



Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

TESIS

“EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD
DEL FITOPLANCTON FRENTE AL
CAMBIO CLIMATICO EN LA PLAYA AGUA
DULCE, DISTRITO DE CHORRILLOS,
DEPARTAMENTO DE LIMA”

Presentado por:

MOYA HERRERA, Flavia Sofía

Lima – Perú

2015

A mi madre, la razón de mi vida.

Pues ella lucha a mi lado por mis sueños, y siempre busca que sea feliz. Gracias mamá.

A Dios, y todo el universo que me da la oportunidad de ser responsable por mi planeta.

A mi familia, amigos, a todos. Gracias.

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi familia, por su apoyo, colaboración y opinión en el trabajo de investigación.

Al Instituto del Mar del Perú – IMARPE, en especial a la MsC. Sonia Sánchez Ramírez– Jefa del Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria por la valiosa información y asesoría brindada, así como a la Biól. Patricia Ayón por su amabilidad y apoyo brindado.

A los docentes, al personal administrativo y de mantenimiento, al Ing. Cesar Del Castillo, Ing. Salomón Guevara, y a mi asesor de tesis el Lic. José López, por el interés prestado en la investigación.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó mediante la evaluación de datos históricos de parámetros climáticos, gases de efecto invernadero, así como de diversidad de microorganismos marinos y sus niveles en la actualidad.

El estudio se realizó en las aguas de la zona de pesca de la playa Agua Dulce en Chorrillos por ser representativa por sus características para una estandarización de datos con la ecorregión del Mar Frio del Perú.

Se analizó las concentraciones de fitoplancton, así como los niveles de temperatura superficial media del mar y temperatura ambiental, y la salinidad desde el 2005 a la actualidad.

Se halló influencia de las emisiones de CO₂ y NO_x sobre las concentraciones de fitoplancton, y su influencia en la temperatura superficial media del mar y la temperatura ambiental, así como una disminución de la salinidad.

De los datos de campo obtenido, se pudo apreciar en base a las referencias del 2005, la disminución medible de concentración de fitoplancton en un margen de 10 años, evidenciando las consecuencias a largo plazo del cambio climático sobre el ecosistema marino – costero.

Palabras clave: Cambio Climático, Gases de Efecto Invernadero, Ecorregión del Mar Frio, Fitoplancton, Temperatura Superficial Media, Temperatura ambiental.

ABSTRACT

The present research work it was performed by evaluating historical data on climate parameters, greenhouse gases and diversity of marine microorganisms and their levels today.

The study was conducted in the waters of the fishing zone Agua Dulce beach in Chorrillos to be representative for its characteristics for data standardization with Hot Sea ecoregion Peru.

Phytoplankton concentrations and levels of average sea surface temperature and ambient temperature, and salinity was analyzed from 2005 to the present.

Influence of CO₂ and NO_x emissions on concentrations of phytoplankton, and their influence on the average sea surface temperature and ambient temperature as well as a decrease in salinity was found.

Data obtained from the field, it was observed based on the references of 2005, the measurable decrease of phytoplankton concentration in a range of 10 years, highlighting the long-term consequences of climate change on marine ecosystems - coastal.

Keywords: Climate Change, Greenhouse Gases, Hot Sea Ecoregion, Phytoplankton, Average Surface Temperature, Ambient Temperature.

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|---|
| INTRODUCCION | 1 |
| 1. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO | 2 |
| 1.1. Descripción de la Realidad Problemática..... | 2 |
| 1.2. Delimitaciones y Definición del Problema | 2 |
| 1.2.1. Delimitaciones | 2 |
| 1.2.2. Definición del Problema..... | 3 |
| 1.3. Formulación del Problema | 4 |
| 1.3.1. Problema Principal..... | 4 |
| 1.3.2. Problemas Específicos | 4 |
| 1.4. Objetivo de la Investigación | 4 |
| 1.4.1. Objetivo General..... | 4 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos | 4 |
| 1.5. Hipótesis de la Investigación..... | 5 |
| 1.5.1. Hipótesis General | 5 |
| 1.5.2. Hipótesis Específica..... | 5 |
| 1.6. Variables e Indicadores..... | 5 |
| 1.6.1. Variable Independiente..... | 5 |
| 1.6.2. Variable Dependiente | 6 |
| 1.6.3. Variables Intervinientes | 6 |
| 1.7. Viabilidad de la Investigación | 7 |
| 1.7.1. Viabilidad Técnica..... | 7 |
| 1.7.2. Viabilidad Operativa..... | 7 |
| 1.7.3. Viabilidad Económica | 7 |
| 1.8. Justificación e Importancia de la Investigación | 7 |
| 1.8.1. Justificación | 7 |
| 1.8.2. Importancia..... | 8 |
| 1.9. Limitaciones de la Investigación..... | 8 |
| 1.10. Tipo y Nivel de la Investigación..... | 9 |
| 1.10.1. Tipo de Investigación..... | 9 |
| 1.10.2. Nivel de Investigación..... | 9 |
| 1.11. Método y Diseño de la Investigación | 9 |

| | | |
|---------|--|----|
| 1.11.1. | Método de la Investigación..... | 9 |
| 1.11.2. | Diseño de la Investigación..... | 10 |
| 1.12. | Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información..... | 11 |
| 1.12.1. | Técnicas..... | 11 |
| 1.12.2. | Instrumentos..... | 12 |
| 1.13. | Cobertura de Estudio..... | 12 |
| 1.13.1. | Universo..... | 12 |
| 1.13.2. | Población..... | 12 |
| 1.13.3. | Muestra..... | 13 |
| 2. | MARCO TEORICO..... | 14 |
| 2.1. | Marco Referencial..... | 14 |
| 2.1.1. | Antecedentes de la Investigación..... | 14 |
| 2.1.2. | Referencias Teóricas..... | 16 |
| 2.2. | Marco Conceptual..... | 25 |
| 2.2.1. | Calentamiento Global..... | 25 |
| 2.2.2. | Cambio Climático..... | 25 |
| 2.3.3. | Vulnerabilidad..... | 26 |
| 2.3.4. | Fitoplancton..... | 26 |
| 2.3.5. | Radiación Solar..... | 26 |
| 2.3.6. | Gases de Efecto Invernadero..... | 27 |
| 2.3.7. | Ecorregión del Mar Frio de la Corriente Peruana..... | 27 |
| 2.3.8. | Temperatura..... | 27 |
| 2.3.9. | Salinidad..... | 29 |
| 2.3.10. | Clima..... | 29 |
| 2.3.11. | Corrientes Oceánicas..... | 29 |
| 2.3.12. | Océanos..... | 29 |
| 2.3.13. | Zona Costera..... | 30 |
| 2.3. | Marco Teórico..... | 30 |
| 2.3.1. | Cambio Climático..... | 30 |
| 2.3.2. | Fitoplancton..... | 37 |
| 2.4. | Marco Legal..... | 41 |
| 2.4.1. | Acuerdos Internacionales..... | 41 |
| 2.4.2. | Acuerdos Nacionales..... | 42 |

| | |
|---|----|
| 3. DIAGNOSTICO SOCIAMBIENTAL..... | 45 |
| 3.1. Área de Influencia | 45 |
| 3.2. Medio Físico..... | 47 |
| 3.2.1. Climatología..... | 47 |
| Tabla 6: Temperatura ambiental mínima registrada..... | 53 |
| Tabla 8: Humedad Relativa..... | 55 |
| 3.2.2. Evaluación del terreno..... | 58 |
| 3.2.3. Calidad de Aire | 61 |
| 3.2.4. Calidad de Agua | 64 |
| 3.3. Medio Biológico..... | 65 |
| 3.3.1. Formación Ecológica | 65 |
| 3.3.2. Recursos hidrobiológicos..... | 65 |
| 3.3.3. Plancton..... | 66 |
| Tabla 16: Población..... | 68 |
| 4. DESARROLLO DE LA TESIS..... | 70 |
| 4.1. Síntesis esquemática del proceso de Investigación..... | 70 |
| 4.2. Protocolo de Muestreo | 73 |
| 4.3. Cronograma y Presupuesto | 74 |
| 4.3.1. Cronograma..... | 74 |
| 4.3.2. Presupuesto | 75 |
| 5. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS..... | 76 |
| 5.1. Población y Muestra..... | 76 |
| 5.1.1. Población..... | 76 |
| 5.1.2. Muestra..... | 76 |
| 5.2. Análisis de Resultados..... | 76 |
| 5.2.1. Parciales..... | 76 |
| 5.2.2. Generales..... | 78 |
| 5.3. Evaluación de la Vulnerabilidad | 81 |
| 5.4. Discusión de Resultados..... | 83 |
| 5.5. Prueba de Hipótesis..... | 84 |
| 5.6. Prueba Estadística Utilizada | 85 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 87 |
| 6.1. Conclusiones..... | 87 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 6.2. Recomendaciones..... | 87 |
| 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 88 |
| Bibliografía | 88 |
| Lincografía | 89 |
| Hemerografía | 90 |
| 8. ANEXOS..... | 92 |
| 8.1. Fotografías | 92 |
| 8.2. Informe de Ensayo | 95 |
| 8.3. Mapas..... | 96 |
| 9. GLOSARIO DE TERMINOS | 99 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Vista limítrofe de Chorrillos. | 3 |
| Figura 2: Diagrama del diseño de la investigación. | 10 |
| Figura 3: vista satelital de la playa agua dulce en el distrito de chorrillos. | 13 |
| Figura 4: Temperatura ambiental anual del departamento de Lima. | 28 |
| Figura 5: Tendencias desde 1980 de la Temperatura Superficial Media del mar (TSM) en los principales muelles del país. | 28 |
| Figura 6: Esquema de la dinámica del Cambio Climático. | 31 |
| Figura 7: Anomalía de la Temperatura Superficial Media del Mar..... | 33 |
| Figura 8: Resumen de Resultados del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático..... | 34 |
| Figura 9: Tendencias de los principales parámetros climáticos a través del tiempo. | 35 |
| Figura 10: Esquema de los principales organismos que conforman el ecosistema marino costero..... | 37 |
| Figura 11: Presencia de especies de fitoplancton según las condiciones climáticas..... | 39 |
| Figura 12: Muestra de Proliferación de fitoplancton. | 40 |
| Figura 13: Perfil de una playa..... | 45 |

| | |
|--|----|
| Figura 14: Criterios para la delimitación del punto de muestreo..... | 46 |
| Figura 15: Categorización de la Playa Agua Dulce, con su código de unidad. | 46 |
| Figura 16: Datos de la TSM y nivel medio del mar del Callo en la región de El Niño..... | 49 |
| Figura 17: Cuadrángulo Geológico de la zona de estudio..... | 59 |
| Figura 18: Evaluación del perfil de la playa Agua Dulce. | 60 |
| Figura 19: Flujograma de trabajo. | 71 |
| Figura 20: Vistas de pasos a seguir en el proceso de investigación en base al flujograma de trabajo..... | 72 |
| Figura 21: Cronograma de actividades. | 74 |
| Figura 22: Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático en América Latina y El Caribe..... | 82 |
| Figura 23: Índice de Capacidad Adaptativa al Cambio Climático en América Latina. | 83 |
| Figura 24: Uso del software R para validar la hipótesis. | 86 |

Índice de Cuadros

| | |
|---|----|
| Cuadro 1: Variable Independiente..... | 5 |
| Cuadro 2: Variable Dependiente | 6 |
| Cuadro 3: Ejemplo de especies de fitoplancton y su adaptación a ambientes extremos..... | 40 |
| Cuadro 5: Porcentaje de tipos de roca que conforman el lugar de estudio. | 58 |
| Cuadro 6: Indicadores de desarrollo humano..... | 69 |
| Cuadro 7: Indicadores de educación..... | 69 |
| Cuadro 8: indicadores de vivienda. | 69 |
| Cuadro 9: Presupuesto de la investigación. | 75 |

Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Temperatura Superficial Media. | 48 |
| Tabla 2: Salinidad..... | 50 |
| Tabla 3: Datos Meteorológicos de la estación Las Palmas. | 52 |
| Tabla 4: Datos Meteorológicos de la estación Campo de Marte. | 52 |
| Tabla 5: Temperatura ambiental máxima registrada. | 53 |
| Tabla 6: Temperatura ambiental mínima registrada..... | 53 |
| Tabla 7: Temperatura promedio ambiental..... | 54 |
| Tabla 8: Humedad Relativa. | 55 |
| Tabla 9: Presión atmosférica..... | 56 |
| Tabla 10: Velocidad del viento. | 56 |
| Tabla 11: Precipitación mensual. | 57 |
| Tabla 12: Emisiones de gases de efecto invernadero..... | 64 |
| Tabla 13: Registro de parámetros de calidad de agua..... | 65 |
| Tabla 14: Niveles de Plancton..... | 66 |
| Tabla 15: Porcentaje de Abundancia de Fitoplancton. | 67 |
| Tabla 16: Población..... | 68 |
| Tabla 17: Resultados obtenidos en campo, y recolección de datos del 26 de Junio del 2015..... | 76 |
| Tabla 18: Muestra de datos en temporada de invierno del 2005 y en la actualidad..... | 77 |
| Tabla 19: Emisiones de CO ₂ y los niveles de fitoplancton por año..... | 79 |
| Tabla 20: Emisiones de NO _x y los niveles de fitoplancton por año. | 80 |

Índice de Gráficos

| | |
|--|----|
| Gráfico 1: Temperatura Superficial Media del Mar (TSM). | 48 |
| Gráfico 2: Niveles de salinidad a través del tiempo..... | 50 |
| Gráfico 3: Temperatura ambiental promedio del área de estudio..... | 54 |
| Gráfico 4: Niveles de Humedad en el año..... | 55 |

| | |
|---|----|
| Gráfico 5: Precipitación mensual..... | 57 |
| Gráfico 6: Dióxido de Nitrógeno. | 61 |
| Gráfico 7: Dióxido de Azufre..... | 61 |
| Gráfico 8: Ozono. | 62 |
| Gráfico 9: Material Particulado de 10 micras de diámetro (PM10). | 62 |
| Gráfico 10: Material Particulado de 2.5 micras de diámetro (PM2.5). | 63 |
| Gráfico 11: Plomo (Pb). | 63 |
| Gráfico 12: Concentraciones de Plancton. | 66 |
| Gráfico 13: Concentraciones de fitoplancton..... | 67 |
| Gráfico 14: Grupos quinquenales de edad. | 69 |
| Gráfico 15: Comparación de datos en época de invierno en el año 2005 y en el 2015..... | 78 |
| Gráfico 16: Relación del CO ₂ y el fitoplancton..... | 79 |
| Gráfico 17: Relación de los NO _x y el fitoplancton..... | 80 |

Índice de Fotografías

| | |
|---|----|
| Fotografía 1: Uso de la red de fitoplancton en campo..... | 92 |
| Fotografía 2: Vista frontal de la playa “Agua Dulce” – Chorrillos..... | 92 |
| Fotografía 3: Ubicación de la zona de estudio. | 93 |
| Fotografía 4: Uso del agua destilada para calibrar el Salinómetro. | 93 |
| Fotografía 5: Muestra Obtenida..... | 94 |
| Fotografía 6: Observación de la muestra. | 94 |

Índice de Mapas

| | |
|--|----|
| Mapa 1: Ubicación..... | 96 |
| Mapa 2: Área de estudio. | 97 |
| Mapa 3: Ubicación de Punto de Muestreo | 98 |

INTRODUCCION

A partir de la Revolución Industrial el incremento de gases de efecto invernadero ha generado el aumento exponencial del calentamiento ambiental a nivel mundial, ocasionando la variación de los patrones climáticos a nivel global.

Los ecosistemas marino – costeros, debido a un determinado orden climático, gracias al ciclo del agua y a los cuerpos continentales cercanos, son el ente principal de regulación del clima en el mundo.

Por ello la diversidad de estos ecosistemas es vulnerable frente a las consecuencias del cambio climático. El fitoplancton debido a la cercanía con la radiación incidente y la temperatura ambiental, y la influencia que reciben de las corrientes marinas, son más vulnerables frente al cambio climático.

El Perú, gracias al fenómeno de afloramiento y a la corriente de Humboldt, presenta la ecorregión del mar frío, con un nivel de diversidad y patrones climáticos extraordinarios e influyen en todo el Océano Pacífico.

Sin embargo, por las condiciones presentadas, es el tercer país más vulnerable frente al cambio climático a nivel mundial.

1. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

En los ecosistemas costeros las investigaciones científicas dan a conocer los distintos niveles de afectación de los organismos marinos debido a las consecuencias generadas por el cambio climático, siendo el fitoplancton el de mayor relevancia por ser la base del desarrollo de las especies marinas.

Al actuar sobre los impactos que generan el cambio climático y los agentes que causan dichos impactos al medio ambiente se puede evitar incrementar la vulnerabilidad del fitoplancton en el ecosistema marino costero.

1.2. Delimitaciones y Definición del Problema

1.2.1. Delimitaciones

A. Delimitación Espacial

Se realizó la tesis en la zona de pesca artesanal de la playa “Agua Dulce” se encuentra ubicada en la urbanización San Juan, distrito de Chorrillos, provincia de Lima, departamento de Lima – Perú.

