En este estudio, las condiciones hipóxicas se clasificaron como eventos distintos según los umbrales de concentración de oxígeno disuelto en la costa y los criterios de sincronización. Estos eventos se clasificaron a su vez en función de su duración. Para examinar las relaciones entre las propiedades ambientales y las condiciones de bajo oxígeno en la bahía, se registraron las condiciones físicas como la temperatura del agua, la salinidad y la velocidad y dirección del viento. Estos datos se analizaron principalmente mediante funciones de correlación cruzada entre los parámetros físicos y las concentraciones de oxígeno disuelto, para eventos de bajo oxígeno, independientemente de la duración de la hipoxia. Se encontró variabilidad en las condiciones físicas presentes durante los eventos hipóxicos, así como algunas consistencias entre todos los eventos. En particular, se hallaron correlaciones significativas entre el empobrecimiento del oxígeno, la disminución de la intensidad de la velocidad del viento y el aumento de la estratificación, estas correlaciones se producen independientemente de la duración del evento, pero suelen ser más fuertes para eventos de larga duración (>24 h). Entre las conclusiones se menciona que se ha demostrado que las condiciones físicas que concurren con valores bajos de oxígeno disuelto durante eventos hipóxicos individuales pueden variar y, por lo tanto, es difícil concluir si las condiciones físicas presentes durante cualquier evento individual son típicas o atípicas.



La investigación realizada por (De la Mora, y otros, 2018), tuvo como objetivo evaluar la variación del oxígeno disuelto en el lago de Chapala, para la toma de información se seleccionaron 16 estaciones en las que se midió la concentración de oxígeno a diferentes niveles: en la superficie y a profundidades entre 1 y 4 m, entre los meses de septiembre de 1996 y junio 1997. Los datos obtenidos fueron analizados mediante la interpolación de Kriging ordinario, obteniéndose como resultado inicial los variogramas. De acuerdo a los resultados obtenidos durante los meses de diciembre, febrero y junio, las concentraciones de oxígeno superaron los 5 mg/L, sin embargo, en el mes de octubre la zona sureste del lago de Chapala presentó valores menores a 3 mg/L, los resultados hallados demostraron que es posible realizar un modelamiento espacial y temporal del oxígeno en toda la extensión del lago, tanto en la superficie como a diferentes profundidades.

(Coffin, Courtenay, Pater, & Heuvel, 2018), realizó un estudio que tuvo como objetivo determinar al oxígeno disuelto como indicador del estado de eutrofización en estuarios poco profundos. Se realizaron mediciones de oxígeno disuelto cada hora en el estuario superior de 15 cuencas hidrográficas a lo largo del Golfo de San Lorenzo, Canadá. Con los registros obtenidos se diseñaron métricas que describieron la hipoxia y la sobresaturación, los que fueron analizados mediante estadísticas multivariantes. Los resultados revelaron respuestas independientes para la hipoxia y la sobresaturación, con una correlación fuerte entre la hipoxia y la residencia del agua. Se concluyó que una integración métrica entre la hipoxia y la sobresaturación discrimina de manera eficaz los hábitats dominados por hierbas marinas y los dominados por algas.

(Zhang, y otros, 2020) Realizó una investigación con el objetivo de conocer los principales factores que intervienen en el deterioro de la calidad del agua en zonas de acuicultura marina. El muestreo de agua tomado en zonas de acuicultura en estanques se realizó durante los meses de mayo, agosto y noviembre del 2018. Se detectaron nueve indicadores de calidad del agua: oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, pH, fósforo reactivo al molibdato, demanda química de oxígeno, clorofila-a, nitrógeno inorgánico y genes de resistencia a los antibióticos (ARGs). Con la información registrada se

efectuó un análisis de componentes principales para analizar la calidad del agua, los cambios espacio-temporales y los factores determinantes en las zonas de acuicultura de estanques y jaulas. Los resultados identificaron que la salinidad, el oxígeno disuelto y los ARGs explicaban 66,82% de los resultados para el área de acuicultura en estanques. Para la acuicultura en jaulas, la clorofila-a, la salinidad y el oxígeno disuelto explicaban el 72,99% de los resultados. En la zona de acuicultura del estanque la calidad del agua está limitada principalmente por su volumen, mientras que las actividades acuícolas y la estacionalidad son los principales factores de la acuicultura en jaulas. La investigación concluye que los resultados serían de utilidad a las autoridades competentes en la selección de los indicadores a evaluar para determinar la calidad del agua en zonas de acuicultura marina.

El artículo desarrollado por (Lee, y otros, 2021), que tuvo como objetivo estudiar las variaciones espacio-temporales del oxígeno disuelto (OD) y sus principales factores de control ambiental en la bahía de Masan, Corea del Sur. Se realizaron mediciones de OD en el fondo de la bahía y los resultados mostraron que a mediados de julio de 2014 se registraron concentraciones pobres de oxígeno ( $< 3$  mg/L) en el interior de la bahía, que se extendieron a la zona exterior de la misma, a finales de julio. Las concentraciones pobres de oxígeno en el fondo, principalmente por debajo de los 5 m de profundidad, persistieron hasta mediados de septiembre. Los datos del monitoreo continuo mostraron que las condiciones de deficiencia de oxígeno aparecieron intermitentemente por las tardes a partir de marzo y persistieron hasta finales de octubre. Los niveles de OD en el agua de mar fueron más bajos entre julio y agosto, cuando la estratificación era más intensa. Los principales factores que controlan las variaciones de OD en el fondo de la bahía de Masan fueron los factores biogeoquímicos (incluidas las concentraciones de nutrientes inorgánicos, la transparencia medida con un Secchi y la concentración de clorofila-a) y el factor físico de la estratificación estacional del agua. Basándose en estos factores de control, se desarrolló un algoritmo regional de OD para la bahía de Masan, y las concentraciones de OD derivadas del algoritmo presentaron buena concordancia con los datos de campo, pero aún se requieren mejoras.

(Ruz, 2017), en su tesis tuvo como objetivo conocer los efectos de la hipoxia sobre la frecuencia respiratoria, la tasa de crecimiento y las respuestas adaptativas del ciclo de vida de los copépodos dominantes. La investigación tuvo un enfoque experimental, para conocer el comportamiento de los distintos estadios de desarrollo de las especies *Calanus chilensis* y *Acartia tonsa* en concentraciones con ausencia de oxígeno durante el 2013 y 2014. Los resultados revelaron que las especies estudiadas tuvieron respuestas ontogénicas a las condiciones de hipoxia. Se encontró que hubo tolerancia al bajo contenido de oxígeno por parte de las hembras de *C. chilensis*, a diferencia de las hembras y primeros estadios de *Acartia tonsa* que fueron susceptibles a la hipoxia. Entre las conclusiones se menciona que la hipoxia asociada a la ZMO ubicada al norte de Chile influye en gran medida en la dinámica de la población de los copépodos dominantes.

**En el ámbito nacional** (Vega, 2018), en su tesis cuya finalidad fue establecer si la variación del oxígeno disuelto (fases de oxigenación e hipoxia) es el factor principal que regula la estructura de las comunidades del macrobentos frente al Callao (Perú) y Mejillones (Chile). Según la metodología, los muestreos se realizaron con una frecuencia mensual durante nueve meses, que involucró una fase influenciada por un evento El Niño (2015 - 2016). Los registros de la temperatura, salinidad y oxígeno se obtuvieron mediante el empleo del CTD-O durante el período comprendido entre febrero y octubre del 2016 y los datos de oxígeno fueron registrados desde setiembre del 2015. En el análisis de la comunidad del macrobentos se realizó la determinación taxonómica además de la abundancia y la biomasa de los macrobentos colectados. Se identificaron tres fases de oxígeno, tanto en el Callao como en Mejillones, a una profundidad de 30 m se apreció un período de hipoxia estacional, mientras que a 50 m de profundidad el período de hipoxia fue permanente y tuvo una mayor intensidad en el Callao, finalmente a 90 m de profundidad el período de hipoxia tuvo una mayor persistencia durante todo el año. Se concluyó que los alcances de los regímenes de oxígeno no fueron significativos sobre la abundancia y biomasa.

(Jacobo, 2018) En su tesis realizó un estudio con el objetivo de contrastar el desarrollo de la longitud de la valva de *Argopecten Purpuratus* y sus variaciones en la bahía de Sechura y en la isla San Lorenzo. El proyecto de investigación fue no experimental de tipo cuantitativo, causal explicativa, transversal – observacional. Se estimaron tres factores abióticos: la temperatura, la concentración de clorofila-a proveniente de imágenes satelitales y el oxígeno disuelto, en los dos lugares estudiados. En la parte experimental del estudio se marcaron y recapturaron ejemplares de concha de abanico para conocer el crecimiento de cada ejemplar. En la isla San Lorenzo se observaron valores de oxígeno notoriamente inferiores a las halladas en la bahía de Sechura, además de presentar períodos con hipoxia intensa que no fueron observados en Sechura. En el período de estudio, en la isla San Lorenzo, las tasas de crecimiento de los ejemplares de concha de abanico tuvieron una mayor variabilidad respecto a lo observado en la bahía de Sechura. En la bahía de Sechura, la tasa de crecimiento de la concha de abanico tuvo una variación mínima en sus diferentes rangos de tallas y en el tiempo respecto a las obtenidas en la Isla San Lorenzo en donde se determinaron tasas de crecimiento más variables durante el periodo evaluado. Entre las conclusiones se sugiere que en la Isla San Lorenzo la tasa de crecimiento de los ejemplares de concha de abanico estuvo limitada debido a eventos de hipoxia.

(Aguirre, Jean, Thouzeau, & Flye-Sainte-Marie, 2018) Realizó un estudio con el objetivo de investigar las consecuencias de las condiciones de hipoxia diaria sobre la energía de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*). Los ejemplares fueron acondicionados a cuatro situaciones experimentales: ejemplares alimentados y ejemplares sin alimentar, combinados o no, a condiciones de hipoxia intensa nocturna (5% saturación) durante aproximadamente 12 horas durante 21 días. La investigación arrojó como resultado, que la concha de abanico pudo mantener activa la filtración incluso en condiciones de bajo contenido de oxígeno durante el período de experimentación. Durante el periodo inicial de exposición a condiciones de hipoxia, la tasa de aclaramiento (capacidad de filtración) se redujo rápidamente cuando la saturación de oxígeno

disminuyó a niveles menores del 10%, sin embargo esta se incrementó rápidamente a niveles cercanos a los observados en condiciones de normoxia. No se evidenció efecto en el peso de la concha de abanico por la exposición a las condiciones de hipoxia, debido a que la capacidad de filtración se mantuvo, pero se observó un efecto negativo en el crecimiento. De acuerdo a los resultados, podemos sugerir que la concha de abanico está adaptada de manera eficiente a las condiciones de hipoxia, que son recurrentes en las zonas costeras del litoral peruano.

(Alva, 2018), En su tesis se trazó como objetivos: estimar la variación espacio temporal de los siguientes parámetros oceanográficos: oxígeno, temperatura, salinidad, pH y transparencia en dos puntos de muestreo ubicadas en la bahía de Samanco, además de relacionar las concentraciones de fitoplancton tóxico con los parámetros oceanográficos señalados inicialmente. El diseño de la investigación fue *ex\_postfacto*, retrospectivo, relacional y tuvo como propósito conocer si hay relación entre la concentración de fitoplancton tóxico con los parámetros oceanográficos. Los resultados obtenidos mostraron una alternancia de la concentración celular del fitoplancton tóxico entre valores altos y bajos, además en algunos períodos no se observó ninguna alternancia. Respecto a los factores oceanográficos, el parámetro oxígeno disuelto se encontró entre 4,29 y 9,64 mg/L y el resultado del análisis relacional del fitoplancton tóxico, determinó que las especies *G. impudicum*, *D. rotundata* y *D. caudata*, tuvieron una relación directa, mientras la especie *P. delicatissima* presentó una relación inversa respecto al parámetro oxígeno disuelto.

