



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Química

**Modelo de análisis predictivo para estimar la concentración de
nitratos en la superficie del agua de mar, Huacho**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico

Autoras

Christy Estheysy Jiménez Ocaña

Mayumi Lerli Acosta Crisolo

Asesor

Dr. Edgardo Octavio Carreño Cisneros

Huacho – Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica Escuela Profesional de Ingeniería Química

INFORMACIÓN

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Acosta Crisolo, Mayumi Lerli	47624005	17/08/2022
Jiménez Ocaña, Christy Estheysy	72021526	17/08/2022
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Carreño Cisneros, Edgardo Octavio	03631561	0000-0001-7063-7072
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Sánchez Guzmán, Alberto Irhaam	15758117	0000-0003-1575-8466
Coca Ramírez, Víctor Raúl	15601160	0000-0002-2287-7060
Ipanaque Roña, Juan Manuel	32952515	0000-0003-2695-9802

Tesis Modelo predictivo

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

1library.co

Fuente de Internet

3%

2

repositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

library.cmu.ac.th

Fuente de Internet

1%

4

K.M. Biagi, C.A. Ross, C.J. Oswald, R.J. Sorichetti, J.L. Thomas, C.C. Wellen. "Novel predictors related to hysteresis and baseflow improve predictions of watershed nutrient loads: An example from Ontario's lower Great Lakes basin", Science of The Total Environment, 2022

Publicación

1%

5

repositorio.uptc.edu.co

Fuente de Internet

1%

6

www.scielo.sa.cr

Fuente de Internet

1%

7

ri.uaemex.mx

Fuente de Internet

Título de la tesis

**MODELO DE ANÁLISIS PREDICTIVO PARA ESTIMAR LA
CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN LA SUPERFICIE DEL
AGUA DE MAR, HUACHO**

Dr. Edgardo Octavio Carreño Cisneros

Asesor

Miembros del jurado

Presidente

Secretario

Vocal

Dedicatoria

A mi padre y madre y a toda mi familia, por guiarme y la paciencia en conducirme por el bienestar.

Christy Estheysy

Dedicatoria

A mis seres queridos, por la vida el amor incondicional. A mis hermanos por todas las alegrías que han enriquecido mi alma.

Mayumi Lerli

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por la fortaleza espiritual y a nuestros docentes por la formación académica, en especial a mi asesor por su paciencia y orientación en el desarrollo de la tesis.

Cristy Estheysy

Mayumi Lerli

ÍNDICE

Título de la tesis	ii
Miembros del jurado	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	vi
Indice	vii
INDICE DE TABLAS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 Descripción de la realidad problemática	13
1.2 Formulación del problema	14
1.2.1 Problema general	14
1.2.2 Problemas específicos Seleccionar la materia prima más idónea	14
1.3 Objetivos de la investigación	14
1.3.1 Objetivo general.....	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4 Justificación de la investigación	14

1.5 Delimitación del estudio	15
1.6 Viabilidad de estudio	15
CAPÍTULO II.....	16
MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Antecedentes	16
2.1.1 Internacionales	16
2.1.2 Nacionales.....	19
2.2 Bases teóricas.....	20
2.3 Definiciones conceptuales.	23
2.4 Formulación de la hipótesis	24
2.4.1. Hipótesis general.....	24
2.4.2. Hipótesis específicas.....	24
CAPÍTULO III.....	25
<i>METODOLOGÍA</i>	25
3.1 Diseño metodológico	25
3.1.1. Tipo de investigación.....	25
3.1.2. Nivel de investigación.....	25
3.1.3. Enfoque.....	25
3.2. Población y muestra.....	25
3.3. Operacionalización de variables e indicadores.....	25

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
3.5. Técnicas para el procesamiento de la información	26
CAPÍTULO IV	27
RESULTADOS.....	27
4.1 Análisis de los resultados.....	27
CAPÍTULO V.....	32
DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
5.1 Discusión de resultados.....	32
5.2 Conclusiones	33
5.3 Recomendaciones	33
CAPÍTULO VI.....	34
FUENTES DE INFORMACIÓN	34
6.1. Fuentes bibliográficas	34
6.2 Fuentes hemerográficas	34
6.3 Fuentes documentales	36
6.4 Fuentes electrónicas	37
ANEXO 01: Matriz de consistencia	39

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados de nitratos en la superficie de mar, frente a Huacho, 2012- 2020	33
---	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo global del nitrógeno.	21
Figura 2. Histograma de la variable nitratos.	28
Figura 3. Diagrama de tallos y hojas de nitratos en la superficie de agua de mar frente a Huacho, 2012-2020	29
Figura 4. Serie de tiempo de nitratos	30
Figura 5. Autocorrelación diferenciada.	31

RESUMEN

Con el estudio se ha logrado desarrollar un modelo que permita predecir concentraciones de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho. La población del estudio incluye a todos los valores de nitratos del agua superficial del mar frente al puerto de Huacho, del año 2008 a 2020. El marco muestral está constituido por información estadística procedente del anuario según INEI 2020. El estudio se realizó mediante un modelo predictivo de series de tiempo usando los softwares estadísticos SPSS v. 27 y Stata v. 16. Los resultados estadísticos reportan que la media es de 9.31mg/L con valores de distribución de 5.23 mg/L. IC95%(8.38:10.24), valores próximos a los máximos establecidos por ECA (10 mg/L). Los valores reportaron asimetría positiva. Se llegó a la conclusión que mediante gráficas y modelos predictivos es posible establecer posibles concentraciones de nitratos en aguas superficial del mar frente al Puerto de Huacho.

Palabras Clave: Predecir, Nitratos, Contaminación

ABSTRACT

With the study, it has been possible to develop a model that allows predicting concentrations of nitrates in the surface of Huacho seawater. The study population includes all the nitrate values of the surface water of the sea in front of the port of Huacho, from the year 2008 to 2020. The sample frame is made up of statistical information from the yearbook according to INEI 2020. The study was carried out using a model prediction of time series using the statistical software SPSS v. 27 and Stata v. 16. The statistical results report that the mean is 9.31mg/L with distribution values of 5.23mg/L. CI95%(8.38:10.24), values close to the maximum established by RCT (10 mg/L). The values reported positive asymmetry. It was concluded that through graphs and predictive models it is possible to establish possible concentrations of nitrates in surface waters of the sea in front of the Port of Huacho.