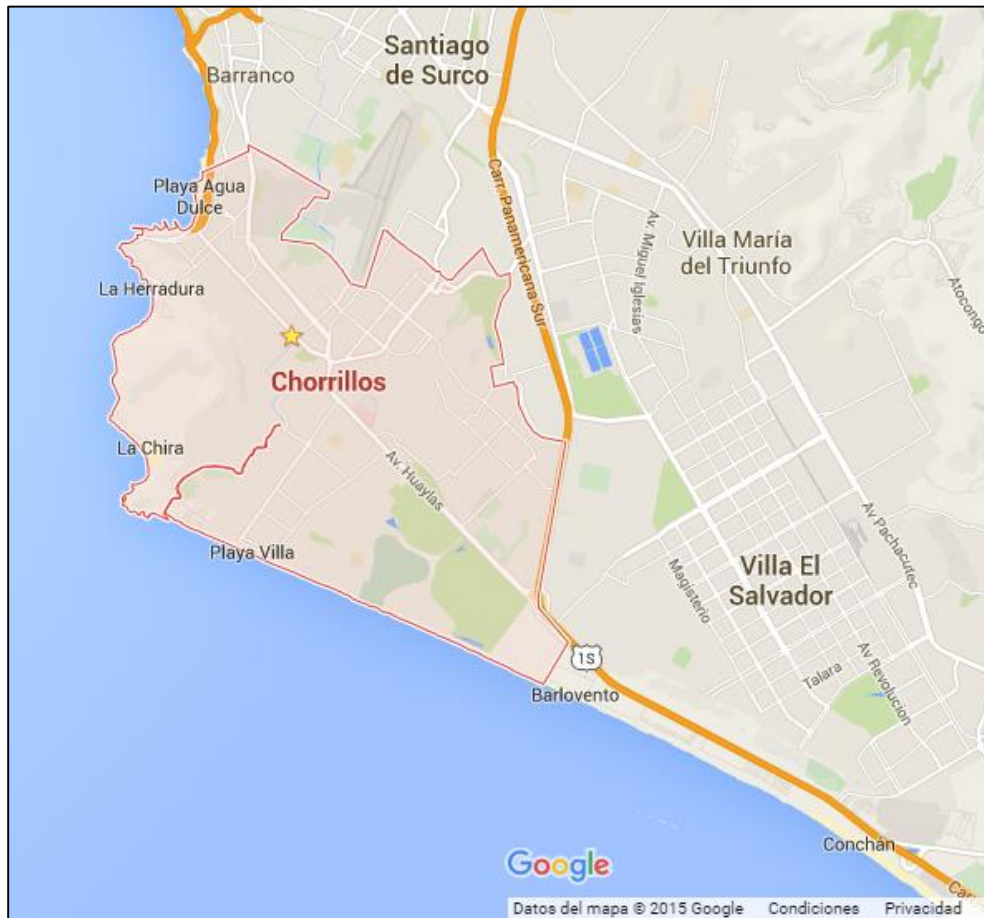
B. Delimitación Temporal

Se trabajó desde Agosto del 2014 a Diciembre del 2015.

C. Delimitación Social

Caleta de pescadores, donde se ubica el mercado de Pescadores y cebicherías, con cercanía al Club de Regatas Lima, y frente a la playa se ubica el restaurant Rocky's. A pocos metros se presencia el Morro Solar, el Observatorio de Lima, Las Antenas de telecomunicaciones, La Virgen del Morro, El monumento a Miguel Iglesias y el Cristo del Pacífico. (Mapa de Ubicación en Anexos).

Figura 1: Vista limítrofe de Chorrillos.



Fuente: Google Maps, 2015.

1.2.2. Definición del Problema

La costa central del Perú posee una biodiversidad excepcional debido al fenómeno de afloramiento marino, la corriente de Humboldt, que comprenden la zona entre el límite del desierto de Sechura (5° Latitud Sur) hasta Tacna (18° Latitud Sur) ubicadas dentro de la ecorregión del mar frío. Estas brindan una gran capacidad extractiva en materia de pesca a la ecorregión estudiada.

El aumento exponencial de la población mundial ha supuesto una presión sobre todo el sistema terrestre con el resultado de cambios ambientales importantes. Uno de los cambios es la alteración del sistema climático a nivel global, siendo el aumento de temperatura uno de los parámetros observables más aparentes.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema Principal

¿En qué medida el fitoplancton es vulnerable al cambio climático, en la playa “Agua Dulce” - Chorrillos?

1.3.2. Problemas Específicos

- ¿De qué manera los Gases de Efecto Invernadero (GEI) influyen sobre la temperatura ambiental y la temperatura superficial media del mar (TSM) en la zona de estudio?
- ¿De qué manera el fitoplancton en la zona de estudio es vulnerable a las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) y Óxidos de Nitrógeno (NO_x)?

1.4. Objetivo de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la vulnerabilidad del fitoplancton en la playa “Agua Dulce” – Chorrillos frente al Cambio Climático.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la influencia de los Gases de Efecto Invernadero en la temperatura ambiental y temperatura superficial media del mar, en la zona de estudio.
- Determinar la vulnerabilidad del fitoplancton en la zona de estudio frente a las emisiones de Dióxido de Carbono y Óxidos de Nitrógeno.

1.5. Hipótesis de la Investigación

1.5.1. Hipótesis General

El fitoplancton de la playa “Agua Dulce” en el distrito de Chorrillos es vulnerable al Cambio Climático.

1.5.2. Hipótesis Específica

- Los gases de efecto invernadero tienen influencia significativa en la temperatura superficial media del mar y en la temperatura ambiental de la zona evaluada.
- El fitoplancton es vulnerable a las emisiones de Dióxido de Carbono y a los Óxidos de Nitrógeno en la zona de estudio.

1.6. Variables e Indicadores

1.6.1. Variable Independiente

La variable independiente en la presente investigación es el Cambio Climático. En el cuadro que se muestra a continuación se mostrara los indicadores e índices de la variable:

Cuadro 1: Variable Independiente

| VARIABLE | INDICADOR | ÍNDICE |
|------------------|----------------------------|--|
| CAMBIO CLIMÁTICO | Condiciones Climatológicas | Temperatura Superficial del Mar |
| | | Salinidad |
| | | Radiación Solar |
| | | Temperatura ambiental |
| | Calentamiento Global | Emisiones de Gases de Efecto Invernadero |

Fuente: Elaboración propia

1.6.2. Variable Dependiente

La variable dependiente a analizar es el Fitoplancton. Observándose en el cuadro 2 los indicadores e índices a evaluar:

Cuadro 2: Variable Dependiente

| VARIABLE | INDICADOR | ÍNDICE |
|--------------|-------------------------------|-------------------|
| FITOPLANCTON | Densidad fitoplanctónica | células/ litro |
| | Concentración de fitoplancton | ml/m ³ |

Fuente: Elaboración propia

1.6.3. Variables Intervinientes

Extrañas

- Fenómeno del Niño.
- Aguas frías del polo sur a la corriente de Humboldt.
- Debilitamiento o incremento de la fuerza de los vientos.
- Parámetros de Inversión térmica.
- Variación de los niveles de nitratos por la actividad pesquera.
- Variación de los parámetros microbiológicos por aguas domésticas.

Orgánicas

- Fenómeno de Afloramiento.
- Nutrientes de las Aguas del ecosistema marino – costero.
- Capacidad fotosintética de las Algas verdes.
- Ciclo de crecimiento de la comunidad fitoplanctónica.
- Consumo de CO₂ de los organismos marino – costeros primarios superficiales.

1.7. Viabilidad de la Investigación

1.7.1. Viabilidad Técnica

Mediante el uso de equipos de muestreo y registros históricos se pudo obtener los datos de los indicadores correspondientes a la variable dependiente e independiente.

1.7.2. Viabilidad Operativa

La realización del muestreo y el análisis de laboratorio se hicieron posible gracias al Instituto del Mar del Perú – IMARPE. Los datos físicos del área de influencia de la investigación con el respaldo de datos de la Dirección de Hidrología y Navegación (DHN) de la Marina de Guerra del Perú.

1.7.3. Viabilidad Económica

Se asumen para la presente investigación costos de redacción, monitoreo y transporte de muestras, haciéndose posible la investigación.

1.8. Justificación e Importancia de la Investigación

1.8.1. Justificación

El cambio climático debido a acciones antropogénicas en la actualidad es una problemática creciente, teniendo como factor principal el incremento exponencial del calentamiento atmosférico a nivel global por la acumulación de diversos contaminantes. Las costas del Perú son un área de gran biodiversidad por factores climáticos, geográficos y meteorológicos, siendo el fitoplancton la base de este ecosistema. La vulnerabilidad de estos organismos genera una serie de problemas y deterioro al ecosistema marino – costero. En la costa, los pobladores se

alimentan de abundantes especies marinas, siendo además la pesca una de las principales actividades en el país, la afección de estos organismos desencadenara en la inestabilidad de la seguridad alimentaria. Se daría la pérdida progresiva de los recursos hidrobiológicos, y el debilitamiento de la economía basada en las actividades extractivas de la zona. Además los impactos que sufra la población costera por el cambio climático implicaran los gastos de reubicación, ordenamiento territorial, y tratamiento del ecosistema afectado.

1.8.2. Importancia

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad la protección del ecosistema costero de la ecorregión del mar frío del Perú, en forma específica del fitoplancton, el cual corresponde a la base del equilibrio de los hábitats marino – costeros.

Dicha investigación proporcionará el mantenimiento y la posterior aplicación de normativa, reglamentos y planes de contingencia para el adecuado cuidado de la biodiversidad marino – costera.

Asegurando se conserve las condiciones de trabajo del sector pesquero, la hidrobiología de estos ecosistemas, la supervivencia de especies, el adecuado mantenimiento de la base trófica acuática y el equilibrio de los océanos.

1.9. Limitaciones de la Investigación

- La realización de un único muestreo debido al acceso a los equipos y laboratorio.
- La poca bibliografía y monitoreo de fitoplancton en la zona costera en el país.

- Falta de información en materia de cambio climático, respecto a ecosistemas de aguas frías, en específico de la zona de la corriente peruana.
- La presencia del “Fenómeno del Niño” en la época de muestreo, realizando variaciones de temperatura y niveles de fitoplancton, además de migración de especies; reevaluándose los parámetros climáticos establecidos.

1.10. Tipo y Nivel de la Investigación

1.10.1. Tipo de Investigación

La investigación es de tipo Aprehensiva – Comprensiva; pues busca analizar y evaluar los datos, comparar y explicar la relación que existen entre las variables. (HERNANDEZ, 2015)

1.10.2. Nivel de Investigación

El nivel del presente trabajo es Analítico – Crítico, Comparativo y Evaluativo; ya que se hace un análisis de los resultados, se evalúa el impacto de la variable independiente sobre la variable dependiente, y se comparan los datos actuales con las investigaciones anteriores. (HERNANDEZ, 2015)

1.11. Método y Diseño de la Investigación

1.11.1. Método de la Investigación

El Método de trabajo es Científico, Hipotético y Deductivo.

Se plantea un problema y se deriva a una hipótesis contrastable en términos operativos, contrasta dichas hipótesis con medición cuantitativa

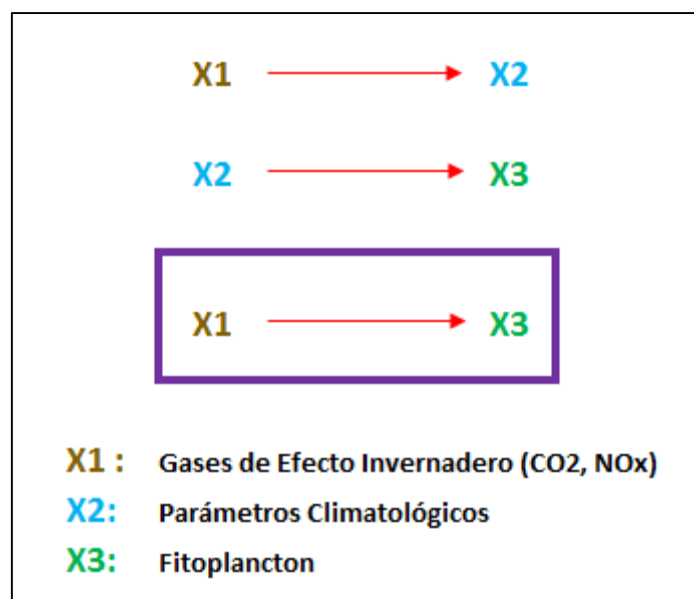
y objetiva utilizando un diseño de investigación apropiado, sacando conclusiones que abalan o refutan teorías.

1.11.2. Diseño de la Investigación

Diseño correlacional descriptivo.- Mide dos o más variables que se pretende ver si están o no relacionadas en los mismos sujetos y después se analiza la correlación. La utilidad y el propósito principal de los estudios correlacionales es saber cómo se puede comportar un concepto o variable conociendo el comportamiento de otra u otras variables relacionadas. Los estudios correlacionales se distinguen de los descriptivos principalmente en que mientras estos últimos se centran en medir con precisión las variables individuales, los estudios correlacionales evalúan el grado de relación entre dos variables pudiéndose incluir varios pares de evaluaciones de esta naturaleza en una única investigación.

(SAMPIERI, 2010)

Figura 2: Diagrama del diseño de la investigación.



Fuente: Elaboración propia

1.12. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

1.12.1. Técnicas

Monitoreo de Fitoplancton:

Se realizó mediante la recopilación de toma de agua por 3 minutos en un barco en la zona de pesca artesanal con una red para fitoplancton, a una velocidad constante de 1m/s. Luego se colocó la muestra en el frasco de vidrio de 200 ml, agregándose 20ml de formol al 4%.

Formol.- Solución acuosa de formaldehído, de olor fuerte, que se emplea como antiséptico y especialmente como desinfectante y en la conservación de muestras en campo de organismos vivos.

Recopilación de concentración de Gases de Efecto Invernadero y Temperatura Ambiental

Mediante las evaluaciones y monitoreos realizados por el equipo técnico del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Se buscó los registros desde 1998 hasta el 2008, obteniéndose un margen de 10 años para una evaluación histórica de los GEI y de la temperatura ambiental anual promedio de la zona, por su estrecha relación con el Calentamiento Global.

Obtención de Datos de Plancton histórico, Temperatura Superficial Media del Mar

Gracias al trabajo realizado por el IMARPE para estudiar la concentración volumétrica de plancton, y a la medición constante de la DHN; se obtuvo los niveles de plancton en la profundidad de 0 a menos de 5 millas desde 1976, así como la Temperatura Superficial Media del mar desde 1988.

Obtención de la Salinidad

Mediante el uso de un Salinómetro, previamente regularizado con una sustancia estéril (Agua Destilada) se introdujo en la superficie marina y se esperó 1min.

Agua Destilada.- Agua que no posee impurezas o contaminante gracias al proceso de destilación por el que fue sometido.

1.12.2. Instrumentos

Red de Muestreo de fitoplancton

Se utilizó una red arrojadiza o normal de 20µm de entrada de luz en la gasa de la red. Es una red larga y estrecha que corresponde a un cono en la parte inferior, y se vuela de forma cilíndrica en la parte superior. Con diámetro superior de 15cm y longitud de 1m.

Salinómetro

Equipo electrónico que permite la obtención de niveles de Salinidad en la fuente líquida, mediante el registro numérico en unidades de partes por mil, convertibles a gramos de Sal por litro de agua.

Termómetro

Instrumento para la medición de nivel calórico que posee un cuerpo en un determinado espacio – tiempo, en unidad comúnmente de Grados Celsius en América Latina.

1.13. Cobertura de Estudio

1.13.1. Universo

Fitoplancton de la Ecorregión del Mar Frio del Perú.

1.13.2. Población

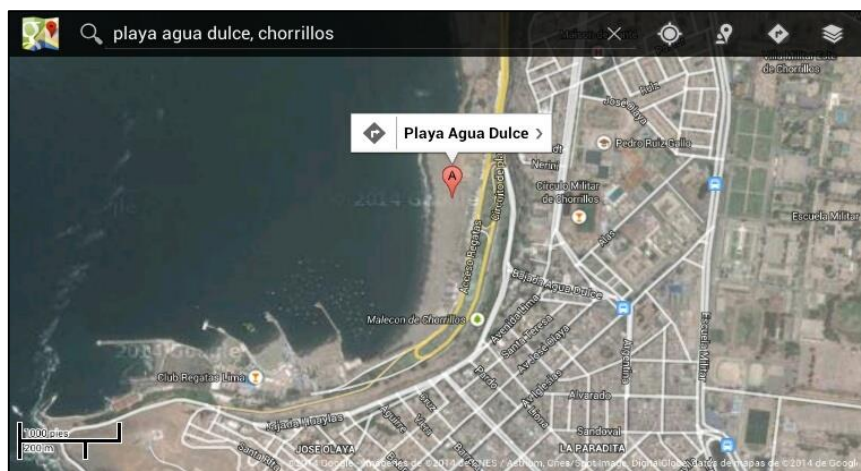
Fitoplancton de la costa central del Perú.

1.13.3. Muestra

Fitoplancton de la zona de pesca artesanal de la playa Agua Dulce, distrito de Chorrillos, departamento de Lima. Perú. Zona 18L, coordenadas UTM: 279240 X / 8654638 Y, zona 18L, geográficas: 12°09'36" S 77°01'41"W.

(El plano de la zona de estudio se detalla en Anexos: Mapa de Área de Estudio, Mapa de Ubicación de punto de muestreo)

Figura 3: vista satelital de la playa agua dulce en el distrito de chorrillos.



Fuente: Google Maps, 2015.