(Cardich, 2019) Realizó una investigación para determinar la importancia relativa de los procesos a gran escala (es decir, océano-atmósfera) versus los procesos locales (es decir, exportación producción) que impulsan la oxigenación subsuperficial frente a Perú. En la metodología se ha combinado un enfoque multiproxi en múltiples registros paleoceanográficos para los últimos 170 años, con registros instrumentales de concentraciones de oxígeno disuelto en el nivel subsuperficial desde 1960. Se han analizado ensamblajes de foraminíferos bentónicos, metales sensibles a redox (Mo, Re, U) y contenidos de carbono orgánico total y sílice biogénica en múltiples

núcleos de sedimentos recolectados en el margen superior de Callao (180 m) y Pisco (300 m). Los resultados muestran que se puede inferir un debilitamiento de Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO) sobre el margen central peruano desde 1865 hasta 2004. El estudio concluye que hay evidencia de una sutil tendencia a la oxigenación desde 1960 hasta 2010 en el núcleo de la ZMO frente al centro de Perú. Esta tendencia es parte de la variabilidad ZMO en escalas de tiempo de 10 años y 100 años, desde mediados del siglo XIX. Durante la mitad del siglo XIX, la intensificación de la desoxigenación subsuperficial cerca de la costa, fue el resultado de la interacción de factores locales y regionales.

(Ampuero, 2018), Realizó una investigación para conocer la influencia de los bajos niveles de oxígeno y pH sobre las comunidades y la composición del macrobentos calcificante, también analizó su estructura espacial, durante el período comprendido entre el 2007 y 2014 en la plataforma central y norte de la costa peruana (3° - 9°S). El tipo de estudio realizado fue descriptivo analítico dado que se comparó y analizó los patrones espacio-temporales del macrobentos a través del comportamiento de las comunidades frente al pH y oxígeno disuelto. Se usó un modelo numérico biogeoquímico (ROMS-PISCES) para la obtención de información de pH. Se clasificaron los siguientes escenarios: alto/bajo oxígeno y alto/bajo pH, obteniéndose cuatro categorías combinadas y se evaluó las comunidades del macrobentos como variables dependientes. Los resultados mostraron que hacia el sur de los 6°S las abundancias más elevadas del macrobentos fueron registradas donde hay mayor porcentaje de materia orgánica y deficiencia de oxígeno. Los valores más bajos de riqueza específica se registraron bajo condiciones bajas de pH y oxígeno. En condiciones de oxígeno elevado y bajos valores de pH, los índices de diversidad fueron mayores.

(Chu, 2018) En su tesis realizó una investigación para la determinación de impactos negativos al ambiente marino debido al cultivo de concha de abanico, empleó la matriz modificada de Leopold para identificar y evaluar la causa-efecto de las actividades que se realizan en la zona de cultivo y los contaminantes generados por estas. Entre los impactos negativos

identificó la contaminación generada por los gases de combustión, ruidos molestos, contaminación del medio marino por la limpieza de las embarcaciones y contaminación de la parte continental por los residuos de las valvas de cocha de abanico. Finalmente dedujo que los impactos negativos tuvieron una prioridad media.

(Graco, y otros, 2019), Realizó una investigación con el objetivo de caracterizar y realizar un análisis en dos épocas diferentes de las condiciones de afloramiento costero en Perú. Con los datos recolectados de información satelital se obtuvieron la velocidad del viento y el Índice de afloramiento costero (IAC) a una distancia referencial ubicada a 40 km de la costa frente a los puertos de Chicama, Callao y Pisco. La información de la columna de agua en los perfiles hidrográficos programados, se obtuvieron con un CTDO. Los parámetros oceanográficos estudiados fueron: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes, clorofila-a, pH, fitoplancton, bentos marino y foraminíferos. Los resultados mostraron que en otoño y en invierno la zona de mínima de oxígeno (ZMO) fue intensa y de poca profundidad (sobre los 20 m de profundidad). La mayor productividad se observó en la estación de otoño, respecto al fitoplancton, las diatomeas predominaron cerca a la costa en el mes de abril, mientras en la zona oceánica hubo mayor presencia de nanoplancton. En el invierno se registró el ingreso de aguas oceánicas a la zona costera. Las condiciones oceanográficas registradas en otoño e invierno del año 2018 permitieron comparar períodos de productividad diferentes, influenciadas por condiciones de afloramiento con intensidades diferentes.

**En el ámbito local** (Aguirre, y otros, 2019), se trazaron como objetivo, estudiar el comportamiento de la concha de abanico a las condiciones del ambiente marino presentes en la bahía de Paracas, que presenta condiciones de afloramiento. El estudio consistió en monitorear los procesos biológicos de reproducción y crecimiento de la concha de abanico con una frecuencia semanal, durante siete meses, a dos profundidades diferentes, en el fondo y a 2 m sobre el fondo (cultivo suspendido). De manera paralela se realizaron registros de alta frecuencia de las condiciones ambientales en ambas profundidades, dando como resultado

que las condiciones del ambiente marino en la bahía de Paracas presentan una elevada variabilidad, sobre todo en la estación de verano, cuando la temperatura del agua de mar varió hasta en 8 °C en un período menor a 24 horas, mientras que los niveles de oxígeno oscilaron entre la sobresaturación y la anoxia. Se realizaron observaciones concurrentes de aguas de aspecto lechoso, condiciones de ausencia de oxígeno y descensos bruscos de la temperatura. Se evidenció que hubo crecimiento gonadosomático tanto en las conchas cultivadas en el fondo marino como las que se hallaban suspendidas, sin embargo estas últimas mostraron un crecimiento mayor respecto a las otras, estos resultados estarían relacionados a las diferencias medioambientales encontradas en ambas profundidades. En el cultivo de fondo se halló una mayor turbidez, y respecto a la duración del período de estudio, en el cultivo suspendido se obtuvo un 18% de condiciones hipóxicas mientras en el nivel de fondo fue de 48%. El índice gonadosomático tuvo una variación cíclica de aproximadamente 30 días entre la estación de invierno y el término de la estación de primavera y fue simultáneo en los diferentes rangos de longitud de la concha de abanico. En el verano, cuando los eventos extremos relacionados a condiciones de anoxia y aguas de aspecto lechoso eran frecuentes, se verificó que la reproducción se detuvo, se redujo el peso somático y se incrementó la mortalidad de la concha de abanico. La bioenergética de la concha de abanico se vio afectada de manera notoria por la presencia de hipoxia extrema, que además de afectó la tasa de crecimiento y la capacidad de reproducción.

Según (Cueto, y otros, 2021) en su investigación tuvo como objetivo analizar las consecuencias y los riesgos potenciales de las condiciones de hipoxia para el cultivo de vieiras en dos bahías peruanas, en el trabajo realizado se acoplaron los estudios ambientales con un experimento de laboratorio sobre la supervivencia de la vieira. Se realizaron estudios de campo en las concesiones de cultivo tanto en la Bahía de Sechura (costa norte) como en la Bahía de Paracas (costa centro-sur) entre los años 2013 y 2019. El experimento de laboratorio se centró en el tiempo de supervivencia bajo hipoxia severa según el tamaño del individuo. Los dos



grupos de tamaños estudiados fueron: grandes ( $80 \pm 3,1$  mm de altura de valva) y pequeños ( $31 \pm 3,6$  mm de altura de valva), que son representativos del tamaño comercial (para consumo) y del tamaño de las semillas recogidas en el fondo, respectivamente. Para explorar la relación espacio-temporal entre las condiciones del fondo del agua en las bahías de Sechura y Paracas, se compararon los resultados de los promedios mensuales tanto de la temperatura, como de la saturación de oxígeno disuelto, salinidad y pH mediante el análisis de componentes principales (PCA). Se usaron datos de alta frecuencia (horaria) de temperatura y saturación de oxígeno disuelto durante 21 días anteriores a picos de mortalidad masiva en el campo para evaluar las condiciones ambientales locales durante los eventos de mortalidad en ambas bahías. La hipoxia estuvo presente en ambas bahías en los niveles de intensidad moderada (24% de saturación de oxígeno) y severa (5% de saturación de oxígeno). La investigación concluye que la hipoxia es persistente durante la mayoría de los meses en las aguas costeras poco profundas del Perú, como se observa en las bahías de Sechura y Paracas, donde la hipoxia se presenta con mayor intensidad y duración durante los meses de verano y al inicio del otoño.

En su investigación realizada en bahía Independencia, (Quispe, y otros, 2010), caracterizó la variabilidad espacio-temporal de las variables físicas del mar en bahía Independencia, para tal fin se utilizó información de las evaluaciones realizadas en la zona, por el IMARPE y la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) de la Marina de Guerra del Perú, además de datos satelitales (QuickSCAT). Se encontró una variación de la temperatura respecto a su latitud, con valores más elevados al norte de la bahía, esta variación también se observó en la distribución la salinidad pero fue menos intensa. En Bahía Independencia mayormente afloran Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS), otras veces afloran aguas de mezcla con aguas subtropicales superficiales (ASS) y en evento extremos como El Niño, predominan las ASS.

(Chauca, 2018) En su tesis se planteó como objetivo, determinar las condiciones en las cuales se desarrollan las aguas blancas durante los

años 2000 – 2006. En la metodología se detallaron las variaciones de la temperatura y la concentración de oxígeno disuelto en las aguas de la bahía de Paracas, durante la observación de estos eventos. También se usó información del satélite sobre el color del agua de mar, mediante el espectroradiómetro MODIS con una resolución de 1 km, y el índice de afloramiento. Los resultados mostraron una estacionalidad bien definida de la presencia de aguas blancas, con mayor actividad en la estación de otoño. Las plumas de aguas blancas abarcaron áreas entre 3 y 4000 km<sup>2</sup>. Se encontró que en la bahía de Paracas las aguas blancas se asociaron a un descenso considerable de la temperatura y el oxígeno disuelto en el nivel subsuperficial del mar. Se observó que estos eventos tuvieron una tendencia al incremento y el autor infiere que esta situación puede ser permanente en un futuro, debido a una tendencia en la desoxigenación de los océanos.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y Diseño de Investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

La investigación es de tipo básica porque tiene por finalidad incrementar y redefinir los conocimientos ya existentes, sin considerar una utilidad práctica (Escudero & Cortez, 2018), con un nivel descriptivo-correlacional, porque se describirá la variabilidad del oxígeno disuelto en el ámbito marino de la Bahía Independencia y luego analizarán estadísticamente los datos de oxígeno disuelto, temperatura y salinidad para conocer el grado de asociación entre ellas (Hernández & Mendoza, 2018).