Keywords: Predict, Nitrates, Pollution

INTRODUCCIÓN

Los cambios en los estilos de vida y los procesos de industrialización, han venido alterando los ecosistemas, en ese sentido las aguas del mar se ven alteradas en su composición por la deposición final de aguas; alterando significativamente estas; entre las composiciones de los vertidos se encuentran nutrientes de nitratos, sulfatos y silicatos. Estos aspectos vienen alterando las composiciones de nitratos por la proliferación de microorganismos. La concentración de nitratos es un indicador considerable en la evaluación de la calidad del agua y ha determinado ser un parámetro de suma importancia al momento de clasificarla; pues multiplican el crecimiento de vegetales agotando el oxígeno en las aguas superficiales (Calvo-Brenes y Mora-Molina, 2010).

Es así que la vulneración de este ecosistema en la playa de Huacho, se ve alterado por la presencia de nitratos, detectándose datos que vienen superando los estándares mínimos (10 mg/L) para aguas recreacionales establecidos los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua superficiales para recreación.

El estudio se hace importante porque permitirá monitorear los nutrientes en ambientes marinos a fin de en un futuro establecer estrategia para mejorar estas aguas con fines recreacionales a fin de que cumplan una calidad ecológica, se ha imprescindible conocer el comportamiento en el tiempo de dichos parámetros de nitratos mediante un estudio predictivo

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática.

El crecimiento exponencial de la población y el incremento de la industria, han originado que la demanda de agua se incremente día a día, y por ende se ha requerido de espacios donde verter estas una vez usadas, sumado este aspecto con la fertilización excesiva han conllevado un desequilibrio en el ciclo del nitrógeno. Esto ha conllevado que como receptor final de los desechos se use el mar, originando un desequilibrio atmosférico o biológico; así el nitrógeno en sus distintas formas (ion nitrato, óxidos, amoníaco, etc.) se depositan en las cuencas y océanos sin un bioprocesamiento. las descargar de aguas traen consigo materia orgánica y sustancias químicas como nitratos, estas sustancias aumentan las afecciones toxicológicas en las personas, la muerte de sistemas acuáticos, poniendo en riesgo la salud y vida por el crecimiento anormal de microorganismos y plantas acuáticas que bloquean el ingreso de la luz, la radiación, consumiendo el oxígeno disuelto. (Hernández y Mora, 2022).

Es necesario indicar que las zonas marinas y costeras, han sido consideradas como espacios muy fáciles de deteriorarse dado que son las más propensas a la explotación debido a sus numerosos atractivos, como los turísticos y cuenta con gran cantidad de recursos hidrobiológicos (PNUD, 1996). Así mismos estas contribuyen en las actividades económicas de un país, o localidad, al ser usados como espacios turísticos. El mar juega un rol importante en la vida acuática y en el ciclo de vida, transporte, etc. La calidad del agua se ve deteriorada de los efluentes agrícolas rurales, urbanos e industriales que se depositan en las bahías del norte

chico, deteriorando el equilibrio de flora y fauna marina, (Instituto del Mar del Perú-IMARPE, 2020).

Por ello, es necesario mantenerlas limpias o protegidas de contaminantes, tal como lo manifiesta Wu y Wang (2008) citado por, Pérez (2010), se deben realizar monitoreos continuos de las condiciones marinas.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿De qué manera se puede predecir concentraciones de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho?

1.2.2 Problemas específicos Seleccionar la materia prima más idónea

¿De qué manera el análisis descriptivo explica el comportamiento de los datos de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho?

¿De qué manera estimar el comportamiento del modelo predictivo de concentraciones de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho?

1.3 Objetivos de la investigación.

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un modelo que permita predecir concentraciones de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho.

1.3.2 Objetivos específicos

Explicar de manera descriptiva el comportamiento de los datos de nitratos en la playa de Huacho.

Estimar el comportamiento del modelo predictivo de concentraciones de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho.

1.4 Justificación de la investigación

El presente estudio se realiza ante la necesidad de conocer los nutrientes existentes en la superficie del mar como son los nitratos, para lo cual se hace necesario contar con un modelo predictivo que garantice proyecciones a priori de posibles parámetros de nitratos en el tiempo. En consideración de que los ecosistemas costeros marinos se ven amenazados por el incremento de nitratos, de esta manera con el modelo se pretende evaluar el comportamiento en el tiempo de los nitratos a fin de analizar, la situación y encontrar estrategias que permitan paliar el incremento de este compuesto. Con ello se pretende cuidar el medio ambiente marino para que la población en base a los estándares de calidad ambiental gocen de dichos espacios; además evitar el deterioro de la fauna y otras especies marinas que se verían amenazadas por los contaminantes en mención.

1.5 Delimitación del estudio

Delimitación espacial

El estudio realizado en base a los anuarios ambientales del INEI, durante el periodo 2008-2020.

Delimitación social

La investigación abarca parte de la contaminación ambiental

1.6 Viabilidad de estudio

El estudio es viable se cuenta con una base de datos del anuario de estadísticas ambientales del INEI, alojados en su plataforma virtual.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacionales

Jaramillo, Durán, Esteban y Díaz (2021). En su artículo “*Regresión lineal múltiple como herramienta complementaria del ICAM para análisis predictivo de la calidad hídrica en la zona nerítica superficial de San Andrés Isla, Colombia*”. Su objetivo fue proponer una alternativa estadística de Indicadores de la Calidad de Agua Marina y Estuarina, este método complementario facilita la elaboración de diversos escenarios para el diagnóstico de la calidad del agua. El modelo predictivo reporta algunos parámetros fisicoquímicos entre los que se encuentran los nitritos y nitratos, etc. atendiendo a reportes de aguas marinas y costeras según su utilidad. A partir del estudio donde se realizó evaluaciones de las series de tiempo en los parámetros fisicoquímicos según base de datos y obtenidos durante los años 1998 al años 2014 lográndose obtener un diagnóstico de la calidad del agua para isla de San Andrés.