2. MARCO TEORICO

2.1. Marco Referencial

2.1.1. Antecedentes de la Investigación

AMAY I, E. y LOPEZ P, E. (2015) en la tesis “ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CALIDAD DEL AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO TOMBAMBA EN MONAY.” Presentada en la UNIVERSIDAD DE CUENCA (ECUADOR) detalla en sus conclusiones: El análisis del impacto del cambio climático en la calidad del agua de la cuenca Tombamba en Monay se realizó en base al comportamiento modelado de los parámetros fisicoquímicos (DQO, DBO, OD, CT, SST, Nitratos y Nitritos) en relación con las variables hidrometeorológicas (Caudal, Precipitación, Temperatura y evapotranspiración de referencia). En este sentido, se puede concluir que los mayores cambios se presentarían en eventos hídricos extremos (sequías e inundaciones), en estas condiciones los parámetros del agua analizados, a excepción de la DQO y el OD, tienen respectivamente un decremento e incremento exagerado de carga. Las proyecciones muestran que en eventos de sequía la DQO se mantendría constante, e incrementaría ampliamente para eventos de inundación; por otro lado, el OD no cambiaría en gran manera en eventos de inundación, pero tendría un descenso muy notable en sequías. Teniendo en cuenta que los parámetros hidrometeorológicos están fuertemente influenciados con el caudal y la precipitación, mientras que con la evapotranspiración y temperatura no es muy evidente, se puede observar que las gráficas para condiciones normales y extremas presentan una tendencia similar a las proyectadas en este estudio. La disminución de la calidad del agua y los eventos extremos excesivos son evidencia clara de lo que el cambio climático puede provocar en el futuro. Entonces, podemos decir que el cambio climático está influenciando directamente a los parámetros hidrometeorológicos y estos a su vez influyen las variables fisicoquímicas del agua.

PINEDO, E. (2014) en la tesis “ESTRUCTURA COMUNITARIA DEL ZOOPLANCTON DE LA COSTA PERUANA ASOCIADO A LAS MASAS DE AGUA DURANTE LOS VERANOS DEL 2000 Y 2003.” Presentada en la UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS – PERÚ en sus conclusiones precisa que: No hubo una fuerte correlación con las TSM (Temperaturas Superficiales Medias) y SSM (Salinidades Superficiales Medias); sin embargo, las abundancias de algunos grupos, así como el número de taxa y biovolúmenes totales mostraron una correlación positiva sólo con la TSM. Esta correlación es observada con la formación de dos grupos de zooplancton, uno asociado a masas de aguas cálidas y otro a masas de aguas frías.

HALAC, S. (2013) en la tesis “EFECTO COMBINADO DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA Y LA TEMPERATURA SOBRE ESPECIES Y COMUNIDADES FITOPLANCTÓNICAS. APROXIMACIÓN A UN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO.” presentada en la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA (ARGENTINA) precisa en su resumen: El cambio global ocurre por la acción de las actividades antrópicas sobre algunas variables físicas. La radiación ultravioleta (RUV) es potencialmente dañina para los organismos, mientras que el incremento de la temperatura superficial oceánica, podría causar efectos antagónicos o sinérgicos con la RUV. El objetivo general de esta tesis fue estudiar el efecto combinado de la RUV-temperatura sobre la fotosíntesis y el crecimiento de especies fitoplanctónicas y el impacto de estas variables en la estructura de las comunidades marinas de la Patagonia; a modo comparativo, se realizaron trabajos con comunidades marinas del Caribe. Para lograr este objetivo se realizaron experimentos de corto y mediano plazo bajo radiación solar y/o artificial con cultivos monoespecíficos y con comunidades naturales. En general, el efecto negativo de la RUV sobre la fotosíntesis se contrarrestó parcialmente por el aumento de la temperatura, aunque existieron diferencias interespecíficas en la tolerancia a la RUV, lo que se relacionó con los mecanismos de foto - protección. El efecto de la RUV no fue tan evidente

en las comunidades de la Patagonia, ya que su composición inicial fue el principal factor que condicionó los cambios en su estructura. Las comunidades del Caribe, en cambio, fueron afectadas negativamente por la combinación RUV-temperatura, especialmente las diatomeas grandes.

GONZALES E., M. (2003) en la tesis "INDICADORES DE CAMBIO CLIMÁTICO EN ALGUNAS ESPECIES DE PINACEAS DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MEXICO" presentada en UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEO (MEXICO) en su resumen indica que: El cambio climático es un fenómeno provocado total o parcialmente por el aumento de gases de invernadero en la atmósfera, principalmente CO₂ emitido por actividades humanas. Una gran cantidad de estudios científicos indican que el aumento de gases de invernadero y el cambio climático tienen efectos sobre la biosfera. El crecimiento vegetal es un bioindicador de cambio climático ya que se ve afectado por los gases de invernadero de una manera directa (efecto fertilizante) y por el cambio en los factores climáticos. El objetivo general en esta tesis fue explorar posibles evidencias de cambio climático en el crecimiento radial de algunas Pináceas de la Sierra Madre Occidental mediante técnicas dendrocronológicas. Se realizó un análisis dendro - climático utilizando cinco cronologías de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.). Utilizando los índices de crecimiento como variable independiente se reconstruyó la precipitación total de noviembre a mayo de 1681 a 2001 y la temperatura máxima de invierno (enero-marzo) de 1655 a 2001. La reconstrucción de precipitación indica una disminución de la lluvia durante las últimas cuatro décadas mientras que la reconstrucción de la temperatura máxima indica que ésta ha aumentado en el mismo periodo.

2.1.2. Referencias Teóricas

LOPEZ, V. y COSTAS, E. (2011) en el artículo "EL PAPEL DEL FITOPLANCTON EN EL CAMBIO CLIMÁTICO: ¿CUÁNTO DEPENDE NUESTRO DESTINO DE UNAS PEQUEÑAS MICROALGAS?"

presentado en la “UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID, ESPAÑA” resume que: Hoy en día estamos viviendo un periodo de cambio global rápido en el cual alrededor de 30000 especies llegan a extinguirse anualmente debido a las actividades humanas que están alterando los procesos biogeoquímicos a nivel de la biosfera. Los ciclos de la biosfera tal vez lleguen a ser menos predictibles si los microorganismos esenciales sucumben al cambio climático y a las actividades antropogénicas. En particular, las microalgas y cianobacterias juegan un importante rol en el control del cambio global pues son los principales productores primarios de los ecosistemas acuáticos, produciendo alrededor del 50% de la fotosíntesis total. El equilibrio entre respiración – oxidación ($C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6H_2O$) y fotosíntesis ($6 CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$) marca la pauta del CO_2 y consecuentemente del cambio climático. Investigar la capacidad diferencial de respuesta del fitoplancton al forzamiento ambiental inducido por los humanos ha llegado a ser clave para entender las futuras repercusiones sobre el funcionamiento de los ecosistemas a nivel planetario. Nuestros estudios muestran que los diferentes grupos funcionales del fitoplancton (p.e. fitoplancton oceánico, costeros, simbionte de corales, continental...) tienen muy diferente capacidad de adaptarse en relación a la estructura genética de la población, tasa de crecimiento, tasa de mutación, ploidía, preferencia de hábitat y grupo taxonómico. Las poblaciones de microalgas oceánicas son las que muestran la mínima capacidad de adaptación al cambio. Como el océano es el mayor ecosistema de la Tierra, las perspectivas futuras no son buenas.

TORANZA C. y otros (2011) En el artículo “EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA BIODIVERSIDAD: EL CASO DE LOS ANFIBIOS DE URUGUAY” publicado por la UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA – URUGUAY, en su resumen precisa que: La biodiversidad representa la variabilidad de la vida a distintos niveles de organización: dentro de cada especie, entre especies y la variedad de ecosistemas. Además de tener un valor intrínseco, brinda una serie de servicios ecosistémicos, los cuales

son beneficios obtenidos por la sociedad a partir de los ecosistemas naturales (soporte, regulación, provisión, estéticos y culturales). En la actualidad la biodiversidad se encuentra amenazada por el Cambio Global (i.e. cambio en el uso del suelo, cambio climático, invasiones biológicas, sobreexplotación, contaminación), dando lugar a lo que se conoce como la “Crisis de la Biodiversidad”, dada por un aumento en las tasas basales de extinción, una acelerada pérdida de especies y una alteración de los ecosistemas. En particular el cambio climático ha sido señalado como una de las principales amenazas para la biodiversidad actual y en el futuro. Durante el S. XX se han presentado evidencias de cambios en el sistema climático y el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), predice que los mismos podrían profundizarse durante el S. XXI. Fenómenos como incrementos en la temperatura, aumento en el nivel del mar o en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, pueden afectar de diversas formas a la biota. Numerosos estudios han reportado efectos biológicos causados por el cambio climático. Los mismos van desde cambios a nivel genético hasta alteraciones en ecosistemas terrestres y marinos. A nivel de especies se han reportado: alteraciones en la época reproductiva, extensión del período de crecimiento, modificación de los patrones migratorios, disminución de la condición corporal y extinciones locales y globales. Asimismo, se han registrado cambios en la distribución de las especies y en consecuencia, modificaciones en los patrones geográficos de diversidad.

DOBAL V. y otros (2011) en el artículo “POTENCIALIDADES DE LAS CIANOBACTERIAS PLANCTÓNICAS COMO BIOINDICADORES DE ESTRÉS AMBIENTAL EN ECOSISTEMAS COSTEROS” publicado en la “SERIE OCEANOLÓGICA DEL INSTITUTO DE OCEANOLOGÍA. NO. 9, 2011 (NÚMERO ESPECIAL). CUBA” en sus consideraciones finales indica que: El fitoplancton constituye una comunidad que responde rápidamente a los cambios ambientales (físicos y químicos) por lo que su empleo como bioindicador de estrés ambiental resulta adecuado. Las cianobacterias como componentes del plancton también constituyen microorganismos potencialmente indicadores puesto que poseen

características peculiares que les permiten una mayor capacidad de adaptación ante diferentes factores estresantes dentro del ecosistema. Durante los últimos años muchos autores han encontrado evidencias que muestran el incremento de las cianobacterias, con relación a otros grupos del fitoplancton, asociado con elevadas temperaturas y/o con la eutrofización, fundamentalmente.

VARGAS P. (2009) en el documento de trabajo “EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN EL PERÚ “ publicado por el “Banco Central de Reserva del Perú, Lima – Perú” expresa en su resumen: Existe extensa literatura que evidencia que el calentamiento del sistema climático es una realidad y que de no adoptar una política ambiental internacional rígida frente a este tema, se haría más inminente avanzar hacia escenarios extremos de más de 5° C de aumentos de temperatura para fin de siglo; lo que significaría pérdidas de hasta 20% del PBI mundial. Los impactos del cambio climático se distribuyen de manera heterogénea entre países siendo los menos afectados aquellos países con mayor participación en la acumulación de GEI, como China y USA. Entre las regiones más afectadas se encuentran las que tienen sistemas productivos más sensibles al clima como África, el Sur y Sur-Este de Asia y América Latina. Para el caso peruano se estima, basado en el marco teórico propuesto por Dell, et al (2008), que un aumento de 2°C en la temperatura máxima y 20% en la variabilidad de las precipitaciones al 2050, generaría una pérdida de 6% respecto al PBI potencial en el año 2030, mientras que en el año 2050 estas pérdidas serían superiores al 20%; reduciéndose estas pérdidas a menos de la tercera parte en caso se adopten políticas globales que estabilicen la variables climáticas al 2030.

DEL MONTE, P. y LLUCH – COTA, S. (2013) en el artículo “CAMBIO CLIMÁTICO Y AMNIOTAS MARINOS: EVIDENCIAS, HIPÓTESIS E INCERTIDUMBRE” presentado en la revista “INTERCIENCIA - Nov 2013, Vol. 38 N° 11 0378-1844/13/11/712-07” precisa lo siguiente: Los ecosistemas marinos están respondiendo al cambio climático y en todos los mares del mundo se registran ejemplos que lo demuestran. Aunque

no existe un efecto unívoco del cambio climático en los amniotas marinos, los estudios indican que hay tres tipos de respuestas interdependientes entre sí: cambios en la distribución (intervalos geográficos), cambios fenológicos (sincronización de actividades estacionales) y cambios en la dinámica trófica. Si la temperatura del mar se elevase, los patrones esperados son que las especies de amniotas marinos tropicales amplíen su distribución y que las templadas se muevan a latitudes más altas; los eventos reproductivos tenderán a adelantarse y los tiempos migratorios a retrasarse. Así mismo, el espectro de la dieta de algunas especies tenderá a cambiar progresivamente, sobre todo en aquellas que están más cercanas a la base de la pirámide trófica. Se espera que las especies estrictamente polares y las endémicas sean las más afectadas. Sin embargo, los niveles de confianza de que dichos patrones se cumplan en virtud de que sean un efecto unívoco del cambio climático, son bajos. En los amniotas marinos es más probable que los efectos del cambio climático a nivel de especie estén relacionados a procesos que dependen de variaciones en el clima, tanto de origen natural como humano, tales como los cambios en la estructura del hábitat (hielo marino) y disponibilidad de alimento.

BERNHARDT, J. y HEATHER, L. (2013) en el artículo “RESILIENCE TO CLIMATE CHANGE IN COASTAL MARINE ECOSYSTEMS” publicado en “THE ANNUAL REVIEW OF MARINE SCIENCE Vol. 5: 371-392” resume lo siguiente: La resiliencia ecológica al cambio climático es una combinación de resistencia a las perturbaciones cada vez más frecuentes y graves, capacidad de recuperación y la auto-organización y la capacidad de adaptarse a las nuevas condiciones. Aquí, nos centramos en tres grandes categorías de propiedades ecológicas que sustentan la resiliencia: la diversidad, conectividad y capacidad de adaptación. La diversidad aumenta la variedad de respuestas a la perturbación y la probabilidad de que las especies pueden compensar entre sí. La conectividad entre las especies, las poblaciones y los ecosistemas aumenta la capacidad de recuperación, proporcionando fuentes de propágulos, nutrientes y legados biológicos. La capacidad de adaptación

incluye una combinación de plasticidad fenotípica, la variedad de especies, cambios y micro-evolución. Se discute la evidencia empírica de cómo estos mecanismos evolutivos y ecológicos contribuyen a la resiliencia de los ecosistemas marinos costeros siguientes trastornos relacionados con el cambio climático, y cómo los administradores de recursos pueden solicitar esta información para mantener estos sistemas y los servicios de los ecosistemas que proporcionan.

GUTIÉRREZ, D. y otros, en el artículo “SENSIBILIDAD DEL SISTEMA DE AFLORAMIENTO COSTERO DEL PERÚ AL CAMBIO CLIMÁTICO E IMPLICACIONES ECOLÓGICAS” publicado en la Revista Peruana Geo – Atmosférica RPGA (3), 1-26(2011) en su resumen expresa que: Durante por los menos las últimas tres décadas, varias señales del calentamiento global han sido observadas en el Océano Pacífico, que consisten en el aumento de las temperaturas superficiales del mar, el aumento de la estratificación térmica, así como la expansión de las zonas mínimas de oxígeno. Paralelamente, las series de tiempo disponibles sugieren una disminución de la temperatura superficial del mar desde la costa central del Perú hasta la costa norte de Chile, así como una tendencia positiva en la productividad primaria cerca de la costa. Otros parámetros oceanográficos, como la profundidad de la oxiclina, así como indicadores ecosistémicos en niveles tróficos superiores de cambios poblacionales y de distribución, exhiben una fuerte señal interdecadal que limita la determinación de tendencias recientes. Para el futuro un alto grado de incertidumbre caracteriza los modelos regionales para las respuestas de corto y mediano plazo del sistema acoplado océano-atmósfera al calentamiento global en el Pacífico Sudeste. Los modelos actuales convergen en general hacia un calentamiento significativo y a un aumento de la estratificación termal. Para el dominio costero, hay dos posibles escenarios en debate: el primero postula una intensificación de las surgencias costeras debido a interacciones tierra/atmósfera/océano, mientras que el segundo visualiza un debilitamiento de las surgencias costeras, asociado al debilitamiento de los alisios y de la Circulación de Walker. Dicha incertidumbre refleja nuestro limitado conocimiento de los

procesos físicos locales y regionales que pueden amplificar o amortiguar los efectos del calentamiento global. No obstante, considerando la variabilidad interdecadal y/o la inercia de las tendencias actuales, el primer escenario (enfriamiento costero) parece ser más probable en la próxima década, mientras que el escenario de calentamiento se desarrollará con mayor probabilidad a más largo plazo o cuanto menor sea la mitigación de los gases de efecto invernadero. Ambos escenarios pueden desplazar al sistema de afloramiento costero fuera de la „ventana óptima ambiental“ que sostiene a la inmensa población de la anchoveta, debido a la compresión de su hábitat natural o por la disminución en el éxito del reclutamiento. Un aspecto crítico para la evolución futura del sistema es si la capa de mínima de oxígeno se aproximará a la superficie, asociada a la intensificación de la estratificación termal, o si, por el contrario, se profundizará, a causa de una mayor ventilación subsuperficial y de la reducción de la respiración en la columna de agua. En cualquiera de los casos, son necesarias medidas de adaptación para las pesquerías y las comunidades locales, con el fin de aminorar la vulnerabilidad del ecosistema, sus recursos y pesquerías y de las poblaciones humanas costeras.

HARLEY C., y otros (2006) en el artículo “THE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE IN COASTAL MARINE SYSTEMS” publicado en “ECOLOGY LETTERS; Volume 9, Issue 2, pag. 228–241 DOI: 10.1111/j.1461-0248.2005.00871.x” precisa que: El cambio climático global antropogénico tiene profundas implicaciones para los ecosistemas marinos y los sistemas económicos y sociales que dependen de ellos. La relación entre la temperatura y el rendimiento individual se entiende razonablemente bien, y mucha investigación relacionada con el clima se ha centrado en los posibles cambios en la distribución y abundancia impulsadas directamente por la temperatura. Sin embargo, el trabajo reciente ha revelado que tanto los cambios abióticos y respuestas biológicas en el océano serán sustancialmente más complejo. Por ejemplo, los cambios en la química del océano pueden ser más importantes que los cambios en la temperatura para el funcionamiento y

la supervivencia de muchos organismos. La circulación oceánica, que impulsa el transporte de larvas, también cambiará, con importantes consecuencias para la dinámica de la población. Por otra parte, los impactos climáticos en uno o unos pocos 'especie de apalancamiento' pueden dar lugar a cambios radicales a nivel comunitario. Por último, los efectos sinérgicos entre el clima y otras variables antropogénicas, especialmente la presión de pesca, probablemente exacerbará los cambios inducidos por el clima. Los esfuerzos para manejar y conservar los sistemas marinos que viven en la cara del cambio climático requerirán mejoras en el marco de predicción existentes. Direcciones clave para futuras investigaciones incluyen la identificación de las transiciones demográficas clave que la dinámica de la influencia de la población, la predicción de los cambios en los impactos a nivel de comunidad de especies ecológicamente dominantes, incorporando capacidad poblaciones de evolucionar (adaptación), y la comprensión de las escalas sobre las que el clima va a cambiar y los sistemas vivos responderá.