##### **3.1.2 Diseño de investigación**

En el presente estudio se emplea un diseño no experimental ya que no se han manipulado las variables para determinar si el oxígeno disuelto es factor determinante en la calidad del agua de mar, así mismo el diseño es longitudinal, porque los datos corresponden a diferentes períodos de tiempo para establecer inferencias sobre su variación y

conocer ¿qué factores determinan estas variaciones? y ¿qué consecuencias la provocan? (Hernández & Mendoza, 2018), asimismo la investigación tiene un enfoque cuantitativo porque la información utilizada fue medida de manera numérica para demostrar por medio de análisis estadístico la influencia de la variación del oxígeno disuelto en la calidad de agua en la bahía Independencia, Pisco, durante el Período 2000-2018.

### **3.2 Variables y operacionalización**

Una variable viene a ser todo aquello que puede ser observado y medido cuantitativa o cualitativamente y que ayuda a la formulación de la hipótesis en una investigación (Cevallos, Polo, Salgado, & Orbea, 2017).

**Variable Independiente (X):** Variación del oxígeno disuelto.

**Variable Dependiente (Y):** Calidad del agua en bahía Independencia.

#### **Operacionalización de las variables**

Para evaluar la variable independiente, variación de oxígeno disuelto, se realizará la operacionalización y se ejecutará el recorrido de este análisis. Para evaluar la variable dependiente, calidad de agua en bahía Independencia, se evaluará su cuantificación y comparación respecto al ECA –Agua (anexo 1).

### **3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

#### **3.3.1 Población**

La población está definida como un grupo finito o infinito de elementos que forman parte de un estudio y que presentan similitudes entre ellos (Arias, 2020). La población utilizada en el presente estudio está conformada por el agua de mar de Bahía Independencia, que abarca un área de 15 644,9 ha y se sitúa en la RNP, provincia de Pisco, departamento de Ica, (Figura 1).

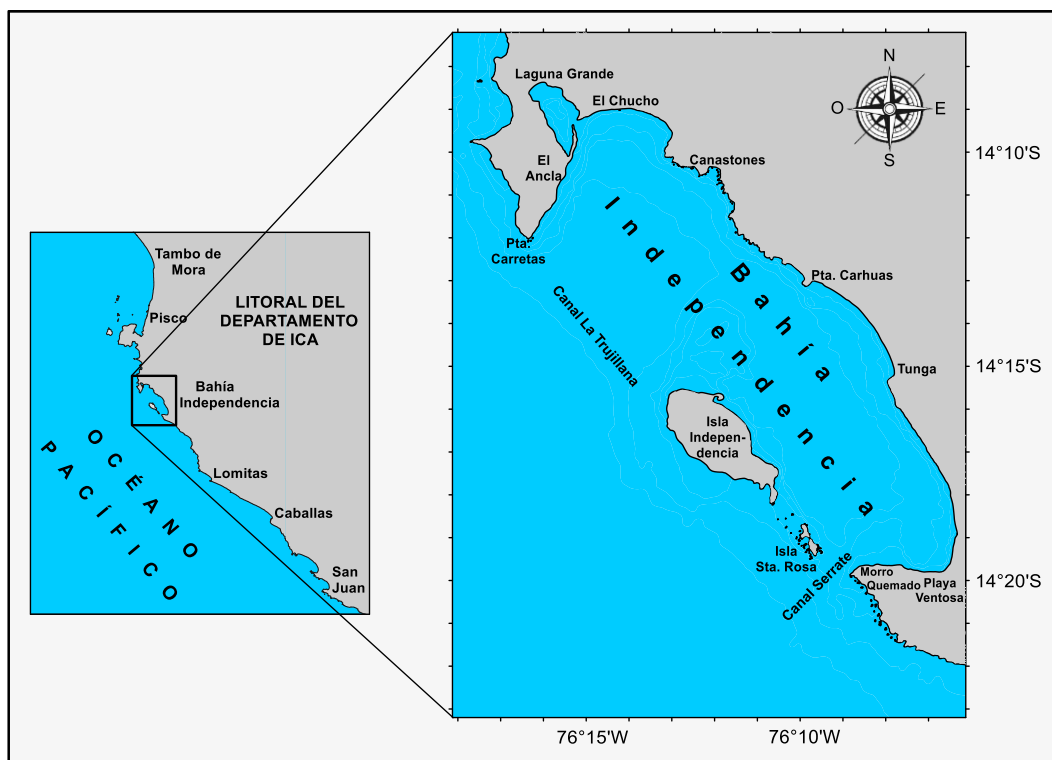


Figura 1. Carta de ubicación del área de estudio

### 3.3.2 Muestra

Una muestra es parte de la población y es de interés del investigador, representa estadísticamente a la población para que los resultados obtenidos puedan ser generalizados (Hernández & Mendoza, 2018).

De acuerdo con el concepto establecido por Hernández, la muestra en la presente investigación proviene de las estaciones oceanográficas evaluadas por el (IMARPE) durante la evaluación del recursos bentónicos y específicamente concha de abanico realizado en Bahía Independencia, que se realiza con una frecuencia anual y correspondieron al período comprendido entre los años 2000-2018.

### 3.3.3 Muestreo

El muestreo se realizó en 23 estaciones utilizando el método probabilístico, los puntos de muestreo fueron establecidos por el IMARPE y la distribución espacial de las estaciones abarcó todas las zonas de bahía Independencia e incluyen a los principales bancos naturales del recurso concha de abanico.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los datos que fueron utilizados en esta investigación provinieron de las evaluaciones del recurso concha de abanico llevadas a cabo por el IMARPE en Bahía Independencia. El muestreo se realizó a bordo de la embarcación “Don Manuel” con número de matrícula PS-23309-EM, para la colecta de muestras y determinaciones analíticas de los parámetros evaluados, se usaron protocolos internos del IMARPE y el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (R.J. N°010-2016-ANA). En la recolección de las muestras y determinaciones analíticas se emplearon materiales y equipos detallados en la Tabla 1.

**Tabla 1.** *Materiales y Equipos Usados en la Colecta y Análisis de Muestras*

<b>Material o Equipo</b>	<b>Características</b>	<b>Uso</b>
GPS portátil	Marca Garmin, modelo MAP 62sc	Georreferenciación de las estaciones a evaluar.
Termómetro de mercurio	Tipo ASTM 63C, escala -8 a 32 °C, división de escala 0,1 °C.	Registro de la temperatura del agua de mar.
Bureta automática	Escala 0 - 10 mL, división de escala 0,05 mL.	Análisis de oxígeno disuelto mediante el método de Winkler
Botella Niskin	Marca General Oceanics, modelo 1010, capacidad 5 L, material PVC, con portatermómetro.	Colecta de muestras de agua de mar en el nivel subsuperficial.
Sonda de profundidad portátil	Marca Honda, modelo PS-7, escala de registro: 0,6 - 80 m.	Para medir la profundidad de las estaciones a evaluar.
Salinómetro	Marca Guildline, modelo 8410A portátil, rango de medición 0,004 - 76 mS/cm, precisión 0,0001: 1,15 ratio de conductividad, equivalente a $\pm 0,003$ ups, resolución 0,0003 mS/cm equivalente a 0,0003 ups.	Determinación analítica de la salinidad en las muestras de agua de mar mediante la conductividad.

Elaboración: Propia

### 3.5 Procedimiento

Conforme a la (Ley N° 27806 - Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, 2002) y al (D.S. N° 021-2019-JUS - Aprueban Texto Único Ordenado de la Ley N°27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, 2019), la información utilizada en la presente investigación fue solicitada al IMARPE y entregada con el oficio N° 0013-2020-IMARPE/PE-LC PISCO (ver anexo 3). Para el muestreo se siguieron las pautas establecidas en los protocolos internos desarrollados por el IMARPE y en el Protocolo Nacional aprobado según la (Autoridad Nacional de Agua - R.J. 010-2016-ANA, 2016). El IMARPE distribuyó 23 estaciones oceanográficas a lo largo de bahía Independencia que fueron geo referenciadas empleando un GPS portátil, las cuales presentan profundidades de hasta 90 m (Figura 2).

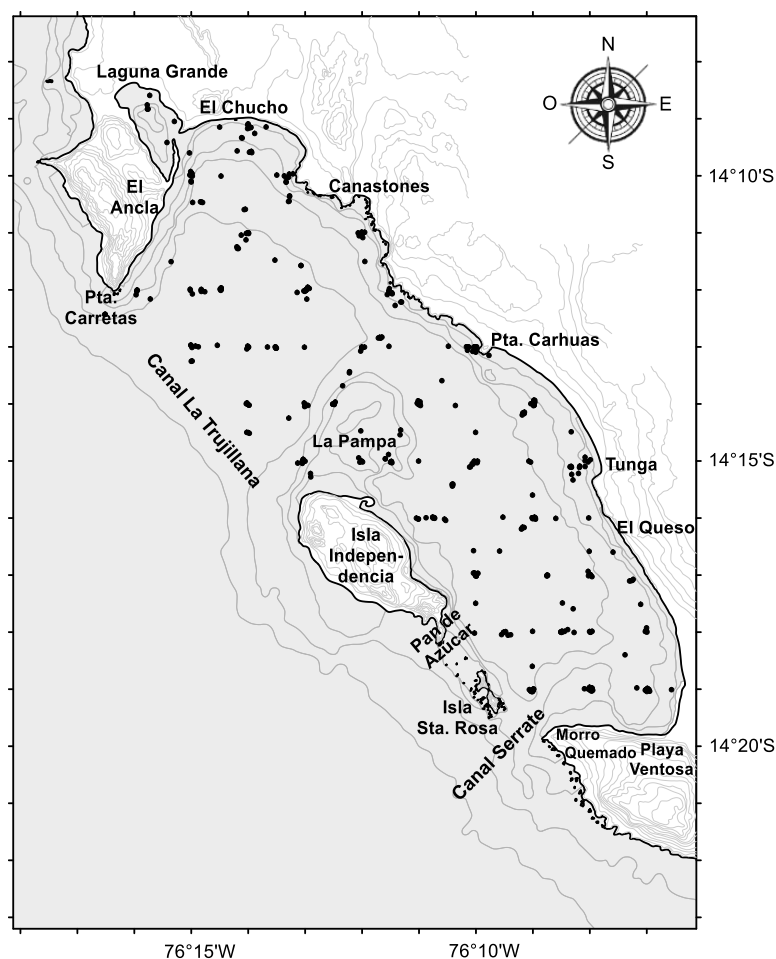


Figura 2. Ubicación de Estaciones en Bahía Independencia, periodo 2000-2018

Las muestras de agua se colectaron en dos niveles (superficie y fondo), para el nivel superficial se utilizó un recipiente plástico (balde) de 12 L de capacidad y para las muestras de fondo se empleó una botella Niskin con una capacidad de 5 L, equipada con portatermómetro y llave para la purga de agua en la obtención de muestras para la determinación de oxígeno disuelto. La temperatura del mar en la superficie y el fondo marino fue registrada con un termómetro de mercurio de inmersión total tipo ASTM 63C, de escala -8 a 32 °C y división de 0,1 °C.

Las muestras para la determinación de la salinidad se colectaron en frascos de polietileno de 250 mL de capacidad y se preservaron a temperatura ambiente hasta su análisis en el Laboratorio Costero de Pisco del IMARPE. La determinación de la salinidad se realizó por conductividad mediante el uso de un Salinómetro marca Guildline, modelo Portasal 8410A.