Gómez Dávila, A. (2022). *Propuesta metodológica para la estimación y análisis del impacto de escenarios de cambio climático en la calidad del agua de ríos tropicales de montaña. Caso de estudio: Río Bogotá - Colombia*. Universidad de los Andes. El objetivo fue Proponer una metodología que permita estimar el impacto de los escenarios de cambio climático en la calidad del agua de ríos de montaña colombianos, con aplicación particular al caso de estudio de la cuenca alta del río Bogotá. Estos resultados evidencian la necesidad de evaluar, para escenarios de cambio climático, la calidad y disponibilidad del agua con el objetivo de formular nuevos protocolos en los análisis de la calidad del agua, estándares y normativas ambientales. Este estudio corroboró que la precisión de la simulación RCM es mucho mejor para la temperatura

que para la precipitación debido a que los modelos no tuvieron una buena representación de los fenómenos de variabilidad climática interanual.

Hernández-Alpízar & Mora-Molina (2022). *Nitrates Evaluation in the National Terraba-Sierpe Wetland*. Esta investigación tuvo como objetivo la descripción de las concentraciones de nitratos en relación con las diversas actividades antrópicas que rodean el río Sierpe a la altura del Humedal Nacional Terraba-Sierpe. Este humedal se encuentra rodeado de intensos espacios agrícolas. En 2018 se realizaron monitoreos mensuales de pH, nitratos y oxígeno disuelto. SE logró un promedio de 5 mg NO₃⁻/ L en períodos de ausencia de actividades agrícolas y se identificaron picos de hasta 20 mg NO₃⁻/ L posteriores a las actividades de abono. Luego de la fertilización, se ha observado un crecimiento plantas acuáticas y deterioro en la reproducción del manglar. Se observan altas concentraciones de nitratos cuando desciende el río.

Fennel y Testa (2018). En su artículo “*Biogeochemical Controls on Coastal Hypoxia*”, Controles biogeoquímicos de la hipoxia costera. Esta revisión tiene como objetivo dilucidar aspectos importantes que subyacen al agotamiento de oxígeno en diversos sistemas costeros y proporciona una síntesis de las relaciones generales entre la hipoxia y sus factores de control. Después de presentar una descripción general de los procesos de primer orden, revisamos las características específicas del sistema para estuarios seleccionados donde los asentamientos humanos adyacentes contribuyen a altas cargas de nutrientes, plataformas dominadas por ríos que reciben grandes aportes de agua dulce y nutrientes antropogénicos, y regiones de afloramiento donde un suministro de aguas con nutrientes y baja concentración de oxígeno genera zonas mínimas de oxígeno sin influencia antropogénica directa. Proponemos un número adimensional que relaciona la escala de tiempo de hipoxia y el tiempo de residencia del agua para guiar la comparación entre sistemas. Nuestro análisis revela los principios básicos que

subyacen a la generación de hipoxia en los sistemas costeros y proporciona un marco para discutir cambios futuros.

Biagi, Ross, Oswald, Sorichetti, Thomas y Wellen (2022). En su artículo “*Novel predictors related to hysteresis and baseflow improve predictions of watershed nutrient loads: An example from Ontario's lower Great Lakes basin*” *Los predictores novedosos relacionados con la histéresis y el flujo base mejoran las predicciones de las cargas de nutrientes de la cuenca: un ejemplo de la cuenca baja de los Grandes Lagos de Ontario*. Objetivo, 1) usar GAM para predecir las cargas de nutrientes utilizando predictores comunes y novedosos y 2) cuantificar y examinar la variabilidad en las cargas de nutrientes estacionales y anuales. Se utilizaron cinco años (2015-2020) de datos de cantidad y calidad del agua de 11 cuencas hidrográficas agrícolas en el sur de Ontario para desarrollar GAM para predecir las cargas totales de fósforo (TP) y nitrato (NO₃⁻). Junto con los predictores de modelos sustitutos de rutina (es decir, caudal, turbidez y estacionalidad), la adición de la proporción de caudal base y la posición hidrográfica de las observaciones de caudal mejoró el rendimiento del modelo. Por el contrario, incluir el índice de precipitación antecedente afectó mínimamente el rendimiento del modelo, independientemente del componente. Los patrones estacionales y anuales en las predicciones de carga de TP y NO₃ reflejaron el régimen hidrológico. Este estudio mostró que los GAM parsimoniosos que presentan nuevos predictores de modelos se pueden usar para predecir las cargas de nutrientes y, al mismo tiempo, tener en cuenta la partición de las rutas de flujo superficiales y subterráneas y la histéresis entre los flúidos y las diversas características de calidad del agua observada con frecuencia en una amplia gama de entornos.

2.1.2 Nacionales

Apaéstegui (2021). “En su estudio “*Calidad del agua de mar en el área circundante al Desembarcadero Pesquero Artesanal de Chimbote en el 2019*”. La investigación pretende la evaluación de la calidad del agua de mar en cercanías del Desembarcadero Pesquero Artesanal (DPA) de Chimbote. Los puntos de muestreo se realizaron en consideración al Protocolo para el Monitoreo de Efluentes y Cuerpo Hídrico Receptor (Ministerio de la Producción, 2013).. Los resultados se compararon con el ECA establecido por D.S. N° 0004-2017-MINAM. Se reporto incremento de parámetros físicos químicos en época de pesca y disminución en temporadas de veda. Se concluye que la calidad de agua de mar en el área circundante al desembarcadero Pesquero Artesanal de Chimbote no cumple con los límites establecidos por el ECA Categoría 4, sub categoría E3 por la contaminación en el área de estudio que conduce al estrés entre comunidades.