GUTIERREZ D. y otros (2014) En el artículo "IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL MAR PERUANO: TENDENCIAS ACTUALES Y FUTURAS" presentado por el INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ – (IMARPE), LIMA, PERÚ y otras instituciones. Resumen lo siguiente: El Sistema de la Corriente de Humboldt es uno de los ecosistemas de producción de peces más eficientes del mundo gracias a la abundancia de fitoplancton que aflora con aguas frías y ricas en nutrientes hacia las capas iluminadas superficiales del océano. Se ha observado que la temperatura de la capa superficial del mar muestra un enfriamiento desde hace más de 150 años, lo cual sería favorable al ecosistema. Las investigaciones actuales buscan entender si la tendencia de enfriamiento observada en la segunda parte del siglo 20 es natural o forzada por el cambio climático. También buscan elaborar diferentes escenarios posibles de cambio climático futuro y sus impactos sobre el ecosistema de afloramiento costero del Perú y sus recursos pesqueros. Para obtener proyecciones más acertadas, los modelos utilizados actualmente para simular cambios regionales futuros deben mejorar la integración de varios

efectos, tanto físicos como bioquímicos (como los vientos costeros y la desoxigenación) y tener una resolución espacial más fina para representar mejor los procesos costeros en las zonas claves del afloramiento.

MOYA, F. (2014) en el artículo “VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS DE LA ULVA LACTUCA POR EFECTO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS RELACIONADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO” presentado en el “CONGRESO NACIONAL DE DERECHO AMBIENTAL Y CIENCIAS AMBIENTALES, LIMA – PERÚ” concluye lo siguiente: El esfuerzo de simulación a pequeña escala para representar los efectos que pudiesen generar los parámetros determinantes del incremento de cambio climático muestra una evaluación de la vulnerabilidad del ecosistema marino costero y por ende de los océanos respecto al aumento de la gradiente de temperatura. Especies como la *Ulva Lactuca*, de distribución geográfica amplia, se ven afectadas drásticamente con estos cambios, sufriendo consecuencias directas como la variación del color (lo que indica menor posibilidad de realizar fotosíntesis), rigidez en su textura debido a la cristalización generada por el gran incremento de la tasa de evaporación. La totalidad del ecosistema marino costero se ve alterado, cambiando sus características básicas por un hábitat totalmente árido, cristalizado y cubierta de cúmulos de sal. Estos parámetros se presentan en la realidad en el ambiente, lo que implica tomar las medidas necesarias para frenar e invertir la tendencia positiva del aumento de la temperatura ambiental, ya que las especies que habitan estos ecosistemas mantienen su supervivencia con rangos bajos de salinidad y temperatura.

ARELLANO C. y otros (2005) En el artículo “FITOPLANCTON DE LA PLAYA LOS PESCADORES, CHORRILLOS, LIMA, PERU, INVIERNO 2005.” Publicado por la UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL, PERÚ. Indica en su trabajo lo siguiente: El objetivo de este trabajo fue conocer la composición y distribución semanal del fitoplancton del Muelle artesanal de la Playa Los Pescadores, Chorrillos, Lima, Perú

durante el invierno del 2005. Resultados: Temperatura.- la temperatura superficial del mar fluctuó entre 14°C y 15.5 °C. Entre el 25 de Agosto y el 22 de Setiembre, la temperatura promedio fue de 15°C. Composición y abundancia del fitoplancton.- Se identificaron en total 39 especies componentes del fitoplancton, de las cuales 32 fueron diatomeas, 6 dinoflagelados y 1 silicoflagelado. La densidad fitoplanctónica total presento volares que fluctuaron entre 82 cel. /L y 1664 cel. /L.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Calentamiento Global.

El calentamiento global se refiere a un aumento gradual de la temperatura en la atmósfera terrestre y en los océanos registrado en las últimas décadas. Aunque el término no lo indica, este calentamiento suele asociarse a las actividades realizadas por el hombre. La producción excesiva de dióxido de carbono aumenta la existencia de los gases con efecto invernadero, que son aquellos que captan fotones procedentes de la tierra al ser calentada por el sol, pero que no generan ninguna reacción química sino que rotan aumentando la temperatura del aire.(PEARSON EDUCATION LIMITED, 2011. pág. 284)

2.2.2. Cambio Climático.

(...) Es el incremento de temperatura debido a una mayor concentración de los gases de efecto invernadero, principalmente el dióxido de carbono (CO₂). Siendo el CO₂ el responsable del 60% de este efecto invernadero. El ser humano es el principal responsable de las grandes emisiones de los GEI especialmente desde el inicio de la revolución industrial donde los procesos de combustión aumentaron exponencialmente. (SUAREZ, 2012. pág. 130, 139,140)

Los niveles de los océanos podrían aumentar hasta 70 centímetros para el año 2100 a causa del cambio climático, un incremento que no podría afrontar ninguna ingeniería, como la limitación del efecto de los rayos del sol o cambiar el ciclo del carbono, según un nuevo estudio. Hoy por hoy, no existe ninguna solución para la que se nos avecina. Ni los ingenios más sofisticados y extremos podrían detener el cambio climático ni uno de sus principales resultados, el avance del mar. (PEARSON EDUCATION LIMITED, 2011. pág. 289)

2.3.3. Vulnerabilidad.

El Cuarto Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) describe la vulnerabilidad como el grado al cual un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los extremos. Además indica que la vulnerabilidad es una función del carácter, magnitud, y el ratio del cambio climático y variación a la cual un sistema está expuesto, su sensibilidad y su capacidad adaptativa. (INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU, 2015.)

2.3.4. Fitoplancton

Organismos fotosintéticos pertenecientes al grupo conocido como plancton u microorganismos marinos. Eslabón inicial de la cadena trófica. Es la estructura biótica base del ecosistema marino.

2.3.5. Radiación Solar.

La radiación solar es la fuente primaria de energía para muchas formas de vida en la Tierra y el mayor factor desequilibrante de la atmosfera. (...) Siendo $16\text{W}/\text{m}^2$ en forma de calor sensible, el cual es emitido por conducción a la atmosfera, mientras el calor latente de $90\text{W}/\text{m}^2$, es emitido mediante calor de evaporación de los océanos. (SUAREZ, 2012. pág. 32,34). La radiación que absorben los océanos penetra a mayores profundidades – llega a 300m. aprox. – en consecuencia su calentamiento

y enfriamiento es más lento. (...)Las zonas costeras tienen climas regulares, es decir, menor oscilación térmica, porque reciben vientos húmedos y templados del océano. (AYLLON, T. 1996. pág. 46)

2.3.6. Gases de Efecto Invernadero.

Pequeñas cantidades de CO₂ y vapor de agua, y trazas de otros gases (O₃, CH₄, NO_x, CFC, etc.) de la troposfera, tienen una función clave en la determinación de la temperatura media de la tierra y, por tanto, sus climas. (TYLER, G. 1994. pág. 128)

2.3.7. Ecorregión del Mar Frio de la Corriente Peruana.

Comprende la porción del Pacífico Oriental donde ejerce su influencia la Corriente Oceánica Peruana de aguas frías, desde los 5° latitud Sur hasta el centro de Chile. Presenta una extraordinaria variedad de flora y fauna, especialmente en lo referente a algas, mamíferos, peces, moluscos y crustáceos. (Suarez, 2012. pág. 219)

2.3.8. Temperatura.

Es el grado sensible del calor. Se entiende por temperatura del aire en superficie, la que existe entre una altura comprendida entre 1.25 y 2m sobre el nivel del suelo. (AYLLON, T. 1996. pág. 56) La variabilidad de la temperatura es sumamente importante desde el punto del funcionamiento de los organismos. (...) Es el efecto del calentamiento por la energía del sol, y responsable de las sensaciones de calor y frío. Influye sobre el desarrollo de las plantas, los animales, y los seres vivos. (SUAREZ, 2012. pág. 130). La temperatura (calor) controla el índice del metabolismo de la planta que alternadamente determina la cantidad de fotosíntesis que puede ocurrir. La mayoría de la actividad metabólica biológica en el océano ocurre entre 0 y 27 °C. Hay poca actividad sobre o debajo de este rango. Las temperaturas óptimas para la productividad coinciden con 15

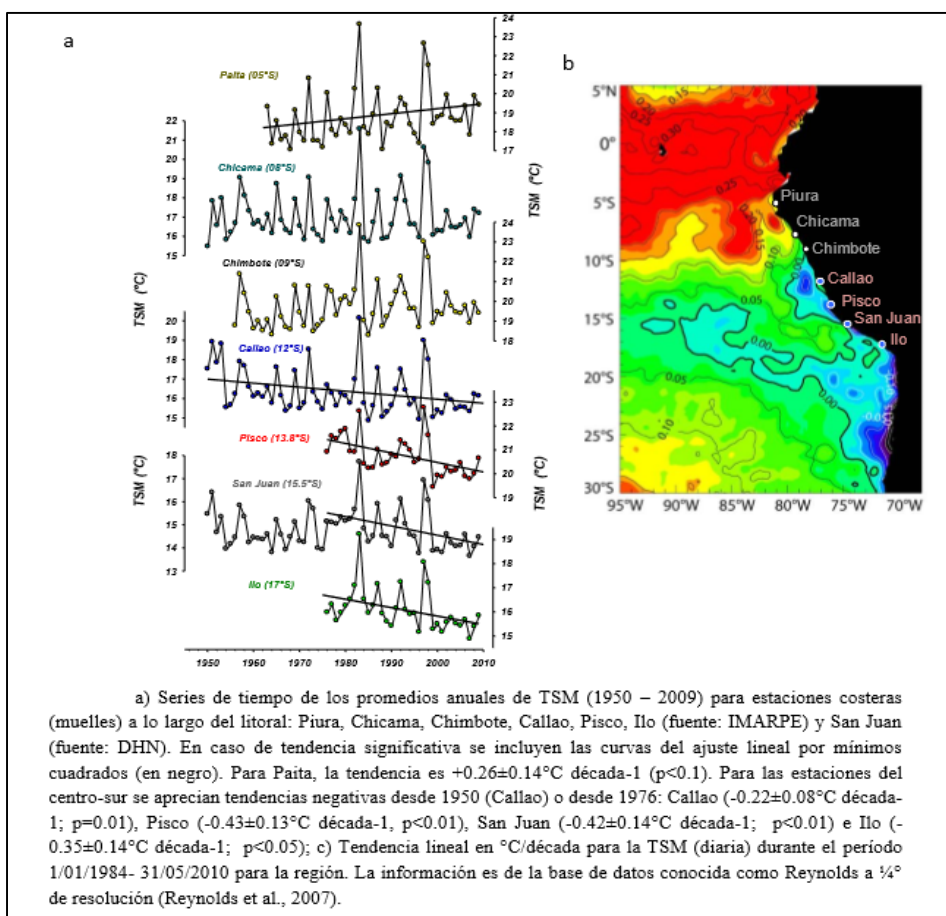
a 20 °C para la fotosíntesis. (FISIOLOGÍA VEGETAL - UNIVERSIDAD DE LA SERENA. CHILE, 2006)

Figura 4: Temperatura ambiental anual del departamento de Lima.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5: Tendencias desde 1980 de la Temperatura Superficial Media del mar (TSM) en los principales muelles del país.



Fuente: Gutiérrez, 2011

2.3.9. Salinidad.

La salinidad se define como la masa en gramos del material inorgánico disuelto en 1kg de agua de mar. La salinidad de los océanos varía entre 33 y 37% y viene regulada por el balance entre la evaporación y precipitación. (Figueruelo, Marino. Química Física del Ambiente y de los Procesos Medioambientales. Editorial Reverte, S.A. España, 2004.)

2.3.10. Clima.

Es la temperie (o tiempo) en promedio en una región. Es el patrón general de las condiciones atmosféricas o meteóricas, variaciones estacionales y extremos tempéricos en una región sobre un largo periodo – al menos 30 años. Los dos factores más importantes que determinan el clima en un área son su temperatura con sus variaciones estacionales, y la cantidad y distribución de la precipitación durante cada año. A su vez, las variaciones de estos factores son causadas por la forma inconstante en la que la luz del sol calienta el planeta, el comportamiento del aire a diferentes temperaturas, la rotación de la tierra sobre su eje inclinado, las corrientes oceánicas, la composición química de la atmosfera y la topografía. (TYLER, G. 1994. pág. 125)

2.3.11. Corrientes Oceánicas.

La rotación de la tierra, la inclinación de su eje, los vientos prevalecientes y las diferencias en la densidad del agua, originan corrientes oceánicas y derivadas superficiales (...). Redistribuyen el calor y, por tanto, influyen en el clima (...) Ayudan a mezclar las aguas oceánicas y a distribuir nutrientes y oxígeno disuelto, que necesitan los organismos marinos. (TYLER, G. 1994. pág. 127)

2.3.12. Océanos.

Tienen funciones claves en la sobrevivencia de virtualmente toda la vida sobre la tierra. (...) Tienen un papel importante en las regulaciones del clima de la tierra, por la distribución de calor solar a través de las

corrientes oceánicas y por la evaporación como parte del ciclo hidrológico global. (...) Sirviendo como un gigantesco depósito de CO₂, el océano ayuda a regular la temperatura de la troposfera mediante el efecto invernadero. (TYLER, G. 1994. pág.144)

2.3.13. Zona Costera.

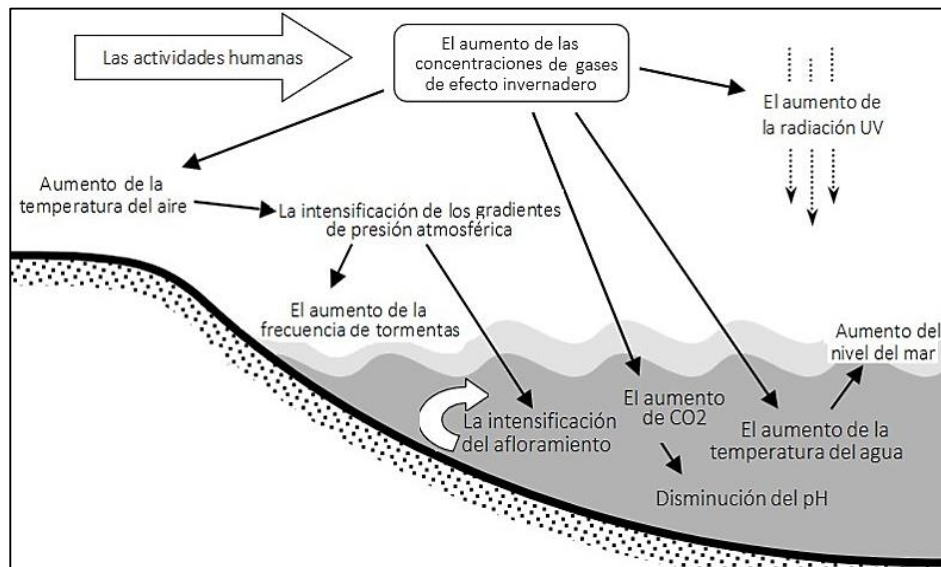
Es el agua somera, relativamente caliente, rica en materiales. Que se extiende desde la marca de marea alta sobre la tierra, hasta el ligeramente pendiente y relativamente somero borde de la plataforma continental, la parte sumergida de los continentes. La zona costera presenta menos del 10% del área oceánica del mundo, contiene 90% de todas las especies del océano y es el sitio de trabajo para la mayoría de grandes pesquerías marinas comerciales. (...) Esta amplia reserva de nutrientes, más la luz solar que penetra en estas aguas someras, sustenta enormes poblaciones de productores. Esto explica porque la delgada zona costera es la mayor fuente de productividad primaria neta de los océanos por unidad de área. (TYLER, G. 1994. pág.144)

2.3. Marco Teórico

2.3.1. Cambio Climático

Es el cambio generado en los componentes del clima, dándose en los ecosistemas marino – costeros cambios en el nivel de humedad, evaporación, corrientes marinas, temperatura.

Figura 6: Esquema de la dinámica del Cambio Climático.



Fuente: HARLEY Christopher, 2006.