La determinación de oxígeno disuelto fue realizado de acuerdo al método iodométrico descrito en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd (American Public Health Association, 2017). Para la colecta de agua de mar se emplearon frascos de vidrio con tapa esmerilada y una capacidad aproximada de 120 mL. La fijación de las muestras se logró mediante la adición de 1 mL de reactivo I (solución de  $MnCl_2$ ) y 1 mL de reactivo II (solución de NaOH y solución de NaI), luego se agitaron los frascos para una adecuada reacción entre el oxígeno disuelto en la muestra y los reactivos añadidos, formándose un precipitado color pardo. En el laboratorio se agregó 1 mL de reactivo III (ácido sulfúrico) para la disolución del precipitado formado e inmediatamente se procedió a la titulación con una solución de tiosulfato de sodio 0,02 N usando como indicador almidón. La concentración de oxígeno disuelto se calculó mediante una hoja de cálculo donde se consideró el volumen de la muestra, la concentración de la solución de tiosulfato y el volumen gastado en la titulación.

### **3.6 Método de análisis de datos**

La información oceanográfica utilizada en el presente estudio corresponde al período 2000 – 2018, estos datos fueron inicialmente evaluados para discriminar los que corresponden a períodos fríos o cálidos, debido a que

durante eventos extremos como es el caso de períodos cálidos como “El Niño” o períodos fríos como “La Niña”, se registran valores atípicos. Para tal fin se usó como referencia el, usado por el Comité Multisectorial para el Estudio del Fenómeno El Niño (ENFEN). Siguiendo las indicaciones realizadas por (Takahashi, Mosquera, & Reupo, 2014) se descartaron los datos correspondientes a los años 2002, 2014, 2015 y 2017, por corresponder a períodos cálidos.

**Tabla 2.** *Categorías de las anomalías de la temperatura, período 2000-2018, ICEN.*

<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>VALOR MENSUAL DEL ICEN</b>	<b>CATEGORÍA</b>
2000	3	-0,30	Neutra
2001	5	-0,34	Neutra
2002	3	+0,57	Cálida Débil
2003	4	-0,66	Neutra
2005	5	-0,41	Neutra
2006	3	-0,45	Neutra
2010	3	+0,10	Neutra
2014	5	+0,97	Cálida Débil
2015	4	+0,97	Cálida Débil
2017	4	+1,07	Cálida Moderada
2018	5	-0,73	Neutra

Fuente: <http://hdl.handle.net/20.500.12816/4639>

Para el análisis estadístico se empleó el software SPSS Statistics, v 24. Inicialmente se evaluó la distribución espacial del oxígeno disuelto, la temperatura y la salinidad en la superficie del mar respecto a su posición latitudinal, con el objetivo de conocer si existen correlaciones entre los valores de estos parámetros y su ubicación geográfica.



Para determinar las correlaciones entre los parámetros oceanográficos y su ubicación latitudinal se usará el test no paramétrico de Spearman, debido a que los datos no presentan una distribución normal. Los datos se agruparán en “Norte” y “Sur” y luego se realizará un análisis estadístico descriptivo del oxígeno disuelto, temperatura y salinidad para conocer las diferencias entre las agrupaciones realizadas. Para identificar las relaciones entre los parámetros oxígeno, temperatura y salinidad se usará un gráfico de matriz de dispersión, tanto en la zona norte y sur de bahía Independencia y se determinará el nivel de relación que existe usando el coeficiente de correlación lineal.

Para determinar si la asociación entre el oxígeno disuelto con la temperatura y la salinidad es significativa, se utilizará el estadístico chi cuadrado con el objetivo de contrastar la hipótesis nula y determinar si ambas variables influyen en la concentración de oxígeno disuelto en bahía Independencia.

Asimismo se empleará el estadístico ANOVA para determinar si la variación del oxígeno disuelto afecta la calidad de agua en la zona de estudio, para tal fin se realizará la prueba de Kolmogorov-Smirnov con el fin de corroborar si los datos se ajustan a una distribución normal (criterio de normalidad). Finalmente se realizará el estadístico ANOVA para la variable oxígeno disuelto normalizado con el objetivo de contrastar la hipótesis nula y determinar si la variación de la concentración de oxígeno disuelto afecta el estado de la calidad del agua en la zona de estudio.

### **3.7 Aspectos éticos**

En la elaboración de esta investigación se siguieron las pautas descritas en la “Guía de elaboración del trabajo de investigación y tesis” aprobada en la Resolución de Vicerrectorado de Investigación N°011-2020-VI-UCV. Los datos usados fueron obtenidos con la debida autorización de la Institución y fueron proporcionadas con un documento oficial (ver anexo 3), por lo que la información utilizada es legítima y se ajusta con los principios descritos en la guía de la Universidad Cesar Vallejo.

#### IV. RESULTADOS

Según la prueba de Spearman para conocer si existe correlación entre el oxígeno disuelto y la latitud geográfica, se encontró que la significancia (p) es menor a 0,05, en tal sentido se aceptó la hipótesis alterna de que sí existe relación significativa entre la concentración de oxígeno disuelto y la latitud geográfica. Esta relación es inversa, por lo que a mayor latitud (hacia el sur) la concentración de oxígeno disuelto tuvo una tendencia descendente, además la correlación es alta (-0,710).

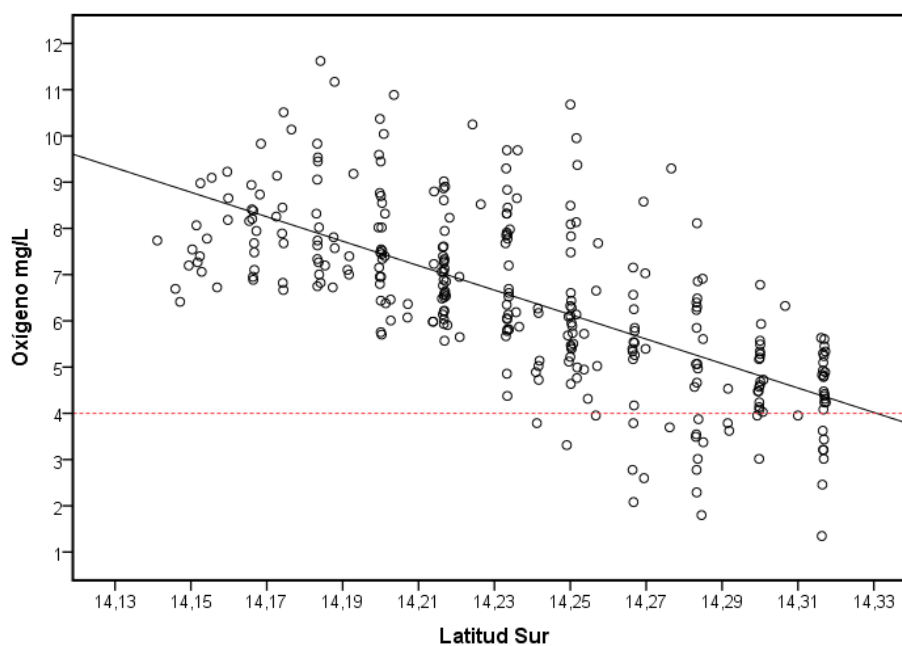
**Tabla 3.** Correlación de Spearman para el Oxígeno Disuelto y la Latitud Geográfica

	Rho ( $\rho$ )	p	N
Oxígeno - Latitud	-0,710**	0	297

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Elaboración: Propia

En la figura 3, se observó que concentraciones menores al ECA Agua (4 mg/L) fueron frecuentes a partir de la latitud 14,25 °LS (14°15' LS).



*Figura 3.* Concentración de Oxígeno Disuelto en la Superficie del Mar vs Latitud Geográfica.

## 4.2 Correlación entre la temperatura y la latitud geográfica

Los resultados encontrados al realizar la prueba de Spearman, para conocer la correlación entre la temperatura y la latitud geográfica mostraron una significancia (p) menor al valor de 0,05, por lo que se aceptó la hipótesis alterna de que si hay una relación significativa entre la temperatura y la latitud geográfica. La relación encontrada fue inversa, debido que la temperatura disminuye a mayor latitud (hacia el sur), la correlación hallada fue regular (-0,493). Registros < 15 °C fueron registrados desde la latitud 14,22 LS hacia el sur de bahía Independencia.

**Tabla 4.** Correlación de Spearman para la Salinidad y la Latitud Geográfica

	Rho ( $\rho$ )	p	N
Temperatura - Latitud	-0,493**	0	297

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Elaboración: Propia

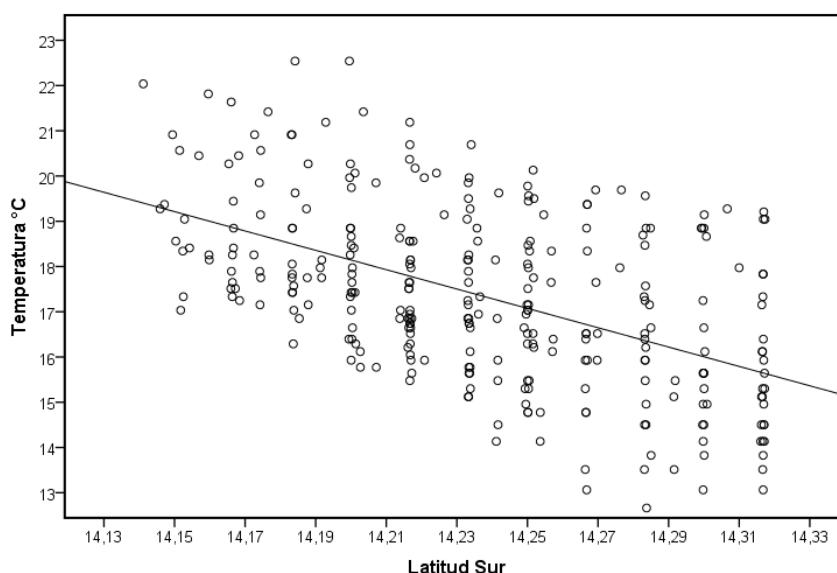


Figura 4. Temperatura Superficial del Mar vs Latitud Geográfica

### 4.3 Correlación entre la salinidad y la latitud geográfica

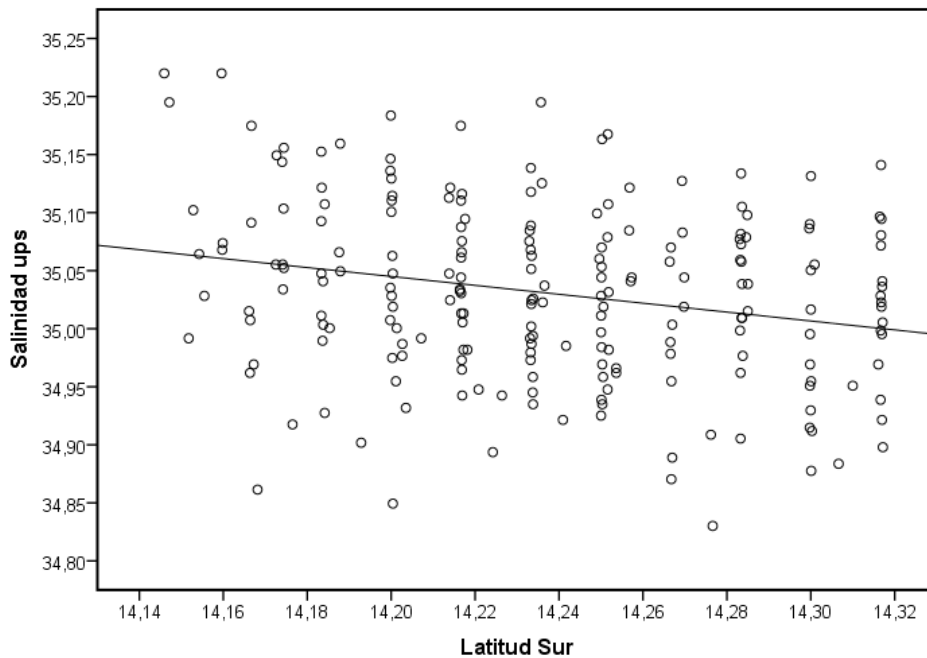
Según el test de Spearman realizado con el objetivo de conocer la correlación entre la salinidad y la latitud geográfica, se encontró una significancia ( $p$ ) menor al valor de 0,05 con lo cual se aceptó la hipótesis alterna de que si existe relación entre la salinidad y la latitud geográfica. Se halló una relación inversa, porque la salinidad disminuye cuando la latitud es mayor, la correlación hallada fue baja (-0,227).