Aquino y Maguiña (2018), en su estudio “*Evaluación de la contaminación marina de la Bahía de Coishco 2015-2016*”. La investigación pretende obtener un conocimiento sobre la contaminación marina como consecuencia de los efluentes industriales en la bahía de Coishco, en épocas de pesca y veda. Los reportes físico-químicos en épocas de pesca indicaron valores elevados de sólidos suspendidos totales, materia orgánica total, nutrientes (fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos) y demanda bioquímica de oxígeno; en cambio el oxígeno disuelto disminuyó, los demás los valores no mostraron variación. Se concluye que en los reportes de contaminación en la Bahía de Coishco considerando los efluentes domésticos y los de regadío han generado perturbación constate en el ecosistema de la bahía afectando diversas especies.

Bances, S. (2021). En su estudio “*Evaluación ambiental en la zona marino costera de Lambayeque (junio 2017)*”. Realizó una investigación que consistía en la evaluación de la calidad ambiental de las aguas. El rango de temperaturas fue de 17,6 a 24,1 °C. El oxígeno disuelto varió entre 2,20 y 9,73 mg/L. El potencial de Hidrógeno fluctuó entre 7,77 a 8,30. Los nutrientes entre los que se consideraron los nitratos, registraron un incremento en comparación con los del periodo de mayo-junio 2016. El cobre en sedimento varió considerablemente de <0,030 a 6,91 µg/g, en cambio con el zinc se reportó una variación de 19,59 a 38,4 µg/g, y el plomo de 2,50 a 5,41 µg/g.

Villegas, Sánchez, Paredes, Polar, Purca, Orozco & Guzmán. (2020). “*Análisis de presión-estado impacto (PSI) de la zona marino costera de Samanco*”. En el estudio entre las que se consideraron las bahías de Samanco, Carquín, Végueta y Huacho, se empleó un muestreo aleatorio, para plantear una evaluación ambiental con la metodología DPSIR, en la evaluación de las bahías lo que permitió obtener parámetros de presión a través del análisis calidad ambiental y del impacto de las actividades humanas.

2.2 Bases teóricas

El Nitrógeno, elemento químico de abundancia en la tierra, su estructura es diatómica, se le encuentra en estado gaseoso y constituye un componente fundamental (78%) en la estructura de los seres vivos. (Pacheco, 2002, pp.74-76).

El ciclo general del nitrógeno (figura 1) considera las reservas biogeoquímicas de la Tierra entre las que se encuentran: océanos, lagos, ríos, aguas subterráneas, biosfera, atmosfera y geosfera (Holland y Weitz, 2003, pp.443-445; Cerón y Gutiérrez, 2012, pp.286-288), citado por Amay y Torres (2022). Siendo la fuente de nitrógeno: fijación biológica (realizada por plantas y microorganismos, ejemplos fertilizantes,

combustión de combustibles), degradación (por reserva de nitrógeno en materia orgánica, 98%), deposición atmosférica (aporte de nitrógeno por precipitaciones – deposición húmeda-, y la eliminación de gases por deposición de hojas, suelos y aguas que contienen nitrógeno, (Cerón y Gutiérrez, 2012, pp.286-288) y el aporte de las rocas, Whitford y Duval (2002).

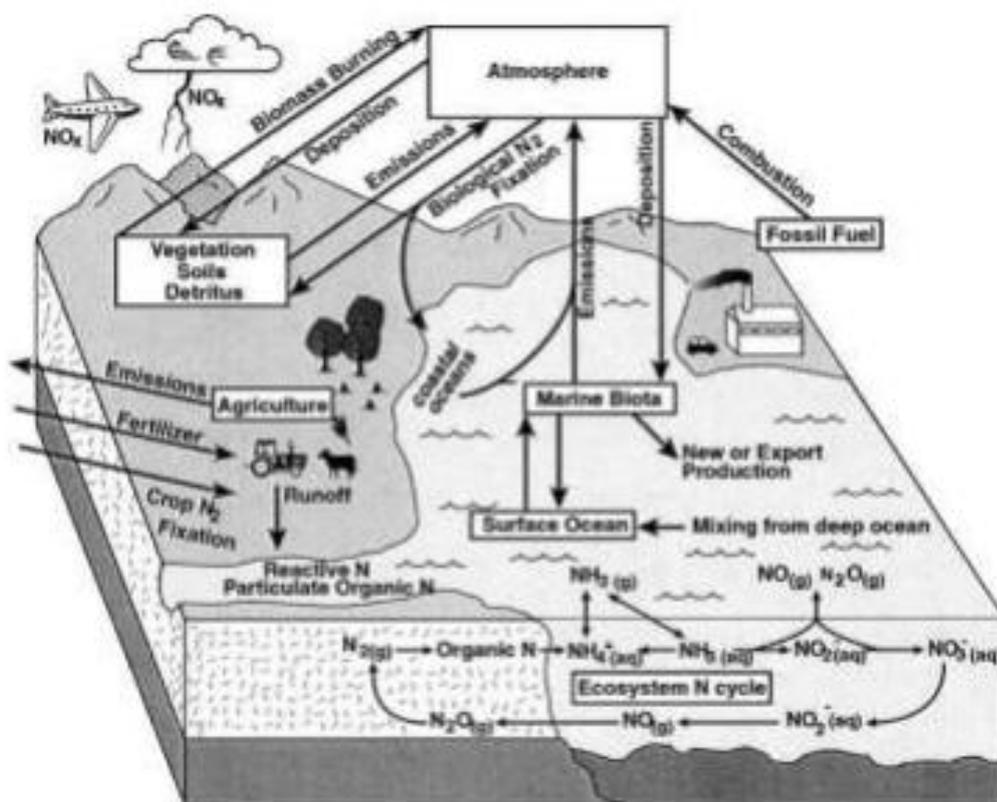


Figura 1. Ciclo global del nitrógeno

Nota: La Figura muestra las transformaciones químicas del ciclo del nitrógeno. Tomado de Nitrogen Cycle Biological (p.444), por Holland y Weitz (2003), citado por Amay y Torres (2022).