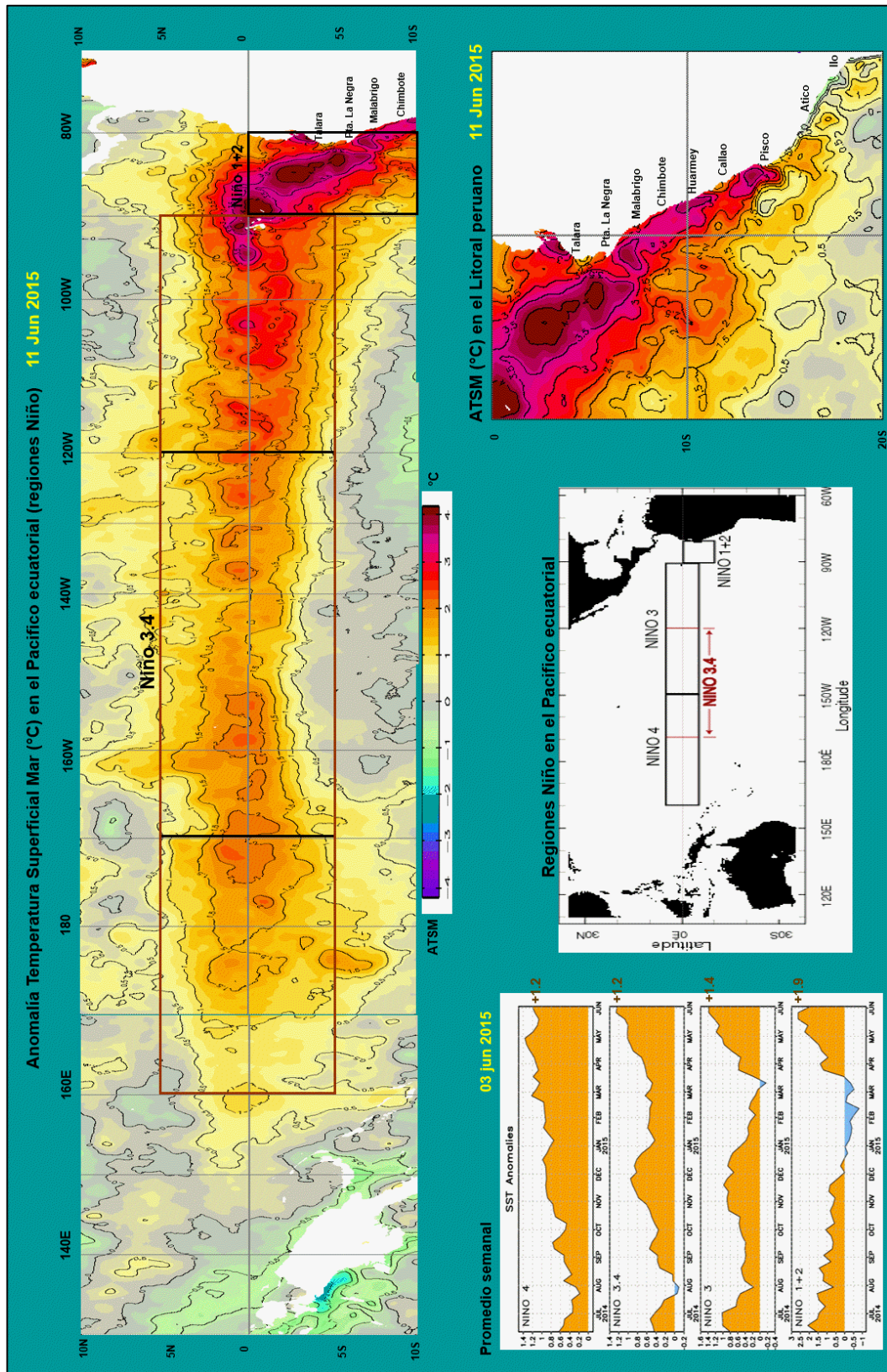
Este cambio climático según diversos estudios empieza a darse por causas antropogénicas luego de la Revolución Industrial, por el excesivo uso de combustibles fósiles. En el uso de tecnologías, se incrementó el uso de los clorofluorocarbonos los cuales tienen niveles de retención de calor superiores a los otros GEI. En la actualidad se ha incrementado en promedio 0.5% la temperatura de los océanos, siendo este pequeño porcentaje causante de las variaciones en los arrecifes coralinos, desviación de especies, cambios en los patrones climáticos, debilidad en las corrientes marinas, incremento de agua dulce al océano por el derretimiento de los glaciares, entre otros. La pendiente de cambio climática en la actualidad tiene una pendiente positiva, lo cual implica un aumento de este porcentaje de calentamiento actual.

Vargas (2009, pag.3) indica: El Perú muestra una gran vulnerabilidad ante variaciones climáticas drásticas, siendo evidencia de ello las pérdidas económicas que implicaron fenómenos como el Niño. Así, bajo un escenario pasivo los efectos del cambio climático podrían ser incluso superiores ya que los efectos se potenciarían al involucrarse otros mecanismos que afectan negativamente el crecimiento; como la pérdida de disponibilidad de recursos hídricos (para consumo humano y

generación energética) debido al retroceso glaciar, la pérdida de productividad primaria agrícola y pesquera producto del aumento de la temperatura del mar, la pérdida de biodiversidad, y efectos sobre la salud humana.

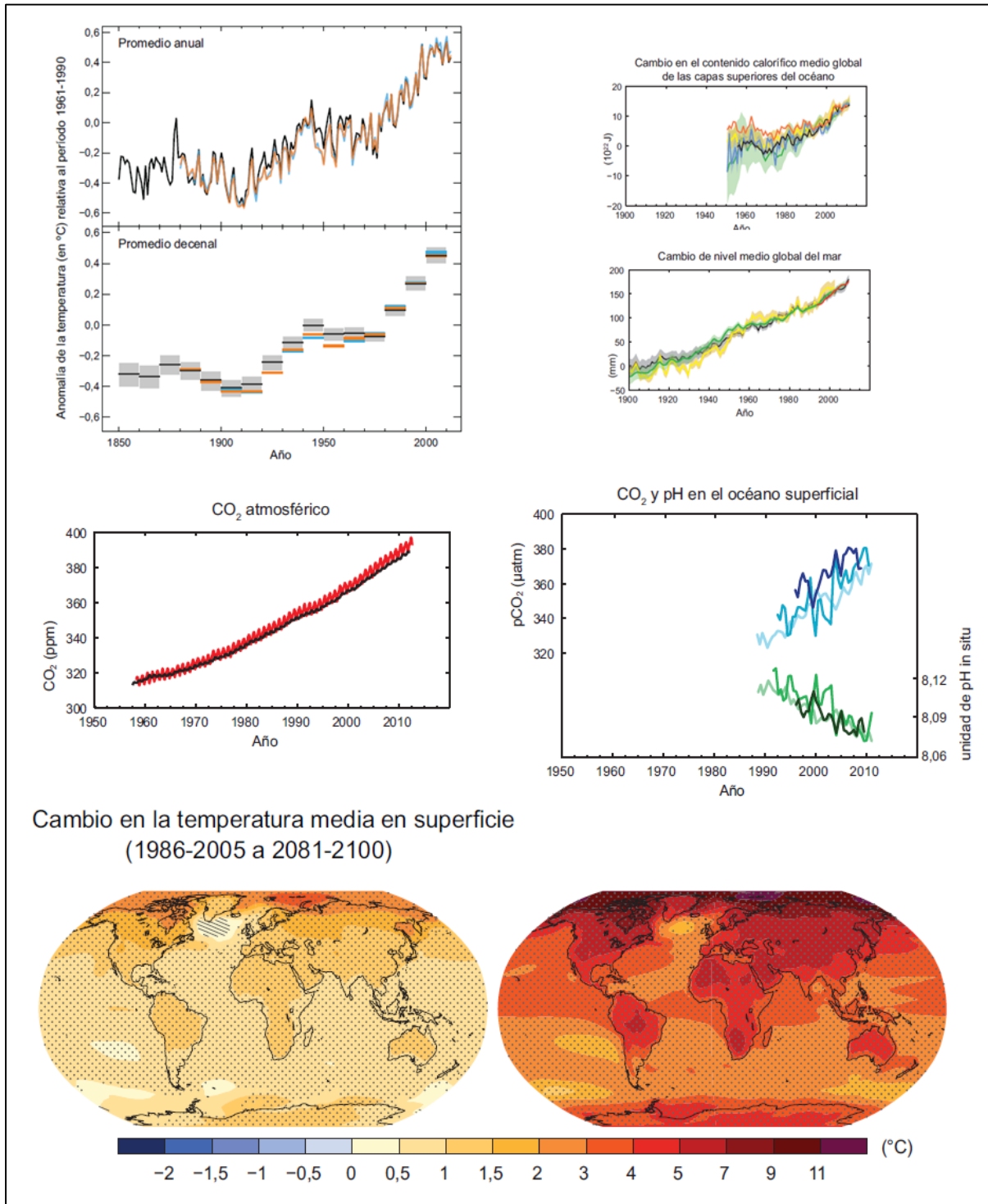
IMARPE (2013, pág. 6) indica que: En la costa peruana la Dirección de Hidrografía y Navegación del Perú (DHN) reporta que, a lo largo del litoral peruano, se registró una variación promedio de ± 0.4 °C, en las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) observándose la variación más significativa en la estación de Paita, donde se registró un incremento de 1.3 °C, respecto al mes anterior. Predominaron las anomalías negativas que fluctuaron entre 0.2 °C (Ilo) y 2.0 °C (Lobos de Afuera). En general, las anomalías del nivel medio del mar (NMM) registraron un incremento promedio de 1.0 cm; a excepción, de la estación de Mollendo que presentó un descenso de 2.0 cm, mientras que, en las estaciones de Lobos de Afuera y San Juan, no se han observado cambios, respecto al mes anterior. Predominaron las anomalías positivas que fluctuaron entre 1.0 cm (Callao y San Juan) y 7.0 cm (Lobos de Afuera y Chimbote). Se registró un descenso promedio de 0.5 °C en las anomalías de la TA, a excepción de Mollendo, donde se ha observado un incremento de 0.1 °C, respecto al mes anterior. Predominaron las anomalías negativas, que fluctuaron entre 0.5 °C (San Juan y Mollendo) y 1.6 °C (Chimbote); a excepción, de la estación de Ilo, que presentó una anomalía positiva de 0.6 °C. Durante el mes, solamente en el Callao se registraron lloviznas tipo trazas. En el litoral peruano se presentaron vientos de dirección Sur y Sureste. Con relación a la velocidad del viento, predominaron las anomalías negativas, que fluctuaron entre 0.2 m/s (Chimbote) y 2.7 m/s (San Juan); a excepción de las estaciones del Callao, Mollendo e Ilo, que registraron anomalías positivas de 0.2, 0.9 y 0.3 m/s, respectivamente.

Figura 7: Anomalia de la Temperatura Superficial Media del Mar.



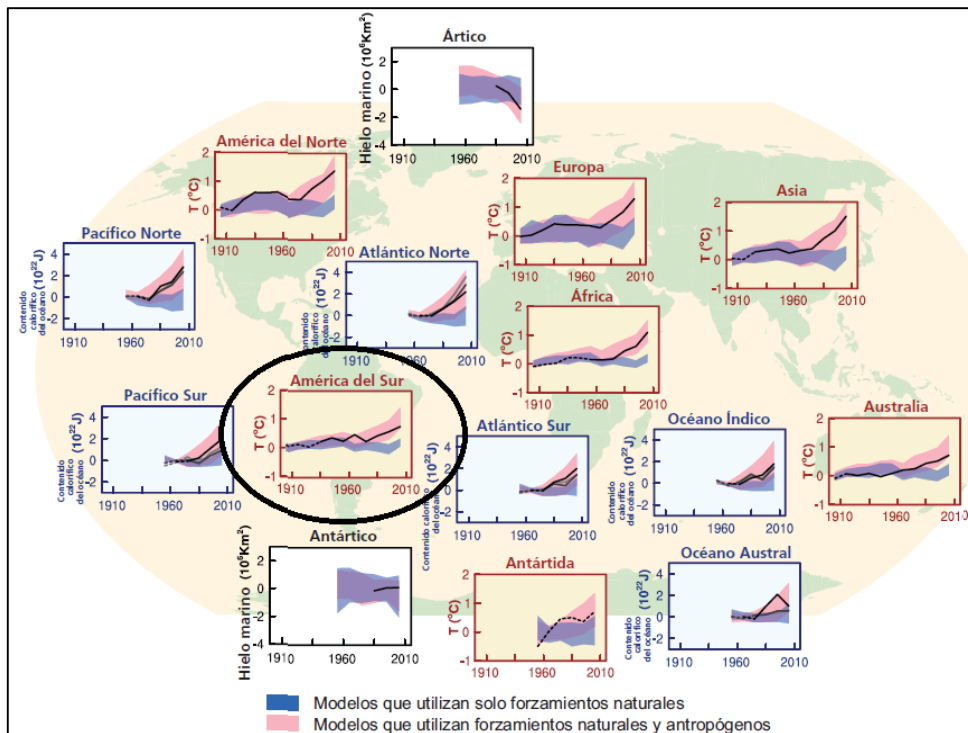
Fuente: IMARPE, 2015.

Figura 8: Resumen de Resultados del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.



Fuente: IPCC 2013

Figura 9: Tendencias de los principales parámetros climáticos a través del tiempo.



Fuente: IPCC 2013

Estrategias frente al cambio climático mostradas a Noviembre del 2014 por el Ministerio del Ambiente

- Plan Nacional de Acción Ambiental PLANAA 2011 – 2021.
(Aprobado por DS 014-2011-minam)
Instrumento de planificación nacional de largo plazo que contiene las metas y acciones prioritarias en materia ambiental al 2021.
En materia de Cambio Climático establece como meta: “reducción a cero de la tasa de deforestación en 54 millones de hectáreas de bosques primarios bajo diversas categorías de ordenamiento territorial contribuyendo, conjuntamente con otras iniciativas, a reducir el 47.5% de emisiones de GEI en el país, generados por el cambio de uso de la tierra; así como a disminuir la vulnerabilidad frente al cambio climático”.

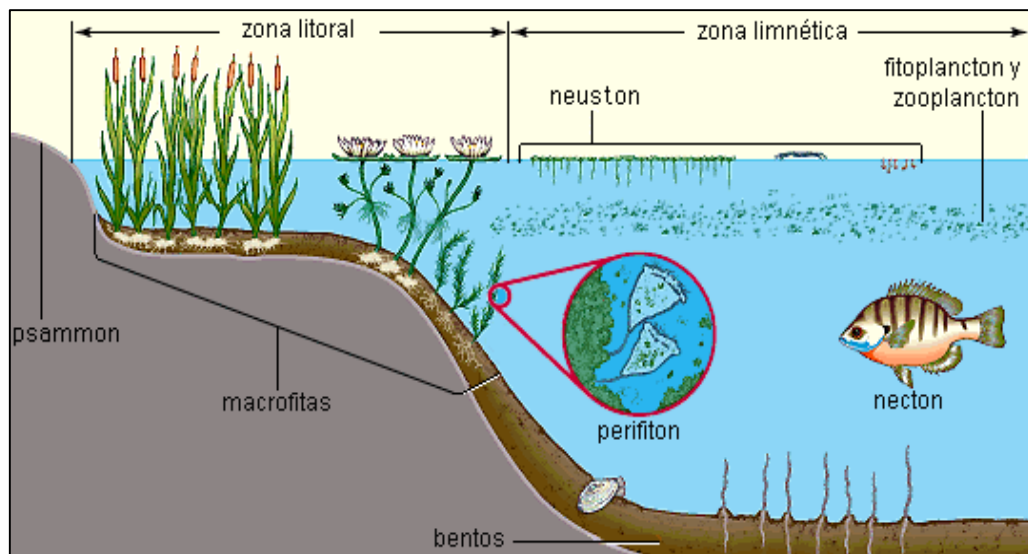
- Plan Bicentenario: El Perú hacia el 2021.
(Aprobado por DS-054-2011-PCM)
Primer Plan Estratégico de Desarrollo Nacional en el que se definen seis ejes estratégicos o políticas nacionales de desarrollo que deberá seguir el Perú en los próximos diez años. El eje estratégico 6: Recursos Naturales y Ambiente, establece la adaptación al Cambio Climático como una de sus cinco prioridades. Desarrolla objetivos específicos, indicadores, metas y acciones estratégicas al respecto.
- Plan de Acción de Adaptación y Mitigación frente al Cambio Climático – PAAMCC.
Describe la propuesta del MINAM para programas, proyectos y acciones prioritarias de corto y mediano plazo en relación al cambio climático. Desarrolla objetivos estratégicos, líneas temáticas e indicadores generales para evaluar los avances del Plan.
- Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres
PLANAGERD 2014 – 2021
Aprobado por el DS 034 - 2014 – PCM
Es de considerar que las modificaciones en las condiciones del clima como consecuencias de los efectos del cambio climático constituyen riesgos para el desarrollo sostenible entre estos cambios progresivos en el clima están: 1) el aumento de la temperatura incluyendo cambios en las estaciones y olas de calor; 2) períodos de frío y 3) alteraciones en la cantidad, la intensidad y la estacionalidad de precipitación y nebulosidad.
En ese sentido las probabilidad de incremento en la frecuencia y la intensidad de peligros en el Perú tales como inundaciones, sequías, heladas, movimiento de masas, friajes y granizadas en un país mega diverso como el Perú con 28 de los 32 climas existentes en el mundo van a variar los efectos del cambio climático como el retroceso de los glaciares que generaría como parte del año una abundancia de recurso hídrico en el corto plazo. La pérdida acelerada de la

superficie de los glaciares 22% desde 1980 según el MINAM crea mayores peligros y hacen más probables las avalanchas (aludes y los desbordes de lagunas glaciares). Finalmente, es necesario precisar, que el proceso de cambio climático puede conducir a cambios en los parámetros del clima y entre ellos en las dimensiones, la intensidad, la recurrencia y la localización de eventos Hidrometeorológicos potencialmente dañinos. Esto es, podría aumentar y ampliar los fenómenos ya existentes y hasta sumar nuevos

2.3.2. Fitoplancton

Son aquellos organismos bases de la cadena trófica a nivel microscópico de alimentación primaria por fotosíntesis. Para las aguas de las costas de Perú, el nivel de visibilidad de los organismos marino – costeros es menor a 1m de profundidad, considerándose a los organismos que comprenden hasta las 5 millas de profundidad, dentro de la zona de pesca artesanal. Estos organismos son los de mayor susceptibilidad al estrés ambiental, viéndose afectados por el Cambio Climático.