**Tabla 5.** Correlación de Spearman para la Salinidad y la Latitud Geográfica

	Rho ( $\rho$ )	$p$	N
Temperatura - Latitud	-0,227**	0	208

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Elaboración: Propia



*Figura 5.* Salinidad en la Superficie del Mar vs Latitud Geográfica

#### 4.4 Agrupación del Oxígeno disuelto

Los datos se agruparon en dos zonas (Norte y Sur) tomando como referencia la latitud geográfica 14°15' LS, que corresponde a la latitud donde se registran concentraciones menores al ECA Agua (4 mg/L). Según los estadísticos descriptivos descritos en la Tabla 6, se observaron notorias diferencias entre ambas zonas, la zona sur presentó concentraciones menores a las registradas en la zona norte.

**Tabla 6.** Estadísticos Descriptivos del Oxígeno Superficial en las Zonas Norte y Sur de Bahía Independencia.

Estadístico	Zona Norte	Zona Sur
Media	7,44931	5,13710
Mediana	7,44	4,92
Mínimo	3,40	2,11
Máximo	11,68	10,29
Desviación estándar	1,44960	1,60359

Elaboración: Propia

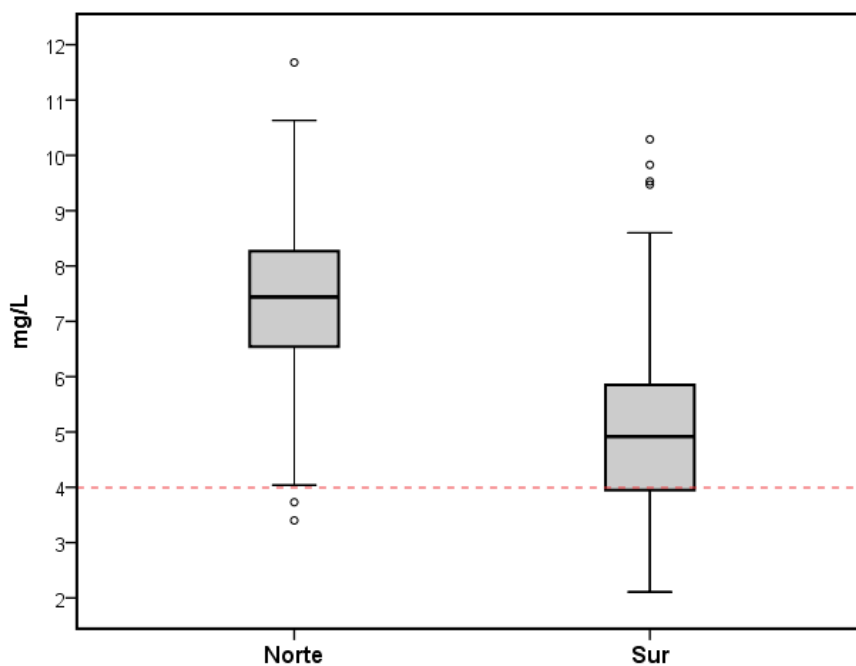


Figura 6. Diagrama de Cajas – Oxígeno Agrupado en la Superficie del Mar-Período 2000-2018.

En el nivel de fondo el oxígeno disuelto mostró una mayor variabilidad en la zona norte, sobre todo para los valores ubicados sobre la mediana, sin embargo las medianas en la zona sur y en la zona norte presentaron valores similares (Tabla 7, Figura 7).

**Tabla 7.** Estadísticos Descriptivos del Oxígeno de fondo para la Zona Norte y Sur de Bahía Independencia.

Estadístico	Zona Norte	Zona Sur
Media	1.64884	1.22879
Mediana	0.88	0.87
Mínimo	0.00	0.09
Máximo	7.06	4.97
Desviación estándar	1.73275	1.03923

Elaboración: Propia

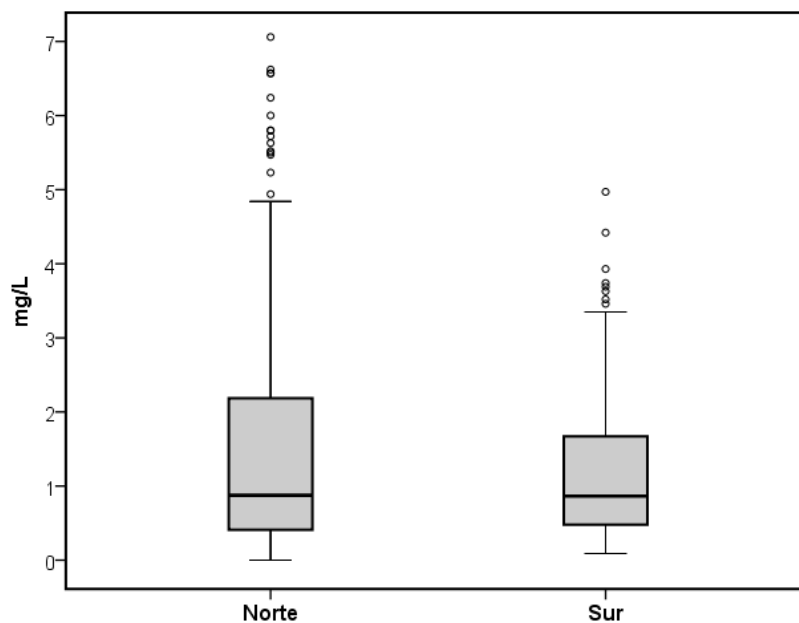


Figura 7. Diagrama de Cajas – Oxígeno Agrupado en el Fondo del Mar- Período 2000-2018.

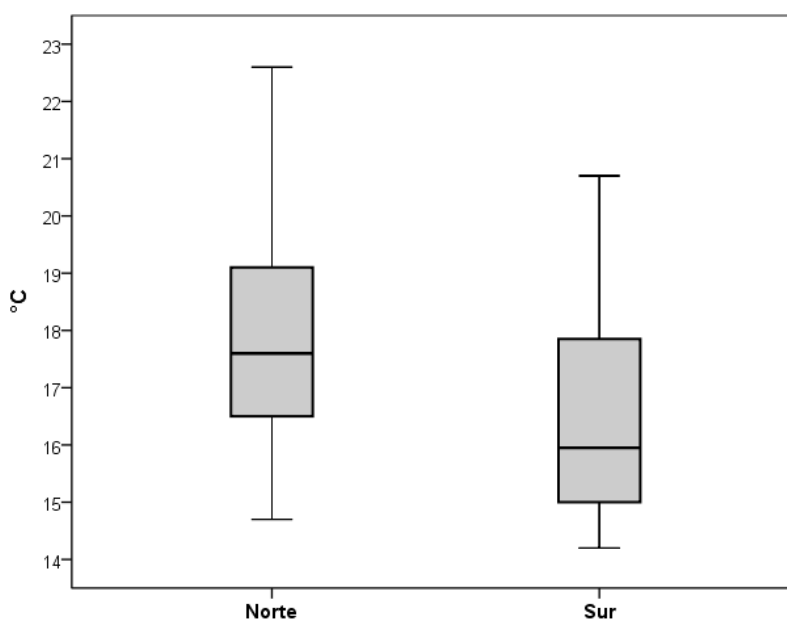
#### 4.5 Agrupación de la Temperatura del Mar

Respecto al nivel superficial, en la zona norte se observaron valores más elevados y una mayor variabilidad respecto a la zona sur, la mediana en la zona norte fue 17,60 °C y en la zona sur 15,95 °C, (ver Tabla N° 8 y Figura 8).

**Tabla 8.** Estadísticos Descriptivos del Oxígeno de Fondo en las Zonas Norte y Sur de Bahía Independencia.

Estadístico	Zona Norte	Zona Sur
Media	17,969	16,486
Mediana	17,6	15,95
Mínimo	14,7	14,2
Máximo	22,6	20,7
Desviación estándar	1,9728	1,7514

Elaboración: Propia



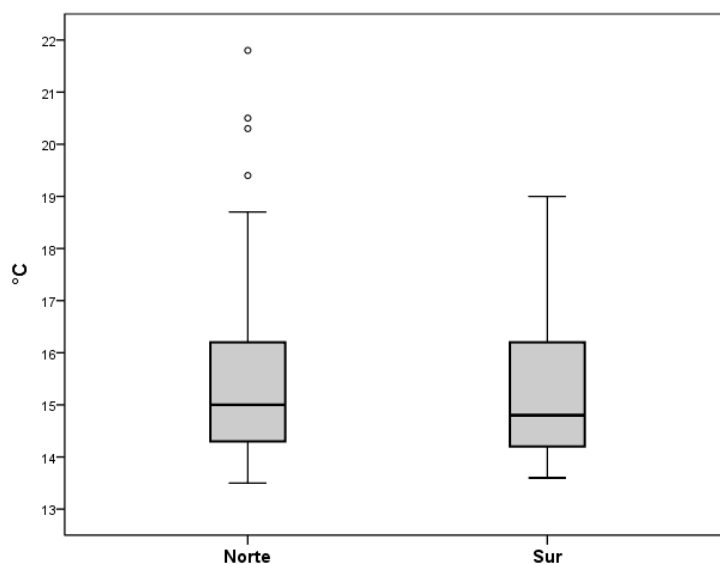
*Figura 8. Diagrama de Cajas – Temperatura Agrupada en la Superficie del Mar- período 2000-2018.*

Para la temperatura del fondo marino (TFM) los registros en la zona norte y sur fueron similares, con medianas de 15,0 y 14,8 °C para las zonas norte y sur respectivamente, los valores atípicos observados en la zona norte estuvieron relacionados a temperaturas en la zona denominada La Pampa, que presenta profundidades < 15 m (ver Tabla N° 9 y Figura 9).