El ciclo del nitrógeno se ve actualmente alterado; los océanos se desnitrifican a un ritmo mayor y magnitud que las áreas terrestres; a pesar de la eficiencia depende del suministro de oxígeno. En ese sentido las zonas acuáticas que presentan condiciones de

bajo nivel de oxígeno se han catalogado como zonas hipóxicas, subpóxicas o anóxicas; por estar establecidas en espacios o lugares de mínimo de oxígeno; o mal llamado “zonas muertas”. Fennel y Testa (2018)

La presencia de nitritos en agua originadas muchas veces por la presencia de bacterias aeróbicas es considerada como un índice de contaminación o de inestabilidad de los sistemas. En ese sentido las bacterias en concisiones anaeróbicas reducen los nitritos y nitratos a amonio (desnitrificación), algunos gases originados se escapan a la atmósfera en forma de nitrógeno.

En cuanto al ciclo oceánico del nitrógeno, existen aproximadamente $22 \cdot 10^{12}$ toneladas de nitrógeno, pese a su baja solubilidad de este gas, cantidad a tener en cuenta la cantidad que contribuye los microorganismos marinos.

Tal como lo manifiesta Anderson y Burkholder (2002); muchos contaminantes que ingresan al mar se deben a relaves de la corteza producto de las lluvias, la misma que viene arrastrando materia orgánica por descomposición bacteriana; esto puede originar una eutrotificación, disminuyendo el oxígeno en aguas y originando ruptura de proteínas y ciertos compuestos nitrogenados, liberando compuestos tóxicos Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

Predicción.

Es un Factor pronóstico en una medida realizada en diferentes condiciones como factores ecológicos, estos juegan un rol fundamental como ayuda para realizar modelos.

Modelos pronósticos. Es considerado como un modelo predictivo o de predicción, que se asocian en un foco final. (Ruíz, 2016).

Rojas (2015), define modelo predictivo como: “entrenar modelos que se supervisa se dirige a algo para detectar algo o predecir. En ese sentido, Mondragón

(2012) manifiesta que: “son parte fundamental de la minería de datos y por ello siempre es necesario revisar su desempeño y poder de predicción para ser mejorados o inclusive cambiados en sus parámetros ya que los patrones de comportamiento pueden variar según la época o momento en el que fueron desarrollados”.

Los modelos predictivos se elaboran mediante el uso de patrones obtenidos de las mediciones de la data histórica, siendo luego validado para adecuarlo a otra realidad (Guazzelli, 2012). Actualmente los modelos predictivos vienen extendiendo sus usos con herramientas que ayudan a los programas a tomar decisiones mediante los datos y al empleo de experiencias (Figuroa, 2017); conociéndose como machine learning, (Briega, 2015); por lo generalmente apoyan de regresión lineal. La regresión lineal simple consiste en la relación entre variables, variable dependiente con independiente a consecuencia de un conjunto de datos en dispersión, (Pauly 1983).

2.3 Definiciones conceptuales.

Nitratos: Altas concentraciones de nitratos (NO_3^-) pueden formar compuestos como: nitrosaminas y nitrosamidas, cuya acción pueden originar efectos cancerígenos (Ayora y Mayagüez 2017) citado por Rosillo y Domitila (2021).

Aguas superficiales destinadas para recreación. Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. (ECA, 2017).

Contaminación de agua. Adición de sustancias a un cuerpo de agua que deteriora su calidad, de forma tal que deja de ser apto para el uso que fue designado (Idrugo, 2015).

2.4 Formulación de la hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El desarrollo de un modelo predictivo permite predecir concentraciones de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Es posible explicar de manera descriptiva el comportamiento de los datos de nitratos en la playa de Huacho.
- La estimación del comportamiento del modelo predictivo de concentraciones de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1. Tipo de investigación.

El método de investigación que se utilizó es de carácter cuantitativo el cual está basado en la recolección de información a través la base de datos del anuario ambiental del INEI 2020.

3.1.2. Nivel de investigación

La investigación tiene un nivel explicativo

3.1.3. Enfoque.

Cuantitativo y cualitativo

3.2. Población y muestra.

El presente estudio incluye a todos los valores de nitratos del agua superficial del mar frente al puerto de Huacho, del año 2008 a 2020. El marco muestral está constituido por información estadística procedente del anuario según INEI 2020.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas aplicadas en el presente estudio han sido:

a) Técnicas de recopilación de información.

Como técnica de recolección de datos se utilizó como fuente de datos secundaria, el Anuario de Estadísticas Ambientales-Perú del año 2020, que contiene la información recolectada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) del Perú, La información fue el promedio mensual de nitratos en la superficie del agua de mar, frente a Huacho, 2008-2020.

3.4. Técnicas para el procesamiento de la información

El diseño del proceso se ha tenido en cuenta los estudios realizados al respecto y a los diferentes modelos ya establecidos. "por lo que se ha realizado un análisis de cada proceso diseñado.

Los datos se analizaron utilizando el programa SPSS 27.0 empleando la explorar. Además, se empleó el software STATA 16.0 para el cálculo de ajuste de curvas de predicción. El análisis univariado se realizó a partir del cálculo de frecuencias y porcentajes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Análisis de los resultados

Tabla 1.

Resultados de nitratos en la superficie de agua de mar, frente a Huacho, 2012-2020

		Estadístico	Error estándar	
Nitratos	Media	9,31	,469	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	8,38	
		Límite superior	10,24	
	Media recortada al 5%	8,88		
	Mediana	8,16		
	Varianza	27,37		
	Desviación estándar	5,23		
	Mínimo	1,10		
	Máximo	32,55		
	Rango	31,45		
	Rango intercuartil	5,80		
	Coefficiente de variación	0,56		
	Asimetría	1,46	,217	
	Curtosis	3,32	,431	

Fuente: Instituto del Mar del Perú (IMARPE) CONSOLIDADO POR Instituto Nacional de Estadística e Informática 2021

El análisis se realiza al promedio de nitratos en la superficie del agua de mar, en el puerto de Huacho. En cuanto a los nitratos, según resultados de tabla 1, se observa que la media es el estadístico que mayor valor asigna al centro de la distribución (9.31), las concentraciones tienden a dispersarse en 5.23 con respecto al promedio; la dispersión

muestral es de 56.00 % del valor de la media muestral; la media recortada al 5% asigna un valor inferior (8.88) y la mediana un valor sensiblemente inferior (8.16).