Figura 10: Esquema de los principales organismos que conforman el ecosistema marino costero.



Fuente: Eco – Revista LA OROPÉNDOLA 100% SOSTENIBLE, 2014.

El “Institut de Ciències del Mar” (2012, pág. 1 a pág. 5) indica que: El conjunto de organismos que viven en suspensión dentro de la masa de agua constituyen el plancton. Cuando el agua se desplaza, traslada a ella en estos organismos. Dentro del agua hay una gran cantidad de organismos microscópicos: como virus, las arqueas y las bacterias, entre los más pequeños, y las algas unicelulares, entre los organismos microscópicos más grandes.

El plancton se subdivide en general en:

- Bacterioplancton
- Fitoplancton (organismos fotosintetizadores –autótrofos)
- Zooplancton

Todos los organismos fotosintéticos del plancton, sobre todo algas y algunas bacterias, constituyen el llamado Fitoplancton. Es decir, el fitoplancton está compuesto, sobre todo, por organismos autótrofos unicelulares aislados o que forman cadenas o agregados y que se sitúan en aguas superficiales. Los grupos dominantes son diatomeas, dinoflagelados, coccolitoforales, silicoflagelados y cianofíceas, que se alteran tanto en el espacio como en el tiempo.

Algunos organismos del fitoplancton pueden resistir en el sedimento largo tiempo bajo la forma de quistes de resistencia. Los organismos del fitoplancton contienen pigmentos fotosintéticos y, por lo tanto, realizan la fotosíntesis: son productores primarios. Esto requiere que estén siempre en una zona iluminada del mar, es decir, en las capas más superficiales. Mediante la fotosíntesis, captan del agua una considerable cantidad de dióxido de carbono de la atmosfera, y liberan al mar parte del oxígeno que los organismos marinos necesitan para vivir.

Un alto porcentaje de este oxígeno ira a parar a la atmosfera; de hecho, se calcula que el 50% del oxígeno que hay en la atmosfera proviene de la actividad del fitoplancton.

Von Hesse (2013) expresa que: De acuerdo a un informe publicado por “The Washington Post” (Set. 2013), se alerta que, durante los últimos 30

años, el derretimiento de los glaciares ha ocasionado que el Perú pierda el 22% de las superficies de glaciares. Las elevadas temperaturas también han producido un cambio en el patrón de lluvias, se ha alterado el aspecto y localización de muchos de los lagos y riachuelos.

De acuerdo a Costas (2011) existen 4 tipos de fitoplancton:

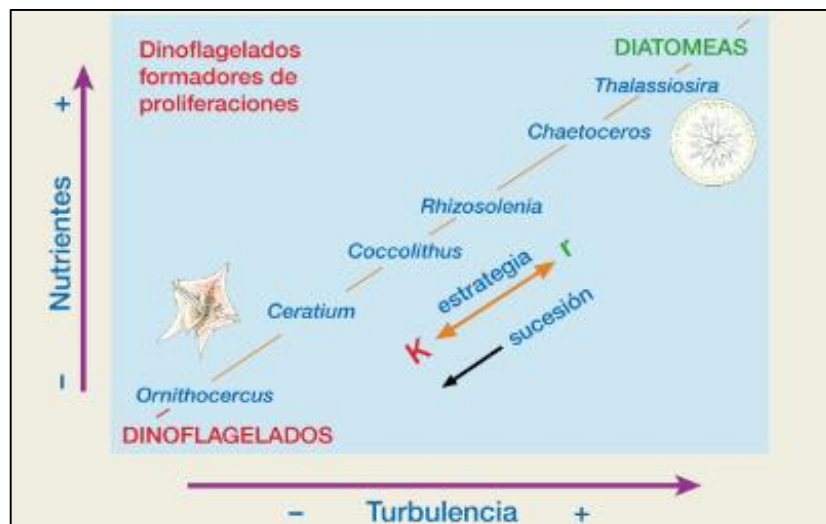
A. Fitoplancton Oceánico; Colonizan el aprox. 65% del planeta: Condicionado a una densidad de nutrientes baja, obligados a vivir cerca de la superficie. Son responsables del 30% de la producción primaria tota del planeta.

B. Fitoplancton Costero; constituidos básicamente por microalgas. Viven en zonas donde afloran nutrientes debido a fenómenos oceanográficos zonas como el upwelling o circulación estuaria. En periodos adversos se adhieren al sustrato. Ocupan el 8% de la superficie total del planeta, sin embargo brindan el 12% de la producción primaria total, que constituyen las zonas de gran pesquería.

C. Fitoplancton Endosimbionte en los corales, y

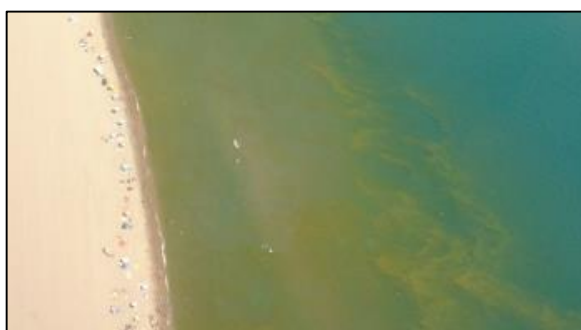
D. Fitoplancton de Aguas Continentales

Figura 11: Presencia de especies de fitoplancton según las condiciones climáticas.



Fuente: Institut de Ciències del Mar, 2012

Figura 12: Muestra de Proliferación de fitoplancton.



Fuente: Institut de Ciències del Mar, 2012

Cuadro 3: Ejemplo de especies de fitoplancton y su adaptación a ambientes extremos.

| Especie | División | Ambiente Extremo | ¿Consiguen adaptación fisiológica? |
|-------------------------------|-----------------|---|------------------------------------|
| Scenedesmus intermedius | Chlorophyta | Vertido toxico de lodos de Aznalcollar | No |
| Spirogyra insignis | Conjugatophyta | Aguas sulfurosas de La Hedionda | No |
| Dictyosphaerium chlorelloides | Chlorophyta | Rio Tinto (acido + metales pesados) | No |
| Microcystis aeruginosa | Cyanoprokariota | Rio Tinto (acido + metales pesados) | No |
| Dictyosphaerium chlorelloides | Chlorophyta | Mynydd Parys (UK) (acido + metales pesados) | No |
| Dictyosphaerium chlorelloides | Chlorophyta | Rio Agrio (acido + metales pesados) | No |
| Dictyosphaerium chlorelloides | Chlorophyta | Bagno Vignoni (Italia) (aguas termales) | Si |
| Dictyosphaerium chlorelloides | Chlorophyta | Amiana Marni (Italia) (aguas termales) | No |
| Dictyosphaerium chlorelloides | Chlorophyta | Infierno Sujo (Italia) (aguas termales) | No |
| Dictyosphaerium chlorelloides | Chlorophyta | Puzzoli (Italia) (aguas termales) | No |
| Dictyosphaerium chlorelloides | Chlorophyta | Doña Sara (Argentina) (aguas termales) | Si |
| Microcystis aeruginosa | Cyanoprokariota | Bagno Vignoni (Italia) (aguas termales) | Si |
| Microcystis aeruginosa | Cyanoprokariota | Infierno Sujo (Italia) (aguas termales) | No |
| Microcystis aeruginosa | Cyanoprokariota | Puzzoli (Italia) (aguas termales) | No |

Fuente: Costas y Rodas. 2011.

2.4. Marco Legal

2.4.1. Acuerdos Internacionales

- Acuerdo para la Creación del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global. Montevideo, 13 de marzo de 1992. Ratificado por Resolución Legislativa N° 26377 del 29 de octubre de 1994. Entró en vigencia el 17 de febrero de 1995.
- Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio Climático. Kyoto, 11 de diciembre de 1997. Ratificado por Decreto Supremo N° 080-2002-RE del 10 de setiembre de 2002. Entró en vigencia el 11 de setiembre de 2002.
- Acuerdo de Copenhague: fue firmado por 29 estados, entre ellos Perú. El acuerdo no logró el respaldo de todos los países y fue muy criticado porque omite el monto global de reducción de emisiones de gases. La declaración alude a la necesidad de limitar la subida de las temperaturas en dos grados con respecto al nivel de 1900, aunque no fija qué medidas se adoptarán para ello ni un plazo. Perú presentó tres acciones voluntarias para la mitigación en el anexo B del Acuerdo. Estas acciones voluntarias incluyen:
 - i) Cero deforestación al 2021.
 - ii) 33% de toda la energía en el Perú provendrá de fuentes renovables al 2020.
 - iii) Incremento de las medidas para reducir emisiones de residuos sólidos.
- Convenio para la Protección del Medio Marino y la zona Costera del Pacífico Sudeste. Lima, 12 de noviembre de 1981. Ratificado por Resolución Legislativa N° 24926 del 25 de octubre de 1988. Entró en vigencia el 27 de diciembre de 1988.

- Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas marinas y Costera Protegidas del Pacífico Sudeste. Paipa, 21 de setiembre de 1989. Ratificado por Resolución Legislativa N° 26468. Entró en vigencia el 17 de octubre de 1995.

2.4.2. Acuerdos Nacionales

- LEY GENERAL DEL AMBIENTE (LEY N° 28611)

Artículo 97.- De los lineamientos para políticas sobre diversidad biológica

La política sobre diversidad biológica se rige por los siguientes lineamientos:

a. La conservación de la diversidad de ecosistemas, especies y genes, así como el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales de los que depende la supervivencia de las especies.

Artículo 101.- De los ecosistemas marinos y costeros

101.1 El Estado promueve la conservación de los ecosistemas marinos y costeros, como espacios proveedores de recursos naturales, fuente de diversidad biológica marina y de servicios ambientales de importancia nacional, regional y local.

Artículo 120.- De la protección de la calidad de las aguas

120.1 El Estado, a través de las entidades señaladas en la Ley, está a cargo de la protección de la calidad del recurso hídrico del país.

- POLITICA NACIONAL DEL AMBIENTE (DS 012-2009-MINAM)

Eje 1: Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica

Objetivo: 7. Lograr la adaptación de la población frente al cambio climático y establecer medidas de mitigación, orientadas al desarrollo sostenible.

Lineamientos de Política:

1. Diversidad Biológica:

a) Impulsar la conservación de la diversidad de ecosistemas, especies y recursos genéticos, y el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales de los que depende la supervivencia de las especies.

7. Ecosistemas Marino – Costeros:

b) Promover el aprovechamiento sostenible y conservación de la diversidad biológica de los ecosistemas marino-costeros, con especial énfasis en los recursos pesqueros.

9. Mitigación y adaptación al Cambio Climático.

11. Ordenamiento Territorial:

b) Incorporar en los procesos de Ordenamiento Territorial el análisis del riesgo natural y antrópico, así como las medidas de adaptación al cambio climático.

- ESTRATEGIA NACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO

(DS N° 086-2003-PCM)

I. EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU IMPORTANCIA EN EL PERÚ

El efecto invernadero es un fenómeno natural necesario para la vida en la Tierra. Sin él, la temperatura sería de 18° C bajo cero, no

tendríamos agua en forma líquida. El efecto invernadero es la absorción de parte de la radiación solar que es reflejada por la tierra. Ello hace que la temperatura promedio del planeta sea aproximadamente 15° C. Esta absorción del calor se produce por los llamados gases de efecto invernadero (GEI), principalmente el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso. Sin embargo, en los últimos doscientos años, en la era industrial, las actividades humanas han aumentado su concentración en la atmósfera a niveles mayores. Asimismo, el hombre ha fabricado gases no naturales, como son los gases fluorados. Algunos de ellos además de dañar la capa de ozono tienen un potencial de calentamiento de la tierra muy elevado.

3. DIAGNOSTICO SOCIAMBIENTAL

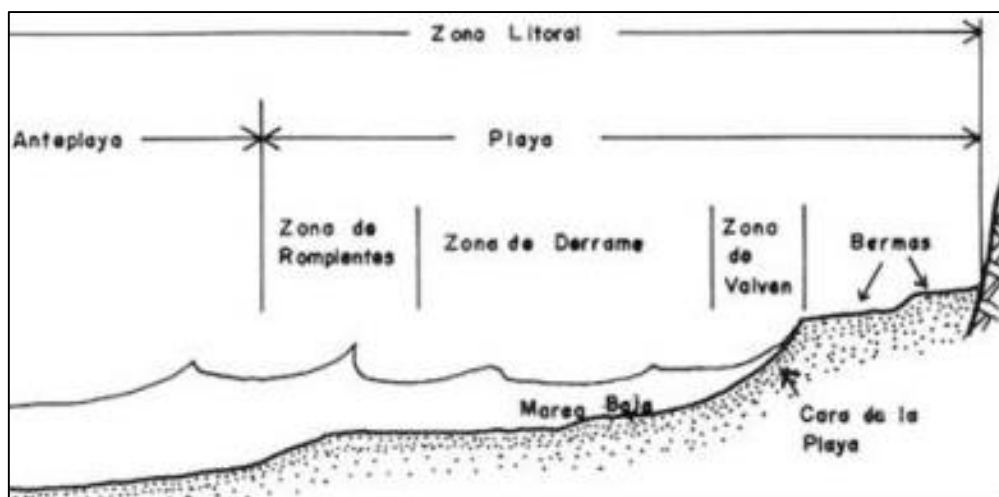
3.1. Área de Influencia

La Playa Agua Dulce es una de las playas de mayor incidencia de bañistas en el distrito de Chorrillos. Debido a que pertenece a la ecorregión del mar frío, cuenta con una abundancia de nutrientes.

La playa Agua Dulce cuenta con una extensión de 3.64 Km² y pertenece a la Categoría 2: Actividades Marino Costeras, Sub Categoría 1: Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalvos; en base a la Resolución Jefatural N° 264 - 2015 – ANA. Sin embargo, es también una de las playas más contaminadas de la zona.

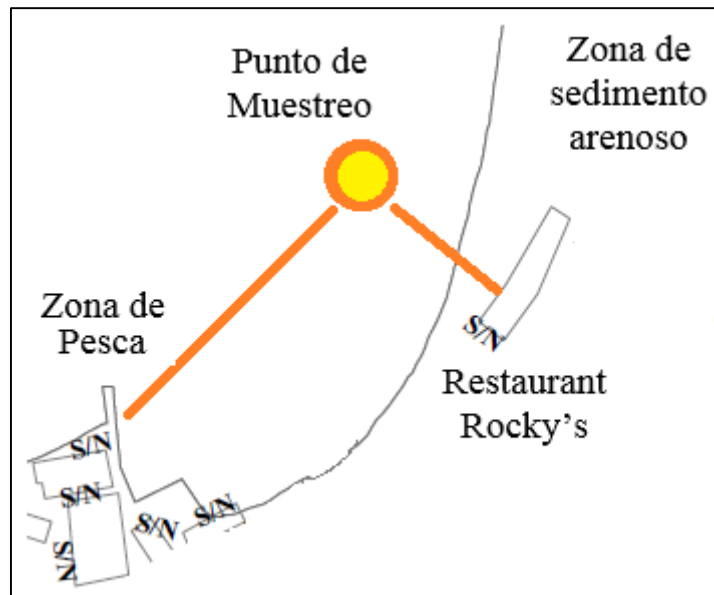
Para la presente investigación se utilizó como criterios de ubicación la cercanía de la zona de pesca a la anteplaya, representando una zona de riqueza de nutrientes, y la distancia a la zona de berma, teniendo como un referente el restaurant Rocky's.

Figura 13: Perfil de una playa.



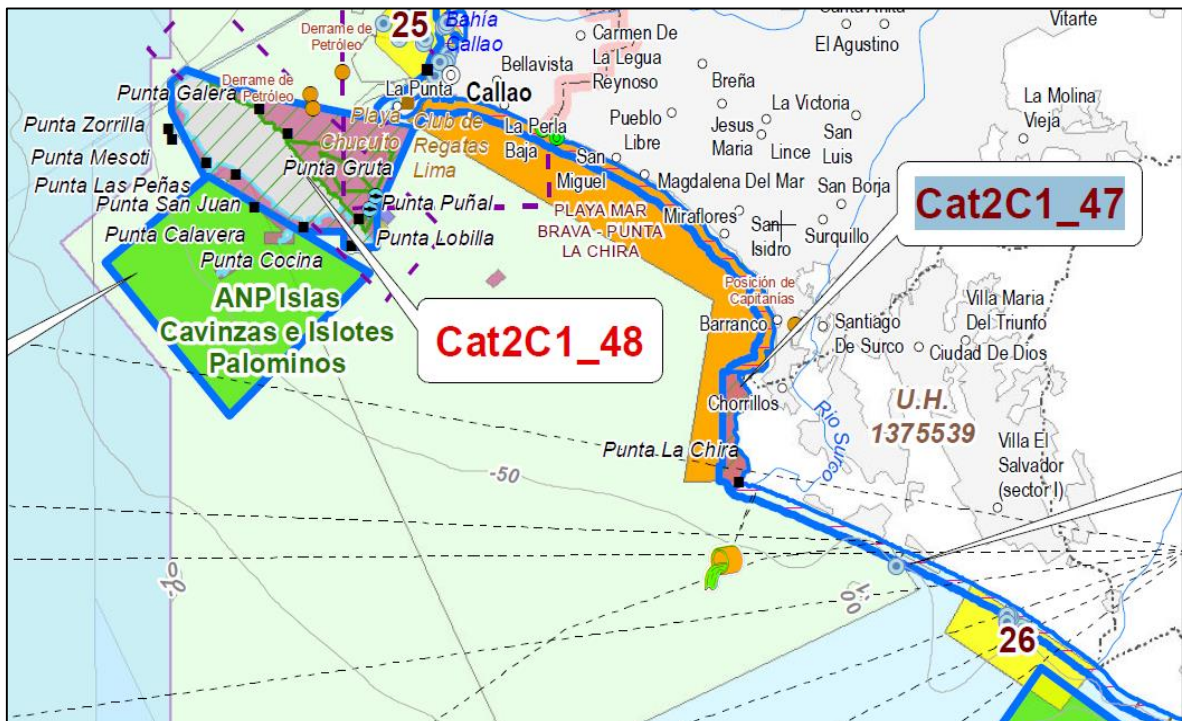
Fuente: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés"- INVEMAR Colombia, 2015.