**Tabla 9.** Estadísticos Descriptivos de la Temperatura de Fondo en las Zonas Norte y Sur de Bahía Independencia.

Estadístico	Zona Norte	Zona Sur
Media	15,4133	15,2298
Mediana	15,0	14,8
Mínimo	13,5	13,6
Máximo	21,8	19,0
Desviación estándar	1,51876	1,30247

Elaboración: Propia



*Figura 9. Diagrama de Cajas – Temperatura Agrupada en el Fondo del Mar- Período 2000-2018.*



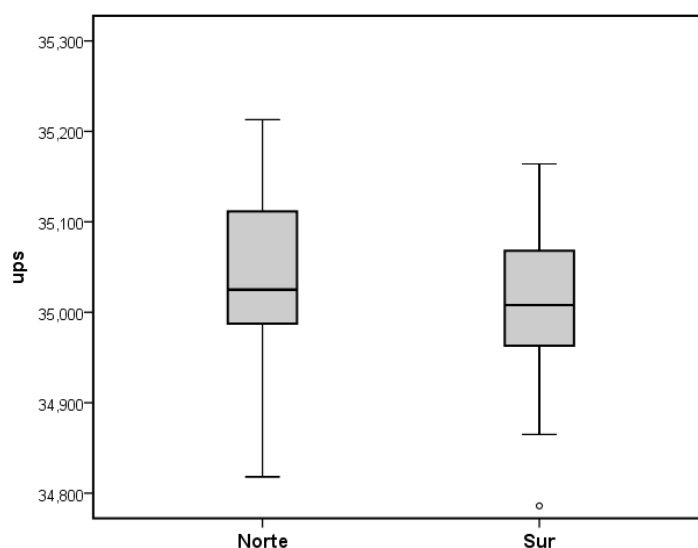
#### 4.6 Agrupación de la Salinidad

En la zona Norte de bahía Independencia la salinidad presentó una mayor variabilidad y concentraciones ligeramente más elevadas respecto a la zona sur (ver Tabla 10 y figura 10).

**Tabla 10.** Estadísticos Descriptivos de la Salinidad en el Nivel Superficial en Bahía Independencia.

Estadístico	Zona Norte	Zona Sur
Media	35,042	35,015
Mediana	35,025	35,008
Mínimo	34,818	34,786
Máximo	35,213	35,164
Desviación estándar	0,07962	0,07191

Elaboración: Propia



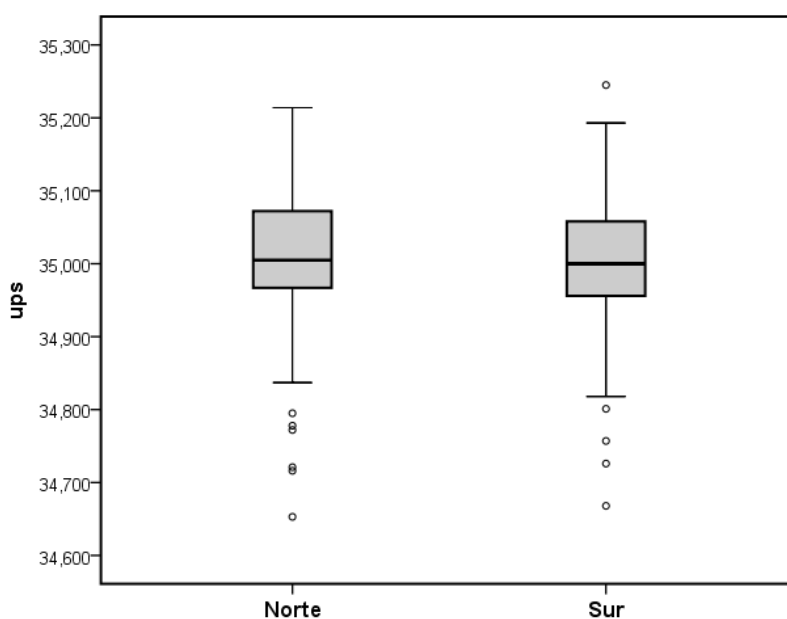
*Figura 10.* Diagrama de Cajas – Salinidad Agrupada en la Superficie del Mar – período 2000-2018.

En las agrupaciones realizadas a los datos de salinidad registradas en el nivel de fondo, tanto en la zona sur y norte de bahía Independencia se apreciaron diferencias mínimas respecto a las estadísticas de dispersión, observándose valores levemente mayores en la zona norte de la bahía (Tabla 11, Figura 11).

**Tabla 11.** Estadísticos Descriptivos de la Salinidad en el Nivel de Fondo en Bahía Independencia.

Estadístico	Zona Norte	Zona Sur
Media	35.011	35.003
Mediana	35.005	35.000
Mínimo	34.653	34.668
Máximo	35.214	35.245
Desviación estándar	0.09888	0.09279

Elaboración: Propia



*Figura 11.* Diagrama de Cajas – Salinidad Agrupada en el Fondo del Mar- período 2000-2018.

#### 4.7 Relación entre el oxígeno disuelto y la temperatura

En la Tabla N° 12, se han categorizado los datos de oxígeno disuelto y temperatura en dos grupos, con valores  $< 4$  mg/L y  $\geq 4$  mg/L para el oxígeno disuelto y  $< 16$  °C y  $\geq 16$  °C, para la temperatura. En la tabla de contingencia se ha encontrado que el 76,9 % de los valores de oxígeno cumplen con el ECA y presentan temperaturas  $< 16$  °C y el 91,7 % de valores de oxígeno cumplen con el ECA agua y presentan temperaturas  $\geq 16$  °C.

**Tabla 12.** *Tabla de Contingencia Oxígeno Disuelto (Agrupado) \* Temperatura (Agrupado)*

Oxígeno (superficie)		Temperatura (superficie)		Total
		< 16 °C	≥ 16 °C	
< 4 mg/L	Recuento	21	17	38
	% dentro de la temperatura categorizada	23.1%	8.3%	12.8%
≥ 4 mg/L	Recuento	70	189	259
	% dentro de la temperatura categorizada	76.9%	91.7%	87.2%
<b>Total</b>	Recuento	91	206	297
	% dentro de la temperatura categorizada	100.0%	100.0%	100.0%

Elaboración: Propia

Para determinar si la asociación entre el oxígeno disuelto y la temperatura en la superficie del mar es significativa, se empleó el estadístico chi cuadrado, el resultado de la prueba fue 12,43 con un grado de significancia asintótica de 0,000, que es menor a 0,05, con lo cual se rechazó la hipótesis nula y se comprobó que hay evidencia estadística de la relación entre los valores de oxígeno disuelto y la temperatura del mar.

**Tabla 13.** *Estadístico Chi Cuadrado de los Parámetros Oxígeno Disuelto y Temperatura en la Superficie del Mar.*

	Valor	Grados de libertad	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	12,432 <sup>a</sup>	1	0.000		
Corrección de continuidad <sup>b</sup>	11.1389	1	0.001		
Razón de verosimilitud	11.491	1	0.001		
Prueba exacta de Fisher				0.001	0.001
Asociación lineal por lineal	12.390	1	0.000		
N de casos válidos	297				

Nota: **a.** 0 casillas (0,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 11,64. **b.** Sólo se ha calculado para una tabla 2x2

#### 4.8 Relación entre el oxígeno disuelto y la salinidad

En la tabla de contingencia entre el oxígeno disuelto y la salinidad se observó que los casos de oxígeno disuelto que cumplieron con el ECA agua coincidieron en 89,7% con valores de salinidad < 35 ups y en 88,5% con valores de salinidad ≥ 35 ups.

**Tabla 14.** Tabla de Contingencia Oxígeno Disuelto (Agrupado) \* Salinidad (Agrupado)

Oxígeno (superficie)		Salinidad < 35 ups	(superficie) ≥ 35 ups	Total
< 4 mg/L	Recuento	8	15	23
	% dentro de la salinidad categorizada	10.3%	11.5%	11.1%
≥ 4 mg/L	Recuento	70	115	185
	% dentro de la salinidad categorizada	89.7%	88.5%	88.9%
Total	Recuento	78	130	208
	% dentro de la salinidad categorizada	100.0%	100.0%	100.0%

Elaboración: Propia

Se usó el estadístico chi cuadrado para verificar si la asociación entre el oxígeno disuelto y la salinidad es significativa, se obtuvo como resultado el valor de 0,081 con un grado de significancia asintótica de 0,775, que es superior a 0,05, por lo que se aceptó la hipótesis nula y se concluyó que no hay evidencia estadística de la relación entre el oxígeno disuelto y la salinidad de agua de mar para el período 2000-2018.

**Tabla 15.** Estadístico Chi Cuadrado entre el Oxígeno Disuelto y la Salinidad en la Superficie del Mar.

	Valor	Grados de libertad	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	0,081 <sup>a</sup>	1	0.775		
Corrección de continuidad <sup>b</sup>	0.003	1	0.954		
Razón de verosimilitud	0.082	1	0.774		
Prueba exacta de Fisher				0.824	0.483
Asociación lineal por lineal	0.081	1	0.776		
N de casos válidos	208				

Nota: a. 0 casillas (0,0%) han esperado un recuento menor que 5.El recuento mínimo esperado es 8,63.

b. Sólo se ha calculado para una tabla 2x2

#### 4.9 Contrastación de hipótesis

Según la prueba de Kolmogorov-Smirnov los valores de oxígeno disuelto presentaron una distribución normal, debido a que el p-valor fue mayor al valor de significancia (Tabla 16).

**Tabla 16.** Prueba de Kolmogórov-Smirnov para la Variable Oxígeno Disuelto en Bahía Independencia.

Variable	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Oxigeno	0,055	165	0,200*	0,986	165	0,091

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Los resultados del estadístico ANOVA de un factor para la variable oxígeno disuelto se presentan en la tabla 17, en donde se observa un p-valor inferior a 0,05 motivo por el cual no se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) de que la variación del oxígeno disuelto sí influye en la calidad de agua en Bahía Independencia, en el Periodo 2000-2018.

**Tabla 17.** Estadístico ANOVA del oxígeno disuelto en la superficie del mar en bahía Independencia durante el período 2000-2018

Oxígeno	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	272,281	12	22,690	13,181	0,000
Dentro de grupos	261,656	152	1,721		
Total	533,937	164			

Elaboración: Propia

## V. DISCUSIÓN

### Objetivo General

En el presente estudio usando el estadístico ANOVA se encontró que el p-valor fue de 0,000, que es inferior a 0,05, con este resultado se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de que la variación de oxígeno disuelto si influye como indicador de calidad de agua en Bahía Independencia para el período estudiado. Se encontró que hay diferencias entre las medias poblacionales de los grupos evaluados y cerca del 50% de estaciones ubicadas en el extremo sur de la bahía (El Queso, Morro Quemado y playa Ventosa) no superaron el valor referencial del ECA Agua para oxígeno disuelto, esta condición está relacionada con el afloramiento costero

(Jacobo, 2018) en su tesis contrastó el desarrollo de la longitud de la valva de *Argopecten Purpuratus* en la bahía de Sechura y en la isla San Lorenzo y encontró que la afectación a la calidad ambiental del medio marino por la

disminución del oxígeno disuelto perjudica el cultivo de este recurso, asimismo (Roca, 2018), en su investigación realizada en la bahía de Paracas concluyó que la calidad del agua en dicha bahía estuvo influenciada por la variación del oxígeno disuelto, por otra parte (Aguirre, y otros, 2019), sostuvieron que la alta variabilidad ambiental en las bahías ubicadas en la costa peruana, están asociadas a condiciones de afloramiento, situación que se observó en la bahía de Paracas donde alternan condiciones normóxicas, hipóxicas y anóxicas.

Los valores bajos de oxígeno disuelto registrados en la presente investigación se debieron principalmente al afloramiento costero que provocó un descenso de los valores de temperatura y oxígeno, que en el caso de esta última variable disminuyó a valores inclusive menores al ECA agua, esto es corroborado por (Troup, Fribance, Libes, Gurka, & Hackett, 2017) y (Ruz, 2017), que mencionan que una de las causas más comunes que generan hipoxia en el medio marino es el afloramiento costero, sin embargo en el desarrollo de su investigación las bajas concentraciones de oxígeno disuelto se debieron a una estratificación térmica. Además (Chu, 2018) menciona que la sobrecarga del recurso en las zonas de cultivo incrementa el ingreso de materia orgánica debido a las excretas generadas, con la consiguiente disminución de los niveles de oxígeno.