Se observa que la Media aritmética es mayor que la mediana, lo cual evidencia una posible asimetría positiva.

Como el valor de asimetría es mayor a 0 ($g_1 > 0$), se puede indicar que la asimetría es positiva. La mayor concentración de datos se observa debajo de la variable.

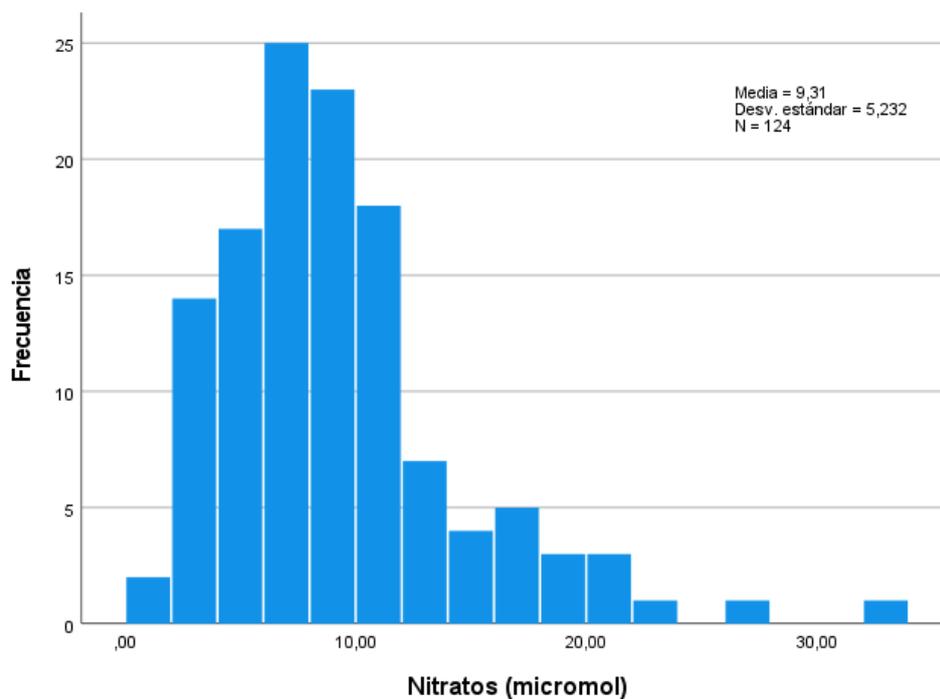


Figura 2. Histograma, de la variable nitratos.

La figura 2, evidencia que la agrupación de los datos esta hacia la izquierda, se muestra una asimetría positiva.

Frecuencia Stem & Hoja

2.00	1 . 17
4.00	2 . 4669
10.00	3 . 0224566677
9.00	4 . 122334599
8.00	5 . 33335688
7.00	6 . 2356779
18.00	7 . 011233333444556799
12.00	8 . 000111122389
11.00	9 . 12333355679
7.00	10 . 1167799
11.00	11 . 23344567799
3.00	12 . 457
4.00	13 . 1578
3.00	14 . 355
1.00	15 . 0
2.00	16 . 56
3.00	17 . 000
2.00	18 . 14
1.00	19 . 7
1.00	20 . 0
5.00	Extremos (≥ 20.6)

Ancho del tallo: 1.00

Cada hoja: 1 caso(s)

Figura 3. Diagrama de tallos y hojas de nitratos en la superficie de agua de mar, frente a Huacho, 2012-2020

Según figura 3, diagrama de tallos y hojas, hay 2 valores tomados en diferentes meses con una concentración de nitratos de 1.17 ; mientras que existen 5 valores extremos superiores o iguales a concentraciones de nitratos de 20.6. La mayor frecuencia (18) datos de encuentran en un valor de nitratos entre 7.0 y 7.9 micromol.

Pruebas de Normalidad

Ho= Los datos de la variable nitratos se distribuyen normalmente.

H1= Los datos de la variable nitratos no distribuyen normalmente.

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Nitratos	,121	124	,000	,901	124	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Observando los valores de Kolmogorov-Smirnov, como el valor de $p < 0.05$, se concluye que los datos de las variable nitratos no se distribuyen normalmente.