Figura 14: Criterios para la delimitación del punto de muestreo.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 15: Categorización de la Playa Agua Dulce, con su código de unidad.



Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2015.

3.2. Medio Físico

3.2.1. Climatología

El clima del área de estudio, se caracteriza por presentar un régimen diferente entre sus principales parámetros meteorológicos. La Temperatura del aire presenta una marcada estacionalidad, con valores fluctuantes entre 10°C (mayo a junio) a 26°C (marzo). Así mismo la HR se mantiene sobre el 80% la mayor parte del año. La presión Atmosférica esta influenciada por el APS (Anticiclón del Pacífico Sur). La presencia de nubosidad se caracteriza por presentar mayores alturas (>550 m) en verano y otoño. (ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO “PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y EMISARIO SUBMARINO LA CHIRA – PTAR LA CHIRA”, 2011)

Provincia biogeográfica Desierto Pacífico Subtropical y presenta un clima semi-cálido. El cielo es despejado durante las estaciones de primavera y verano, con una amplia radiación solar y temperaturas que oscilan entre los 15 y 26 °C. Durante el invierno y otoño las temperaturas son más bajas, entre 14 y 19 °C. (ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS ZONA SUR DEL CORREDOR SEGREGADO DE ALTA CAPACIDAD - COSAC 1, 2007)

El clima del área es típico de la costa central del Perú con una estación invernal caracterizada por cielos grises, intensa humedad y suaves lloviznas entre junio y septiembre, y una cálida o de verano entre diciembre y marzo. Presenta precipitaciones totales que alcanzan un promedio anual de 60mm. La temperatura media anual es de 18.6°C y la humedad relativa fluctúa entre 85 y 99% El anticiclón del Pacífico Sur, produce subsidencia generando abundante nubosidad estratiforme, que explica la escasa precipitación y la predominancia de vientos de componente sur que en promedio alcanzan, velocidades de 3m/s. Estos vientos en combinación con la corriente peruana producen nieblas de advección características de esta zona. (TICs y Turismo, 2015)

Temperatura del Mar

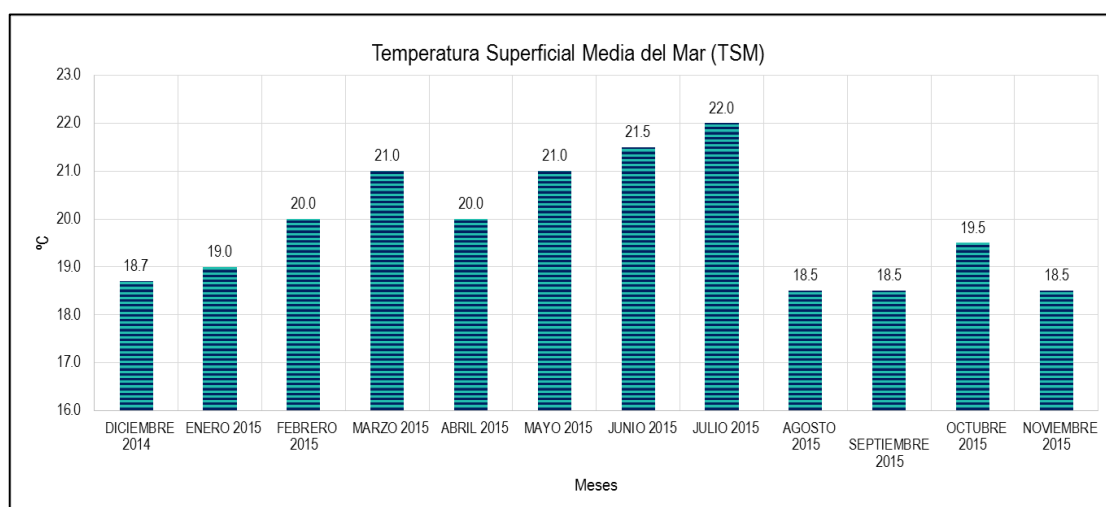
De manera normal, la temperatura superficial media fluctúa entre 15°C y 17°C; sin embargo, este año la temperatura del mar se ven incrementada por la presencia de un Fenómeno del Niño catalogado como moderado desde Mayo.

Tabla 1: Temperatura Superficial Media.

| Temperatura Superficial Media del Mar | |
|---------------------------------------|------|
| MES | °C |
| DICIEMBRE 2014 | 18.7 |
| ENERO 2015 | 19.0 |
| FEBRERO 2015 | 20.0 |
| MARZO 2015 | 21.0 |
| ABRIL 2015 | 20.0 |
| MAYO 2015 | 21.0 |
| JUNIO 2015 | 21.5 |
| JULIO 2015 | 22.0 |
| AGOSTO 2015 | 18.5 |
| SEPTIEMBRE 2015 | 18.5 |
| OCTUBRE 2015 | 19.5 |
| NOVIEMBRE 2015 | 18.5 |

Fuente: IMARPE, 2015.

Gráfico 1: Temperatura Superficial Media del Mar (TSM).



Fuente: Elaboración propia

El Perú forma parte de la región ERFEN (Estudio Regional Fenómeno “El Niño”) y el punto de análisis a nivel internacional es la zona del Callo, Provincia Constitucional del Callao. En la siguiente figura se muestran los datos de TSM así como del nivel del mar del Callao (CAL) en comparación con las estaciones de Colombia, Ecuador y Chile:

Figura 16: Datos de la TSM y nivel medio del mar del Callo en la región de El Niño.

DATOS OCEÁNICOS COSTEROS DE LA REGIÓN ERFEN: Medias mensuales de los últimos tres meses para la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en grados °C, Estaciones: Tumaco (TCO), La Libertad-Salinas (LLS), San Cristóbal-Galápagos (GAL), Callao (CAL), Arica (ARI), Antofagasta (ANT), Caldera (CDA), Coquimbo (COQ) y Valparaíso (VAL),

| QUINARIOS | Temperatura Superficial del Mar (TSM) | | | | Nivel Medio del Mar (NMM) | | | |
|-----------|---------------------------------------|-------------------|--------------|--------------|---------------------------|--------------|---------------|---------------|
| | LLS (INOCAR) | SCRIS (INAMHI) | TAL (DHN) | CAL (DHN) | LLS (INOCAR) | CAL (DHN) | VAL (SHOA) | TLC (SHOA) |
| 2-jul | 25,8 | 25,0 | 20,6 | 19,8 | 280,7 | 122,9 | 122,9 | 98,9 |
| 7-jul | 25,6 | 25,2 | 21,4 | 19,3 | 274,6 | 117,6 | 117,6 | 112,0 |
| 12-jul | 25,8 | 24,9 | 21,8 | 18,4 | 272,4 | 108,8 | 108,8 | 116,4 |
| 17-jul | 26,3 | 24,4 | 21,1 | 18,0 | 272,9 | 106,6 | 106,6 | 106,0 |
| 22-jul | 26,1 | 24,2 | 21,3 | 17,6 | 267,9 | 103,9 | 103,9 | 95,8 |
| 27-jul | 25,3 | 23,9 | 20,8 | 17,3 | 266,3 | 110,6 | 110,6 | 114,0 |
| 1-ago | 25,1 | 23,5 | 20,1 | 17,6 | 272,5 | 112,9 | 59,4 | 110,3 |
| 6-ago | 23,6 | 23,2 | 19,4 | 17,5 | 268,0 | 111,5 | ** | 124,1 |
| 11-ago | 23,4 | 23,1 | 20,0 | 17,5 | 261,9 | 110,5 | 59,9 | 115,4 |
| 16-ago | 23,2 | 22,0 | 18,8 | 17,4 | 277,5 | 109,2 | 60,6 | 104,0 |
| 21-ago | 24,3 | 20,9 | 18,5 | 17,1 | 274,2 | 118,6 | 63,7 | 117,3 |
| 26-ago | 24,1 | 21,7 | 19,1 | 17,4 | 264,7 | 117,2 | 66,0 | 118,3 |
| 31-ago | 22,8 | 22,5 | 18,8 | 17,3 | 269,5 | 119,6 | 73,7 | 114,0 |
| 5-sep | 22,8 | 21,9 | 19,0 | 17,4 | 270,81 | 112,5 | 76,8 | 121,1 |
| 10-sep | 23,1 | 21,5 | 19,3 | 17,0 | 272,00 | 108,4 | 68,8 | 102,9 |
| 15-sep | 24,2 | 21,6 | 19,7 | 16,7 | 281,10 | 109,5 | 68,0 | 106,1 |
| 20-sep | 24,5 | 22,7 | 20,8 | 16,6 | 275,59 | 114,7 | 72,2 | 107,9 |
| 25-sep | 24,1 | 22,3 | 22,4 | 16,5 | 282,73 | 117,4 | 64,4 | 104,1 |
| 30-sep | 24,2 | 22,3 | 21,4 | 17,0 | 286,40 | 121,2 | ** | ** |

Fuente: INOCAR-INAMHI-DHN-SHOA
 Nota: * Valores corregidos
 ** Información no recibida

Fuente: Dirección de Hidrología y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (DHN) – Alerta Climática Setiembre, 2015.

Marea y Oleaje

Las mareas son del tipo semi-diurnas, con amplitud promedio del orden de los 0.54 m; las de sicigias alcanzan valores promedio del orden de los 0.97 m. Con un oleaje medio anual de periodo de pico de oleaje de 12 segundos y altura de ola significativa de 1 metro.

Salinidad

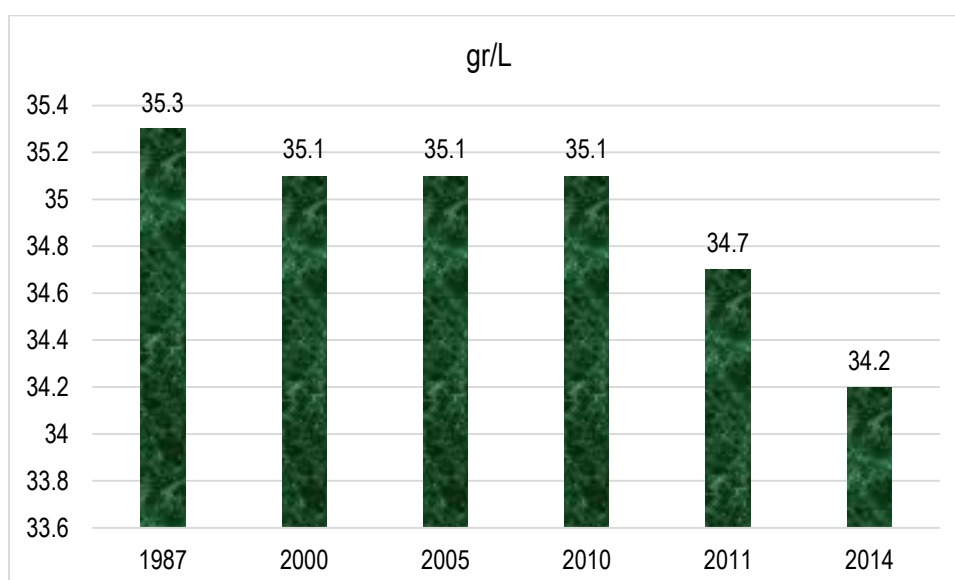
Se hizo la recopilación de datos desde el año 1987 en presencia de un Fenómeno “El Niño” hasta la actualidad. Los datos están en ups (Unidades Prácticas de Salinidad) que son equivalentes a 1 gramo por litro de agua de mar. Se evidencia que a partir del 2010 los niveles de salinidad han disminuido, esto se debe a las desglaciaciones ocurridas en el país, así como al aumento de la temperatura ambiental y de la temperatura superficial media del mar.

Tabla 2: Salinidad

| AÑO | gr/L |
|------|------|
| 1987 | 35.3 |
| 2000 | 35.1 |
| 2005 | 35.1 |
| 2010 | 35.1 |
| 2011 | 34.7 |
| 2014 | 34.2 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: Niveles de salinidad a través del tiempo.



Fuente: Elaboración propia

Para la determinación de los niveles de Temperatura Ambiental, Humedad Relativa, Presión Atmosférica y Velocidad del Viento mensual durante un

año, se realizó la extrapolación de datos del año 2013 de las estaciones de SENAMHI de “Las Palmas” en el distrito de Surco, y “Campo de Marte, haciendo uso de la diferenciación altitudinal.

Datos para la extrapolación:

Altitud:

- Estación Campo de Marte = 123 msnm
- Estación Las Palmas = 73 msnm
- Playa Agua Dulce = 0 msnm

Estimación de los parámetros:

- Estación Campo de Marte = A
- Estación Las Palmas = B
- Playa Agua Dulce = X

Extrapolando:

$$\frac{123 - 73}{123} = \frac{A - B}{A - X} = 0.4065$$

$$0.4065 * A - 0.4065 * X = A - B$$

$$B - 0.5935 * A = 0.4065 * X$$

$$\frac{B - 0.5935 * A}{0.4065} = X$$

Se detallan en los siguientes cuadros los datos meteorológicos de las estaciones Las Palmas y Campo de Marte:

Tabla 3: Datos Meteorológicos de la estación Las Palmas.

| Estación LAS PALMAS, distrito de Surco. | | | | | | |
|---|----------------------------|------|------|--------|--------------------------|----------------------------|
| MES | Temperatura Ambiental (°C) | | | HR (%) | Presión Atmosférica (mb) | Velocidad del viento (m/s) |
| | PROM. | MAX. | MIN. | | | |
| ENERO | 23.01 | 26.8 | 20.6 | 78.92 | 1002.55 | 2.24 |
| FEBRERO | 22.53 | 25.4 | 20.7 | 89 | 1001.47 | 2.68 |
| MARZO | 19.09 | 19.7 | 18.6 | 94.57 | 1003.43 | 2.17 |
| ABRIL | 19.14 | 22.1 | 17.8 | 89.67 | 1004.31 | 2.25 |
| MAYO | 16.9 | 20.2 | 15.8 | 92.17 | 1003.91 | 2.48 |
| JUNIO | 17.69 | 21.6 | 14.4 | 81.42 | 1007.29 | 1.99 |
| JULIO | 16 | 17.6 | 15.1 | 91.21 | 1008.31 | 2.1 |
| AGOSTO | 15.32 | 16.9 | 14.3 | 93.79 | 1005.89 | 2.15 |
| SEPTIEMBRE | 16.4 | 18.4 | 15.3 | 90.96 | 1007.03 | 2.23 |
| OCTUBRE | 18.03 | 20.4 | 16.7 | 82.21 | 1006.38 | 2.94 |
| NOVIEMBRE | 19.34 | 21.5 | 18.2 | 85.58 | 1004.21 | 2.56 |
| DICIEMBRE | 20.12 | 22.6 | 18.6 | 85 | 860.05 | 1.88 |

Fuente: SENAMHI, 2015.

Tabla 4: Datos Meteorológicos de la estación Campo de Marte.

| Estación CAMPO DE MARTE, distrito de Jesús María. | | | | | | |
|---|----------------------------|------|------|--------|--------------|----------------------------|
| MES | Temperatura Ambiental (°C) | | | HR (%) | Presión (mb) | Velocidad del viento (m/s) |
| | PROM. | MAX. | MIN. | | | |
| ENERO | 22.8 | 26.1 | 20.5 | 75.5 | 996.95 | 0.56 |
| FEBRERO | 22.57 | 24.8 | 21.4 | 82.5 | 996.1 | 0.43 |
| MARZO | 19.56 | 20.1 | 19.1 | 86.57 | 998.27 | 0.03 |
| ABRIL | 19.65 | 23.7 | 17.9 | 81.38 | 999.09 | 1.46 |
| MAYO | 18.58 | 19.2 | 18 | 88.75 | 999.97 | 1.08 |
| JUNIO | 18.52 | 21.6 | 16.5 | 76.22 | 1001.62 | 1.8 |
| JULIO | 16.28 | 17.2 | 15.4 | 83.27 | 1001 | 1.62 |
| AGOSTO | 15.52 | 17.2 | 14.6 | 88 | 1000.99 | 1.52 |
| SEPTIEMBRE | 16.56 | 19.9 | 15.4 | 85.33 | 1001.74 | 1.45 |
| OCTUBRE | 18.07 | 20.6 | 16.7 | 76.54 | 1000.99 | 2 |
| NOVIEMBRE | 19.26 | 21 | 18.3 | 80.25 | 998.69 | 1.64 |
| DICIEMBRE | 21.93 | 24.1 | 20.2 | 71.21 | 998.03 | 1.85 |

Fuente: SENAMHI, 2015.

Temperatura Ambiental

Se halló tanto la temperatura promedio, así como la temperatura máxima y mínima registrada en cada mes.