Asimismo (Lee, y otros, 2021) hace referencia que las condiciones pobres de oxígeno disuelto se incrementarán debido a la estratificación del agua y la eutrofización, que serán influenciadas por el cambio climático.

## **Objetivos específicos**

Respecto a la relación entre la concentración de oxígeno disuelto y la temperatura en la superficie del mar se encontró que existe una relación directa entre estas dos variables, lo que no concuerda con la teoría sobre la solubilidad de los gases en el agua, que menciona que un incremento de la temperatura disminuirá la solubilidad de los gases (Rodríguez, 2017), esta supuesta contradicción se explica porque la disminución de la temperatura en la superficie del mar se debe al afloramiento costero, tal como lo describió (Graco, y otros, 2019) que explicaron que el ascenso de aguas subsuperficiales, con temperaturas y concentraciones de oxígeno más bajas hacia la capa superior de la columna de agua provoca que disminuyan de manera simultánea tanto la temperatura como el oxígeno disuelto.

En la determinación de la relación entre la salinidad y la concentración de oxígeno disuelto en la superficie marina, se confirmó que no hay evidencia estadística de una relación entre estas dos variables. Este resultado no coincide con lo descrito por (Seymour, Michaels, & Pearl, 2017) que menciona que cuando se incrementa la salinidad de un cuerpo de agua, la solubilidad del oxígeno disuelto disminuye.

Se determinó la relación entre la concentración del oxígeno disuelto en la superficie del mar respecto a su posición latitudinal en bahía Independencia, los valores hallados nos indican que existe una relación intensa entre estas dos variables. Este resultado nos confirma que la concentración del oxígeno disuelto tiene una fuerte relación con la latitud geográfica, por lo tanto, a mayor latitud (hacia el sur) menor será el valor del oxígeno disuelto. También se determinó la relación entre la temperatura del agua de mar respecto a su posición latitudinal en bahía Independencia y se encontró que los valores de la temperatura tienen una relación inversa con la latitud geográfica (tendencia descendente de la temperatura hacia el sur). Estos resultados coinciden con los obtenidos por (Quispe, y otros, 2010), quienes encontraron una distribución espacial de la temperatura con una gradiente latitudinal en la que las temperaturas más



elevadas se ubicaron al norte y las temperaturas más bajas al sur de bahía Independencia.

Estos resultados guardan relación con lo descrito por (Chauca, 2018), que indica que la Corriente Costera Peruana presenta una dirección de sur a norte y transporta aguas de afloramiento, pobres en oxígeno, además afirma que los vientos alisios presentan mayor intensidad frente a bahía Independencia, lo que coincide con lo descrito por el (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, PERÚ, Boletín D 32, 2020), que indica que los vientos alisios son más intensos y constantes entre las localidades de Pisco y San Juan. Estos antecedentes y los resultados obtenidos nos confirman la existencia de un gradiente latitudinal de la concentración de oxígeno disuelto en bahía Independencia asociada a la presencia e intensidad de los vientos.

## **VI. CONCLUSIONES**

De acuerdo a los resultados hallados en esta investigación, se concluye:

- La calidad del agua en bahía Independencia se ve influenciada por la variación de oxígeno disuelto, dado que concentraciones pobres de oxígeno disuelto que no llegan a superar el ECA-Agua pueden representar un riesgo para el ambiente marino y las actividades que en ella se desarrollan.
- En la superficie del mar existe una relación directa entre los valores de oxígeno disuelto y la temperatura, debido principalmente al afloramiento costero, en el que se observa una disminución conjunta tanto del oxígeno disuelto como de la temperatura.
- No existe relación entre el oxígeno disuelto y la salinidad, la escasa variabilidad de los valores de salinidad limitaron que se genere una correlación significativa con el oxígeno disuelto.
- Los valores de oxígeno disuelto en la superficie del mar presentaron una distribución ascendente de sur a norte.

## VII. RECOMENDACIONES

- Los datos oceanográficos del presente estudio provinieron principalmente de las estaciones de verano y otoño, se recomienda una mayor frecuencia en el registro de los datos que incluyen a las estaciones de invierno y primavera, para tener una mejor representatividad de la variabilidad del oxígeno disuelto durante todo el período anual.
- Realizar estudios sobre la influencia de las condiciones de hipoxia sobre los recursos marinos de interés comercial (p.e. concha de abanico) que se encuentran en bahía Independencia.
- Se recomienda realizar estudios en los que se registren parámetros adicionales como: circulación marina, velocidad y dirección del viento, índice de afloramiento y eventos de floraciones algales, que ayuden a una mejor interpretación de las variaciones de las condiciones oceanográficas que se observan en bahía Independencia.
- Potenciar a las entidades públicas y universidades para que cuenten con una mayor capacidad que les permita realizar trabajos de investigación en zonas con potencial para el desarrollo de actividades como la maricultura.
- Realizar estudios para conocer la capacidad de carga de la bahía Independencia con el objetivo de conocer el área cultivable de “concha de abanico” asegurando su sostenibilidad en la bahía.

## REFERENCIAS

- Aguirre, A., Jean, F., Thouzeau, G., & Flye-Sainte-Marie, J. (2018). Feeding behaviour and growth of the Peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*) under daily cyclic hypoxia conditions. *Journal of Sea Research*. doi:doi:10.1016/j.seares.2017.11.001
- Aguirre, A., Thouzeau, G., Jean, F., Mendo, J., Cueto, R., Kawazo, M., . . . Flye, J. (2019). Chronic and severe hypoxic conditions in Paracas Bay, Pisco, Peru: Consequences on scallop growth, reproduction, and survival. *Aquaculture*. doi:https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734259
- Alva, F. (2018). *Variación espacio temporal del fitoplancton tóxico en relación con factores físicoquímicos de la bahía de Samanco (Ancash, Perú), en los años 2011 y 2012*. Tesis, Universidad Nacional del Santa. Obtenido de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3138>
- American Public Health Association. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Washington DC, USA: American Public Health Association. Obtenido de [www.standardmethods.org](http://www.standardmethods.org)
- Ampuero, A. (2018). *Relación del pH y oxígeno disuelto de fondo con la distribución del bentos calcificante de la plataforma centro-norte peruana*. Tesis, Universidad Peruana Cayetana Heredia. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12866/3583>
- Arias, J. (2020). *Proyecto de tesis guía para la elaboración*. Arequipa. Obtenido de [www.agogocursos.com](http://www.agogocursos.com)
- Autoridad Nacional de Agua - R.J. 010-2016-ANA. (16 de 01 de 2016). <https://www.ana.gob.pe>. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/656307/60190132695140460020200426-24009-15lpuxo.pdf>
- Breitburg, D. (2018). Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science*. doi:DOI: 10.1126/science.aam7240
- Carchipulla, V. (2018). *Importancia del oxígeno disuelto para mejorar la calidad de agua en estanques de camarón blanco *Litopenaeus vannamei**. Tesis, Universidad Técnica de Machala, Machala. Obtenido de [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12905/1/DE00006\\_EXAMENCO\\_MPLEXIVO.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12905/1/DE00006_EXAMENCO_MPLEXIVO.pdf)
- Cardich, J. (2019). Multidecadal Changes in Marine Subsurface Oxygenation Off Central Peru During the Last ca. 170 Years. *Frontiers in Marine Science*. doi:doi: 10.3389/fmars.2019.00270
- Cevallos, A., Polo, E., Salgado, D., & Orbea, M. (2017). *Métodos y Técnicas de Investigación*. Guayaquil, Ecuador: Ediciones Grupo Compás. Obtenido de <http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/498/3/metodolog%C3%ADa.pdf>
- Chauca, Z. (2018). *Caracterización de los eventos de aguas blancas frente a Pisco y Chincha (entre los 13°-15° S)*. Tesis, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12866/3751>

- Chu, S. (2018). *Impactos ambientales negativos en el proceso primario del cultivo de concha de abanico *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) en la bahía de Sechura - Piura - Perú*. 2018. Tesis, Universidad Nacional de Piura. Obtenido de <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2249>
- Coffin, M., Courtenay, S., Pater, C., & Heuvel, M. V. (2018). An empirical model using dissolved oxygen as an indicator for eutrophication at a regional scale. *Marine Pollution Bulletin*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.041>
- Cueto, R., Flye, J., Aguirre, A., Jean, F., Gil, P., & Thouzeau, G. (2021). Size-based survival of cultured *Argopecten purpuratus* (L, 1819) under severe hypoxia. *World Aquaculture Society*. doi:<https://doi.org/10.1111/jwas.12777>
- D.S. N° 021-2019-JUS - Aprueban Texto Único Ordenado de la Ley N°27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública. (01 de 12 de 2019). [www.peru.gob.pe](http://www.peru.gob.pe). Obtenido de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/460895/DECRETO\\_SUPREMO\\_N\\_021-2019-JUS\\_.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/460895/DECRETO_SUPREMO_N_021-2019-JUS_.pdf)
- D.S. N°004-2017-MINAM, PERÚ. (07 de 06 de 2017). [www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe). Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- De la Mora, C. D., Flores, J., Flores, H., Rubio, H., Chávez, Á., Ochoa, J., & García, J. (2018). Variaciones espacio-temporales y modelaje de la concentración de oxígeno disuelto en el lago de Chapala, México. *Tecnol. cienc. agua vol.9 no.1 Jiutepec ene./feb. 2018 Epub 24-Nov-2020*. doi:10.24850/j-tyca-2018-01-03
- Eddebbbar, Y., Long, M., Resplandy, L., Rodenbeck, C., Rodgers, K., Manizza, M., & Keeling, R. (2017). Impacts of ENSO on air sea oxygen exchange: observations and mechanisms. *American Geophysical Union*. doi:10.1002/2017GB005630
- Escudero, C., & Cortez, L. (2018). *Técnicas y Métodos Cualitativos para la Investigación Científica*. Machala, Ecuador: Ediciones UTMACH.
- Galindo, O., Quispe, S., Donayre, S., Lorenzo, A., & Rubio, J. (2018). *Evaluación poblacional del recurso concha de abanico en bahía Independencia*. Lima. Obtenido de [http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/descarga\\_informe.php?archivo=67](http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/descarga_informe.php?archivo=67)
- Garro, T., & Prado, J. (11 de 03 de 2017). [www.aquahoy.com](http://www.aquahoy.com). Obtenido de <https://www.aquahoy.com/informe/710-impactos-ambientales-del-cultivo-de-concha-de-abanico-en-la-bahia-de-samanco-peru>
- Graco, M., Anculle, T., Aramayo, V., Bernal, A., Carhuapoma, W., Correa, D., . . . Solís, J. (2019). Análisis de las condiciones oceanográficas y biológicas de afloramiento costero frente a Callao en periodos contrastantes durante el 2018. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 34(2). Obtenido de <https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/279>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación-Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México, México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Instituto del Mar del Perú-IMARPE. (09 de 03 de 2021). <https://www.gob.pe/imarpe>. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/imarpe/noticias/345707-imarpe-reporta-floraciones-algales-nocivas-a-lo-largo-del-litoral-peruano>

- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, PERÚ, Boletín D 32. (2020). doi:1607-5617
- Jacobo, C. (2018). *Análisis comparativo del crecimiento de Argopecten purpuratus (Lamarck, 1819) en las zonas de Sechura (5°S) y Callao (12°S) durante el 2016*. Tesis, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12866/3821>
- Laffoley, D., & Baxter, J. (2019). Ocean deoxygenation: Everyone's problem - Causes, impacts, consequences and solutions. *IUCN, Gland, Switzerland*. doi:<https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.13.en>
- Laurent, A., Fennel, K., Ko, D., & Lehrter, J. (2018). Climate Change Projected to Exacerbate Impacts of Coastal Eutrophication in the Northern Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. doi:<https://doi.org/10.1002/2017JC013583>
- Lee, Y., Park, M., Kim, S.-G., Kim, S.-S., Khang, B., Choi, J., . . . Lee, S. (2021). Major controlling factors affecting spatiotemporal variation in the dissolved oxygen concentration in the eutrophic Masan Bay of Korea. *Regional Studies in Marine Science*. Obtenido de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352485521003005>
- Ley N° 27806 - Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública. (02 de 08 de 2002). *peru.gob.pe*. Obtenido de [https://www.peru.gob.pe/normas/docs/ley\\_27806.pdf](https://www.peru.gob.pe/normas/docs/ley_27806.pdf)
- Limburg, K., Breitburg, D., Swaney, D., & Jacinto, G. (2020). Ocean Deoxygenation: A Primer. *One Earth*, 2(1), p.24-p.29. doi:<https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.01.001>
- Mader, M., Schmidt, C., Geldern, R. v., & Barth, J. (2017). Dissolved oxygen in water and its stable isotope effects: A review. *Chemical Geology*. doi:10.1016/j.chemgeo.2017.10.003
- Martínez, A., Méndez, S., Fabre, A., & Ortega, L. (2017). Intensificación de floraciones de dinoflagelados marinos en Uruguay. *Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay*. doi:DOI: <https://doi.org/10.26461/13.02>
- Maske, H., Sánchez, L., Almeyda, C., Chapa, C., Sosa, R., & Hernández, M. (2019). Zona del Mínimo de Oxígeno en el Pacífico mexicano. *Programa Mexicano del Carbono*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/335310110>
- Pitcher, G. (2021). System controls of coastal and open ocean oxygen depletion. *Progress in Oceanography*. Obtenido de <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0079661121001002>
- Quispe, D., Graco, M., Correa, D., Tam, J., Gutierrez, D., Morón, O., . . . Yamashiro, C. (2010). Variabilidad espacio-temporal de condiciones hidrofísicas en Bahía Independencia, Pisco - Perú, desde 1995 al 2004. *Ecología Aplicada*. doi:DOI: 10.21704/rea.v9i1-2.390 · Source: DOAJ
- R.J. N°030-2016-ANA, PERÚ. (25 de 01 de 2016). <http://www.ana.gob.pe/>. Obtenido de [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j.\\_ndeg\\_30-2015-ana.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._ndeg_30-2015-ana.pdf)
- Roca, E. (2018). *Variación de oxígeno disuelto y su influencia como indicador de calidad de agua en la bahía de Paracas (2013 -2015) - Pisco*. Tesis, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho. Obtenido de

<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/3670/TESIS%20ROCA%20BARRETO%20ELVIS%20JOEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rodríguez, R. (2017). *Fundamentos de Química General: Disoluciones, Propiedades Coligativas y Gases Ideales*. Ecuador: UPSE. Obtenido de [www.upse.edu.ec](http://www.upse.edu.ec)
- Ruz, P. (2017). *Respuestas fisiológicas ontogénicas de copépodos pelágicos bajo condiciones hipóxicas en sistemas de surgencia costera*. Tesis, Universidad de Concepción, Dpto. de Oceanografía, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Obtenido de <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/2704>
- Seymour, A., Michaels, M., & Pearl, T. (2017). Salinity Impacts on Coastal Wastewater Treatment Facilities. Obtenido de <https://digitalcommons.wpi.edu/mqp-all>
- Takahashi, K., Mosquera, K., & Reupo, J. (2014). Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del fenómeno El Niño. *Boletín Técnico*, 1(2). Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12816/4639>
- Troup, M., Fribance, D., Libes, S., Gurka, R., & Hackett, E. (2017). Physical Conditions of Coastal Hypoxia in the Open Embayment of Long Bay, South Carolina: 2006–2014. *Estuaries and Coasts*. doi:DOI 10.1007/s12237-017-0246-x
- Vega, K. (2018). *Efectos de la variabilidad del contenido de oxígeno disuelto sobre la estructura y función de las comunidades del macrobentos sibilitoral frente a Callao (12°S) y Mejillones (23°S)*. Tesis, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12866/1532>
- Villacres, K., & Villamar, J. (2017). *Evaluación ambiental a partir de parámetros físico-químicos y microbiológicos de la calidad de agua de mar en playas de Chipipe, Canton Salinas provincia de Santa Elena*. Tesis, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20154>
- Yáñez, T. (2018). *Mortalidad y degradación bacteriana de copépodos pelágicos asociadas a las Zonas de Mínimo de Oxígeno*. Tesis, Universidad de Concepción, Concepción. Obtenido de <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/315>
- Zhang, X., Zhang, Y., Zhang, Q., Liu, P., Guo, R., Jin, S., . . . Liu, Y. (2020). Evaluation and Analysis of Water Quality of Marine Aquaculture Area. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. doi:10.3390/ijerph17041446

# **ANEXOS**

## Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente Variación del oxígeno disuelto	El oxígeno es importante porque cumple una función primordial en las actividades metabólicas y la salud ecológica de los ecosistemas (Mader, Schmidt, Geldern, & Barth, 2017). El incremento de zonas con poco oxígeno tiene un impacto directo en la abundancia, diversidad y distribución de macroorganismos y la composición de la comunidad microbiana (Eddebbbar, y otros, 2017).	La concentración de oxígeno en el agua está influenciada por la temperatura, cuando la temperatura se incrementa la solubilidad del oxígeno disminuye (Rodríguez, 2018). El incremento de la salinidad en el medio marino sobre todo en estuarios disminuye la solubilidad del oxígeno (Seymour, Michaels, & Pearl, 2017). La concentración de oxígeno disuelto varía con la latitud geográfica.	Concentración	Oxígeno disuelto	- Oxígeno mg/L.
			Grado de calor	Temperatura	-Temperatura °C
			Concentración	Salinidad	- Salinidad ups
			Distribución espacial	Latitud Geográfica	- Coordenadas Geográficas
Variable Dependiente Calidad del agua	La calidad del agua es el nivel, detalle y característica de los parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua y se refiere a la aptitud del mismo para un uso en particular (Villacres & Villamar, 2017).	Para medir la calidad ambiental del agua respecto al oxígeno disuelto, el MINAM ha establecido Estándares de Calidad Ambiental (ECA), que determinan los niveles de concentración de elementos o sustancias presentes en el ecosistema que no representan riesgos para la salud y el ambiente	Estándar de Calidad Ambiental para agua (ECA-Agua)	ECA-Agua, Categoría 4 (Conservación del ambiente acuático), Subcategoría E3 (Ecosistemas costeros y marinos)	Cumple con el ECA  No cumple con el ECA



**Anexo 2: Matriz de Consistencia**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLE</b>
<b>Problema General:</b>	<b>Objetivo General:</b>	<b>Hipótesis General:</b>	<b>Variable Independiente:</b>
¿La variación de oxígeno disuelto influye como indicador de calidad de agua de mar en bahía Independencia-Pisco durante el período 2000-2018?	Determinar la variación de oxígeno disuelto y su influencia como indicador de calidad de agua en Bahía Independencia, Pisco, en el Periodo 2000-2018.	La variación del oxígeno disuelto influye en la calidad de agua en bahía Independencia-Pisco, en el período 2000-2018	Variación del oxígeno disuelto.
<b>Problemas Específicos:</b>	<b>Objetivos Específicos:</b>	<b>Hipótesis Específicas:</b>	<b>Variable Dependiente:</b>
¿Cuál es la relación existente entre el oxígeno disuelto y la temperatura del agua de mar en bahía Independencia-Pisco durante el período 2000-2018?,	Determinar la relación existente entre el oxígeno disuelto y la temperatura del agua de mar en la Bahía Independencia, Pisco en el período 2000-2018.	La temperatura influye en la concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar de Bahía Independencia, Pisco en el Periodo 2000-2018.	Calidad del agua en bahía Independencia.
¿Cuál es la relación existente entre el oxígeno disuelto y la salinidad del agua de mar en bahía Independencia-Pisco durante el período 2000-2018?	Determinar la relación existente entre el oxígeno disuelto y la Salinidad del Agua de mar en la Bahía Independencia, Pisco en el periodo 2000-2018.	La salinidad influye en la concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar de Bahía Independencia, Pisco en el Periodo 2000-2018.	
¿Cuál es la relación de la distribución del oxígeno disuelto respecto a su posición latitudinal?	Determinar la relación existente entre la concentración de oxígeno disuelto y su posición latitudinal en la Bahía Independencia, Pisco en el periodo 2000-2018.	La posición latitudinal influye en la concentración de oxígeno disuelto en la Bahía Independencia, Pisco en el Periodo 2000-2018.	

### Anexo 3: Solicitud de acceso a la información pública



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"  
"Año de la Universalización de la Salud"

**OFICIO N° 0013-2020-IMARPE/PE-LC PISCO**

Callao, 9 de noviembre del 2020

Señor  
**Luis Antonio Rocca Mendoza**  
Presente

Asunto: Solicitud de Acceso a la Información Pública

Referencia: Ley N° 27806.- Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública y Decreto Supremo N° 021-2019-JUS, TUO de la Ley N° 27806

Me dirijo a usted, en atención a su solicitud de acceso a la información pública, en el que solicita "información de las evaluaciones oceanográficas en la Bahía Independencia del año 2000 al 2018 con la finalidad de realizar tesis", para manifestarle que el Laboratorio Costero de Pisco no tiene un programa de evaluaciones oceanográficas en la Bahía Independencia (Ica). En el período solicitado, hay disponibilidad de información oceanográfica puntual (Temperatura, oxígeno disuelto y salinidad), colectada durante las evaluaciones de recursos bentónicos, la que pongo a su disposición en el anexo (16 tablas).

Atentamente;

**Edg. Edward Barriga Rivera**  
Laboratorio Costero de Pisco  
Coordinador

Anexo: 16 hojas conteniendo información oceanográfica

EBR/rsp

**EL PERÚ PRIMERO**

#### Anexo 4: Tomas fotográficas



Colecta de muestras de agua del nivel subsuperficial



Determinación de oxígeno disuelto por el método de Winkler



Determinación de salinidad usando el salinómetro Guildline-Portasal 8410A



Extracción de concha de abanico en bahía Independencia





Mortandad de especies hidrobiológicas en la bahía de Paracas por falta de oxígeno (04 de marzo del 2021).



Varazón de especies hidrobiológicas en la bahía de Paracas por falta de oxígeno (05 de marzo del 2021).



Floración algal nociva (“marea roja”) en la bahía de Paracas, 04 de marzo del 2021



### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, Rocca Mendoza Luis Antonio, egresado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulado: " Variación del oxígeno disuelto y su influencia como indicador de Calidad del Agua en Bahía Independencia – Pisco, 2000-2018", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 16 de Enero de 2022

<b>Apellidos y Nombres del Autor</b>	<b>Firma</b>
Rocca Mendoza, Luis Antonio <b>DNI:</b> 44691395 <b>ORCID:</b> 0000-0002-4335-6360	