Modelos predictivos

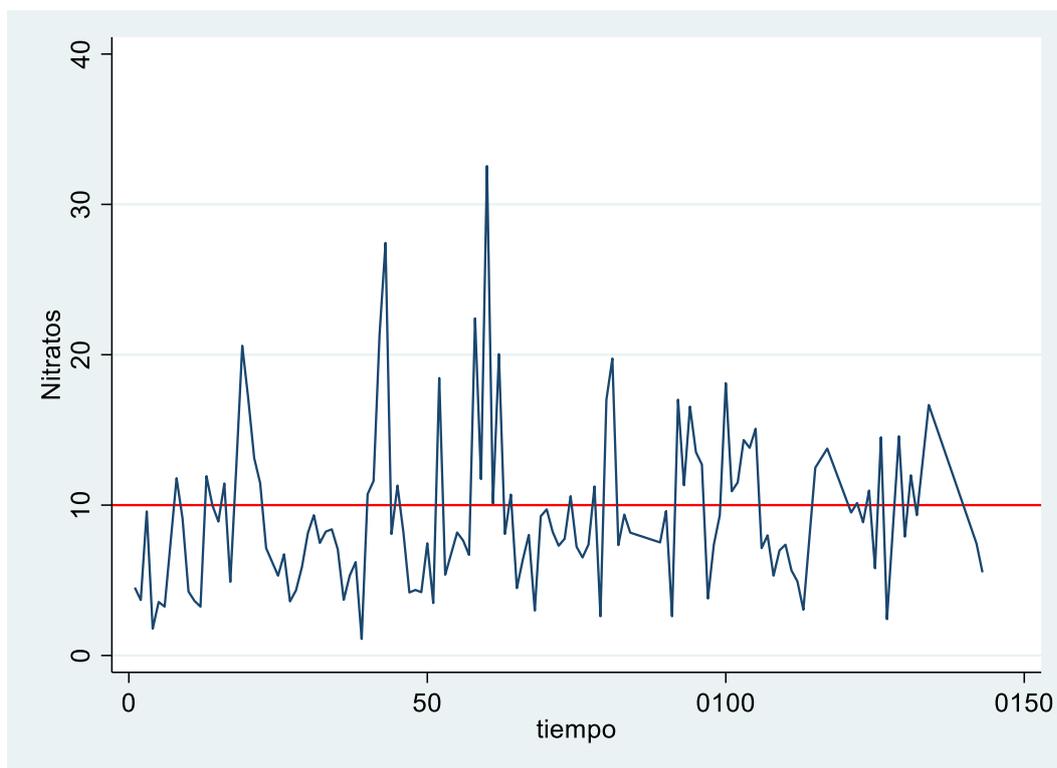


Figura 4. Serie de tiempo de nitratos

La serie temporal es no estacionaria, por lo que ha sido necesaria encontrar la primera diferencia. LA función no tiene media cero la fluctuación es demasiada en diferentes puntos.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Discusión de resultados.

De acuerdo al desarrollo de un modelo que permita predecir concentraciones de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho, el modelo coincidentemente con el estudio de Jaramillo, Durán, Esteban y Díaz (2021), con el análisis de series de tiempo es posible diagnosticar la calidad de nitratos en el agua superficial de mar. En el caso del promedio de nitratos (9), se encuentran dentro de los parámetros establecidos por los Estándares de Calidad de Agua -ECA (10 mg/L) los estudios categoría B1; este parámetro no coincide con el estudio de Apaéstegui (2021) quien determinó que la calidad de agua de mar en el área circundante al desembarcadero Pesquero Artesanal de Chimbote no cumple con los límites establecidos por el ECA Categoría 4, sub categoría E3 por la contaminación en el área de estudio que conduce al estrés entre comunidades

5.2 Conclusiones

- Es posible al desarrollo de un modelo que permita predecir concentraciones de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho.
- Los reportes de la estadística descriptiva nos reportan el comportamiento de los datos de nitratos en la playa de Huacho. Los resultados estadísticos reportan que la media es de 9.31mg/L con valores de distribución de 5.23 mg/L. IC95%(8.38:10.24), valores próximos a los máximos establecidos por ECA (10 mg/L). Los valores reportaron asimetría positiva.
- El modelo predictivo de concentraciones de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho permite determinar las concentraciones de nitratos.

5.3 Recomendaciones

- Realizar muestreos en diferentes puntos de los vertederos de aguas que llegan al mar y compararlos con los espacios de dilución de las aguas en contacto.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS DE INFORMACIÓN

6.1. Fuentes bibliográficas

PNUD, (1996). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Castillo 37. Madrid, España. 165 pp.

Mondragón, J. (03 de 12 de 2012). Minería de Textos y el análisis predictivo. Uso de la minería de textos para incrementar el desempeño de los. México.

Orozco, C; Pérez, A.; González, N.; Rodríguez, F y Alfayate, J. (2003). Contaminación ambiental. Una visión desde la química. Editorial Paraninfo. Madrid-España.

Pacheco, J. (2002) “Análisis del ciclo de nitrógeno en el medio ambiente con relación a agua subterránea y su efecto en los seres vivos,” Ingeniería Revista Académica, 6(3), pp. 73–81. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46760308>

Rosillo, L., & Domitila, P. (2021). Evaluación de la calidad del agua del rio Uquihua, en uso como aguas recreativas Rioja–San Martín.. disponible en: <http://hdl.handle.net/11458/3931>

Ruíz, D. (2016). Desarrollo y validación de un modelo predictivo de mortalidad a corto plazo en ancianos ingresados por patología médica. Universitat Autònoma de Barcelona.

Rodríguez Rojas, (2015). Métodos Predictivos en Minería de Datos – Pearson.

Whitford, W. y Duval, B. (2002) Ecology of Desert Systems. Second. London: Academic Press.

6.2 Fuentes hemerográficas

Biagi, K. M., Ross, C. A., Oswald, C. J., Sorichetti, R. J., Thomas, J. L., & Wellen, C. C. (2022). Novel predictors related to hysteresis and baseflow improve predictions of

- watershed nutrient loads: An example from Ontario's lower Great Lakes basin. *Science of The Total Environment*, 826, 154023. DOI 10.1016/j.scitotenv.2022.154023
- Fennel, K., & Testa, J. M. (2018). Biogeochemical Controls on Coastal Hypoxia. *Annual Review of Marine Science*, 11(1). doi:10.1146/annurev-marine-010318
- Figuroa Polanco, Paula Andrea. (2017). Propuesta de modelo predictivo aplicado al rendimiento en nadadores colombianos. Trabajo de grado para optar el título de ingeniería de software. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA .
<http://hdl.handle.net/20.500.12749/3415>
- Guazzelli, A. (2012). Predicciones sobre el futuro, parte 2: Técnicas de modelado predictivo. Recuperado el 12 de 06 de 2016, de Pauly, D. (1983). Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. *Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales*, 243-249.
<http://www.ibm.com/developerworks/ssa/industry/library/ba-predictive-analytics2/>
- Hernández-Alpízar, L., & Mora-Molina, J. (2022). Nitrates Evaluation in the National Terraba-Sierpe Wetland. *Uniciencia*, 36(1), 1-11. DOI: 10.15359/ru.36-1.10
- Jaramillo Londoño, A. M., Durán Medina, C. A., Esteban Cantillo, O. J., & Díaz Arévalo, J. L. (2021). Regresión lineal múltiple como herramienta complementaria del ICAM para análisis predictivo de la calidad hídrica en la zona nerítica superficial de San Andrés Isla, Colombia. *Revista Educación En Ingeniería*, 16(32), 34-47.
<https://doi.org/10.26507/rei.v16n32.1173>
- Wu, Jianyong y Wang Jinhui. (2008). Impacts of pollution from different sources on ecological quality of multiple use coast. *Water Air Soil Pollution*. 193_25-35

6.3 Fuentes documentales

- Adriazola, R. (2019) Caracterización de la calidad del medio marino costero peruano mediante indicadores multivariantes. Tesis Doctoral en Ingeniería Industrial, UNMSM, Perú. tesis42.pdf (unmsm.edu.pe)
- Amay Hormaza, Anthony Roberto Torres Guamán, Erika Lizandra. (2022). Modelación matemática del ciclo del nitrógeno en suelo y agua de la zona de Santa Rosa, Isla Santa Cruz en las Galápagos. Título de Ingeniería Ambiental. Quito- Ecuador. Universidad Central de Ecuador.
- Apaéstegui Salazar, M. A. (2021). Calidad del agua de mar en el área circundante al Desembarcadero Pesquero Artesanal de Chimbote en el 2019. Tesis para optar el grado en ciencia en gestión ambiental. URI: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3784>
- Aquino Seminario, M. J., & Maguiña Tafur, S. R. (2018). Evaluación de la contaminación marina de la Bahía de Coishco 2015-2016. Ancash, Perú. URI: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3202>
- Bances, S. (2021). Evaluación ambiental en la zona marino costera de Lambayeque (junio 2017). Boletín Instituto Del Mar Del Perú, 35(2), 335-351. Recuperado a partir de <https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/308>
- Calvo-Brenes, G. & Mora-Molina J. (2010). *Evaluación y clasificación de la calidad de varios cuerpos de agua en la península de Osa*. Informe proyecto de investigación. Cartago, C.R.: Tecnológico de Costa Rica.
- Idrugo Huaripata, R. M. (2015). Concentración de nitratos en agua contaminada con purines en la explotación ganadera Tartar Pecuário, Baños del Inca-Cajamarca.
- Pérez, Clara. (2010). Uso, Manejo y Preservación de los recursos Naturales. Tesis de Grado de maestro. Centro de investigación Biológicas del Noroeste, S.C. La paz. Bajo California Sur. https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/243/1/perez_c.pdf

Villegas Apaza, P., Sánchez, A., Paredes Espinal, C., Polar, M., Purca Cuicapusa, S., Orozco Moreyra, R., & Guzmán Roca, M. (2020). Análisis de presión-estado impacto (PSI) de la zona marino costera de Samanco, Végueta, Carquín, Huacho, Ocoña y Camaná 2015. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3467>

6.4 Fuentes electrónicas

Ministerio de la Producción. Instituto del Mar del Perú. (2020). *Imarpe evaluó calidad de agua en bahías de Huacho, Carquín, Végueta y Chancay*. http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/noticia/imarpe_notic_nota_eval_la_b_huacho.pdf

Anderson D. P. Gilbert y Burkholder (2002). Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries* 25: 562-584.

Cerón, L.E. y Gutiérrez, F.A.A. (2012) “Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos,” *Revista Colombiana de Biotecnología*, XIV(1), pp. 285–295. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77624081026>

AYORA, M.J., MAYAGÜEZ, U. Calidad del agua para usos recreativos desde las perspectivas de la seguridad e higiene laboral y la salud pública . Estudio de caso . 2017 *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 1, no. June, pp. 119-129. ISSN 1098-6596. DOI 10.1016/j.scitotenv.2016.03.146. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.146><http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652617309617>http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia_archivos/Qui_mica_analitica_ambiental/tema_2010.pdf

Cabrera, C. (2002). Estudio de la contaminación de las aguas costeras en la bahía de Chancay: propuesta de recuperación. UNMSM.

[https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/ingenie/cabrera_c_c/Cabrera_C_C
.htm](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/ingenie/cabrera_c_c/Cabrera_C_C.htm)

Cerón, L.E. y Gutiérrez, F.A.A. (2012) “Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos,” *Revista Colombiana de Biotecnología*, XIV(1), pp. 285–295.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77624081026>

Holland, E.A. y Weitz, A.M. (2003) “Nitrogen Cycle, Biological,” in *Encyclopedia of Physical Science y Technology*. Elsevier, pp. 441–448.
<https://doi.org/10.1016/b0-12-2274105/00940-6>.

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias (7 de junio de 2017). El peruano*. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

ANEXO 01: Matriz de consistencia

Título: MODELO DE ANÁLISIS PREDICTIVO PARA ESTIMAR LA CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN LA SUPERFICIE DEL AGUA DE MAR, HUACHO

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
Problema principal	Objetivo general	Hipótesis general	Variable 1. Modelo Predictivo Dimensiones V1 Variable 2. Dimensiones V2 Predecir concentraciones de nitratos en agua de mar.	MODELO PREDICTIVO Análisis del proceso. - Concentraciones de nitrato PREDECIR - Concentración de nitratos	Población: - Muestra: Agua de superficie de mar, Huacho. Enfoque. Mixto Tipo de Investigación Investigación aplicada Nivel de investigación: Explicativa Diseño: No experimental
¿De qué manera se puede predecir concentraciones de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho?	Desarrollar un modelo que permita predecir concentraciones de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho.	El desarrollo de un modelo predictivo permite predecir concentraciones de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho.			
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas			
¿De qué manera el análisis descriptivo explica el comportamiento de los datos de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho?	Explicar de manera descriptiva el comportamiento de los datos de nitratos en la playa de Huacho.	Es posible explicar de manera descriptiva el comportamiento de los datos de nitratos en la playa de Huacho.			
¿De qué manera estimar el comportamiento del modelo predictivo de concentraciones de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho?	Estimar el comportamiento del modelo predictivo de concentraciones de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho.	La estimación del comportamiento del modelo predictivo de concentraciones de nitratos en la superficie del agua de mar de Huacho.			