Tabla 5: Temperatura ambiental máxima registrada.

| MES | MAXIMA (°C) | | |
|------------|-------------|------|-------|
| | A | B | X |
| ENERO | 26.8 | 26.1 | 25.08 |
| FEBRERO | 25.4 | 24.8 | 23.92 |
| MARZO | 19.7 | 20.1 | 20.68 |
| ABRIL | 22.1 | 23.7 | 26.04 |
| MAYO | 20.2 | 19.2 | 17.74 |
| JUNIO | 21.6 | 21.6 | 21.60 |
| JULIO | 17.6 | 17.2 | 16.62 |
| AGOSTO | 16.9 | 17.2 | 17.64 |
| SEPTIEMBRE | 18.4 | 19.9 | 22.09 |
| OCTUBRE | 20.4 | 20.6 | 20.89 |
| NOVIEMBRE | 21.5 | 21 | 20.27 |
| DICIEMBRE | 22.6 | 24.1 | 26.29 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Temperatura ambiental mínima registrada.

| MES | MINIMA (°C) | | |
|------------|-------------|------|-------|
| | A | B | X |
| ENERO | 20.6 | 20.5 | 20.35 |
| FEBRERO | 20.7 | 21.4 | 22.42 |
| MARZO | 18.6 | 19.1 | 19.83 |
| ABRIL | 17.8 | 17.9 | 18.05 |
| MAYO | 15.8 | 18 | 21.21 |
| JUNIO | 14.4 | 16.5 | 19.57 |
| JULIO | 15.1 | 15.4 | 15.84 |
| AGOSTO | 14.3 | 14.6 | 15.04 |
| SEPTIEMBRE | 15.3 | 15.4 | 15.55 |
| OCTUBRE | 16.7 | 16.7 | 16.70 |
| NOVIEMBRE | 18.2 | 18.3 | 18.45 |
| DICIEMBRE | 18.6 | 20.2 | 22.54 |

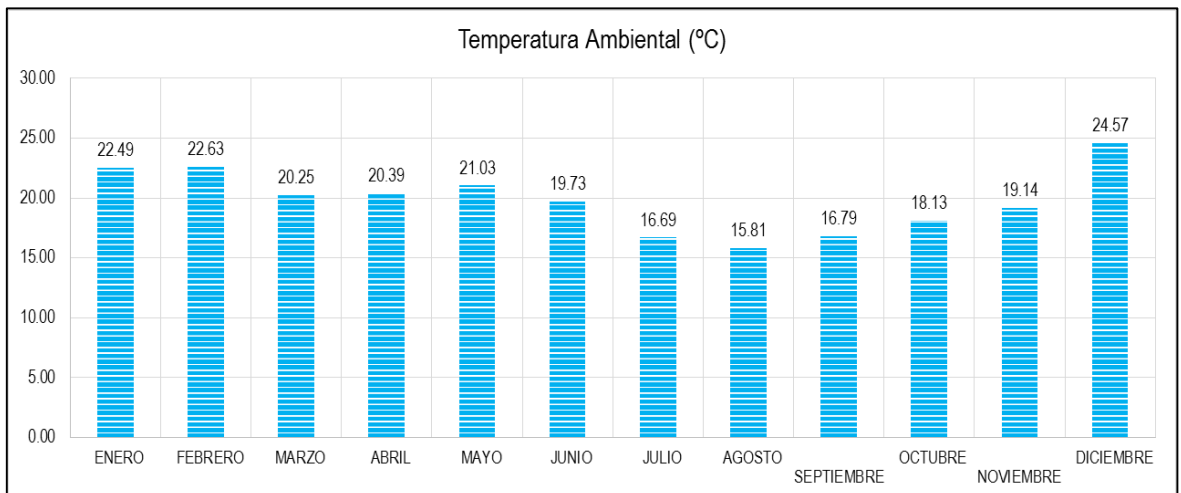
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Temperatura promedio ambiental.

| MES | PROMEDIO (°C) | | |
|------------|---------------|-------|-------|
| | A | B | X |
| ENERO | 23.01 | 22.8 | 22.49 |
| FEBRERO | 22.53 | 22.57 | 22.63 |
| MARZO | 19.09 | 19.56 | 20.25 |
| ABRIL | 19.14 | 19.65 | 20.39 |
| MAYO | 16.9 | 18.58 | 21.03 |
| JUNIO | 17.69 | 18.52 | 19.73 |
| JULIO | 16 | 16.28 | 16.69 |
| AGOSTO | 15.32 | 15.52 | 15.81 |
| SEPTIEMBRE | 16.4 | 16.56 | 16.79 |
| OCTUBRE | 18.03 | 18.07 | 18.13 |
| NOVIEMBRE | 19.34 | 19.26 | 19.14 |
| DICIEMBRE | 20.12 | 21.93 | 24.57 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: Temperatura ambiental promedio del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia

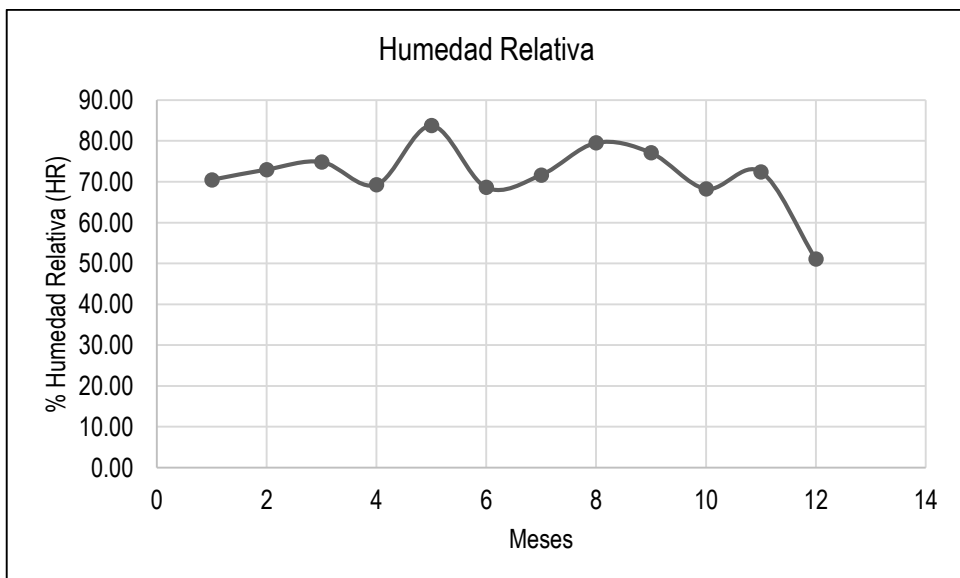
Humedad Relativa

Tabla 8: Humedad Relativa.

| MES | HR (%) | | |
|------------|--------|-------|-------|
| | A | B | X |
| ENERO | 78.92 | 75.5 | 70.51 |
| FEBRERO | 89 | 82.5 | 73.01 |
| MARZO | 94.57 | 86.57 | 74.89 |
| ABRIL | 89.67 | 81.38 | 69.28 |
| MAYO | 92.17 | 88.75 | 83.76 |
| JUNIO | 81.42 | 76.22 | 68.63 |
| JULIO | 91.21 | 83.27 | 71.68 |
| AGOSTO | 93.79 | 88 | 79.55 |
| SEPTIEMBRE | 90.96 | 85.33 | 77.11 |
| OCTUBRE | 82.21 | 76.54 | 68.26 |
| NOVIEMBRE | 85.58 | 80.25 | 72.47 |
| DICIEMBRE | 85 | 71.21 | 51.08 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4: Niveles de Humedad en el año.



Fuente: Elaboración propia

Presión Atmosférica

Tabla 9: Presión atmosférica.

| MES | Presión atmosférica (mb) | | |
|------------|--------------------------|---------|---------|
| | A | B | X |
| ENERO | 1002.55 | 996.95 | 988.77 |
| FEBRERO | 1001.47 | 996.1 | 988.26 |
| MARZO | 1003.43 | 998.27 | 990.74 |
| ABRIL | 1004.31 | 999.09 | 991.47 |
| MAYO | 1003.91 | 999.97 | 994.22 |
| JUNIO | 1007.29 | 1001.62 | 993.34 |
| JULIO | 1008.31 | 1001 | 990.33 |
| AGOSTO | 1005.89 | 1000.99 | 993.84 |
| SEPTIEMBRE | 1007.03 | 1001.74 | 994.02 |
| OCTUBRE | 1006.38 | 1000.99 | 993.12 |
| NOVIEMBRE | 1004.21 | 998.69 | 990.63 |
| DICIEMBRE | 860.05 | 998.03 | 1199.48 |

Fuente: Elaboración propia

Velocidad del Viento

Tabla 10: Velocidad del viento.

| MES | Velocidad del viento (m/s) | | |
|------------|----------------------------|------|------|
| | A | B | X |
| ENERO | 2.24 | 0.56 | 1.89 |
| FEBRERO | 2.68 | 0.43 | 2.86 |
| MARZO | 2.17 | 0.03 | 3.09 |
| ABRIL | 2.25 | 1.46 | 0.31 |
| MAYO | 2.48 | 1.08 | 0.96 |
| JUNIO | 1.99 | 1.8 | 1.52 |
| JULIO | 2.1 | 1.62 | 0.92 |
| AGOSTO | 2.15 | 1.52 | 0.60 |
| SEPTIEMBRE | 2.23 | 1.45 | 0.31 |
| OCTUBRE | 2.94 | 2 | 0.63 |
| NOVIEMBRE | 2.56 | 1.64 | 0.30 |
| DICIEMBRE | 1.88 | 1.85 | 1.81 |

Fuente: Elaboración propia

Precipitación

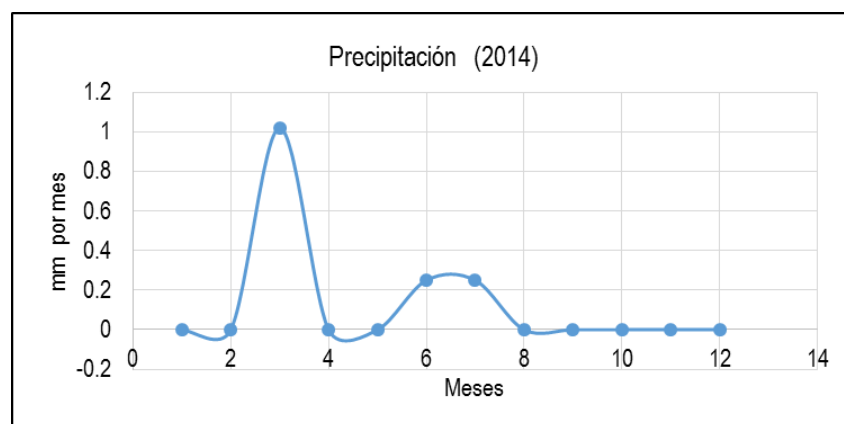
La evaporación está relacionada directamente con la precipitación, refleja sus mayores valores (8 mm/mes) entre diciembre a marzo. La precipitación anual promedio es de 1.22 mm/mes. (EIA-d de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y Emisario Submarino- PTAR La Chira, 2011). Tomándose como referencia a la precipitación del año 2014 registrada por el Aeropuerto Jorge Chávez, se tienen los siguientes valores:

Tabla 11: Precipitación mensual.

| Precipitación total | |
|---------------------|------|
| MES | (mm) |
| ENERO | 0 |
| FEBRERO | 0 |
| MARZO | 1.02 |
| ABRIL | 0 |
| MAYO | 0 |
| JUNIO | 0.25 |
| JULIO | 0.25 |
| AGOSTO | 0 |
| SEPTIEMBRE | 0 |
| OCTUBRE | 0 |
| NOVIEMBRE | 0 |
| DICIEMBRE | 0 |

Fuente: Aeropuerto Jorge Chávez, 2014.

Gráfico 5: Precipitación mensual.



Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Evaluación del terreno

Fisiografía

Presenta una granulometría arenosa desde los 0 a 960 metros de la costa.

Cuadro 4: Porcentaje de tipos de roca que conforman el lugar de estudio.

| Tipo de Roca | % del Total |
|--------------------|-------------|
| Andesita | 26 |
| Andesita porfírica | 8 |
| Dacita | 0 |
| Brecha volcánica | 0 |
| Sienita | 14 |
| Tonalita | 8 |
| Diorita | 20 |
| Granito | 6 |
| Granodiorita | 4 |
| Monzonita | 0 |
| Caliza | 0 |
| Cuarcita | 14 |

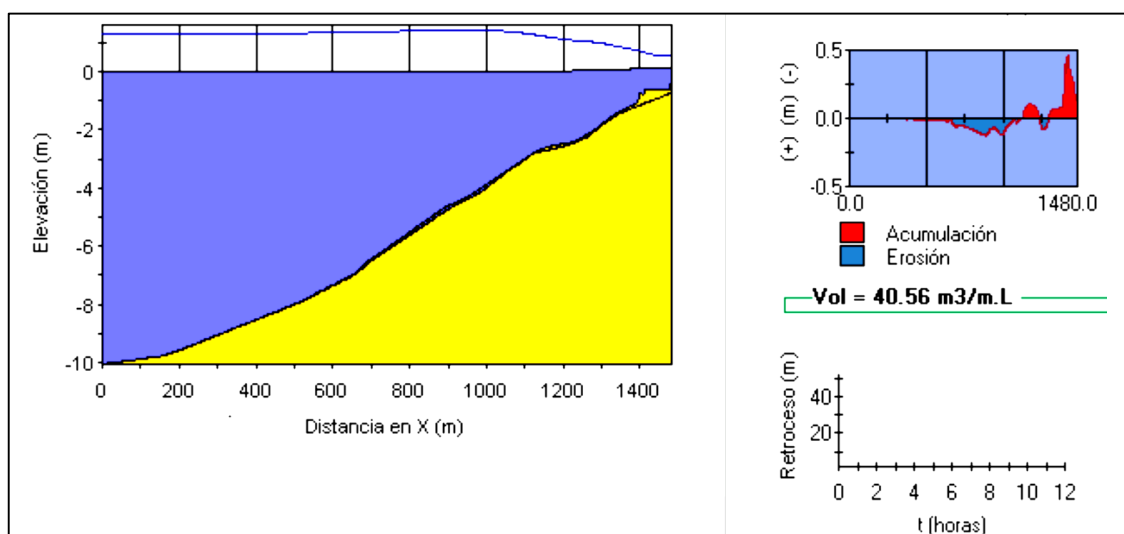
Fuente: Sociedad Geológica del Perú

Geología y Geomorfología

Se encuentra apoyada en espigones retenedores de arena y a la vez protegido por la Punta Chorrillos y el morro del dique diseñado de los oleajes del SSW y SW. Se encuentra dentro de la unidad estratigráfica Fm. Huarochirí.

Formación Huarochirí.- Pertenece al Cenozoico Terciario Superior, con este nombre se designa a una secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas consistentes en tobas riolíticas y riodacíticas, sucedidas por una laternancia de areniscas y limolitas tobaceas, aglomerados y ocasionalmente horizontes de tobas pardo – blanquecinas, andesitas tobaceas y bancos de traquiandesita. Su grosor se estima en 600m.

Figura 18: Evaluación del perfil de la playa Agua Dulce.



Fuente: Club de Regatas Lima, 2012

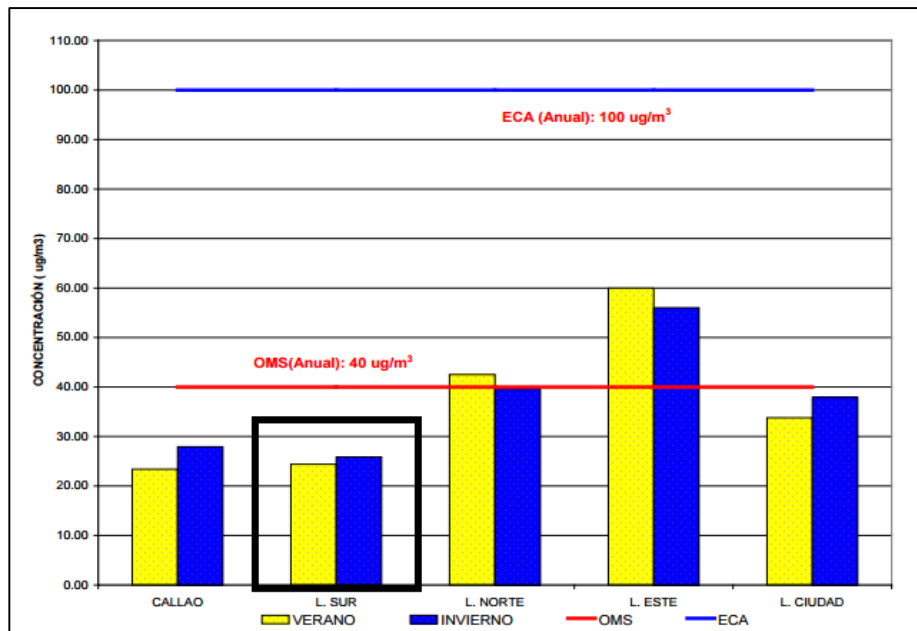
Descripción morfológica ribereña

En lado SE de la bahía de Miraflores se encuentra la ensenada de Chorrillos, pequeña, muy abrigada, limpia y con regular cantidad de agua. Hacia el oriente está bordeada por una playa de arena respaldada por escarpados de regular altura y hacia occidente presenta un acantilado rocoso de apreciable altura, soporte que forma el morro Solar, el cual remata por el W en la punta Chorrillos. La corriente costera transporta desde el SE cantidades apreciables de arena que al rebasar la punta Chorrillos las vierte sobre las playas de la bahía, siendo captadas por pequeños espigones rocosos, contruidos con el propósito de formar playas más amplias como La Herradura y 1 milla al S La Chira. En esta zona el club "Regatas Lima" ha construido una serie de rompeolas y retenedores de arena para formar playas de recreación. Los fondos delante de la costa son de regular profundidad, extendiéndose el veril de los 10 metros cerca de 1 milla mar adentro. En la proximidad de punta Chorrillos nacen varios cables telegráficos que se internan en el mar con dirección hacia el W. Las embarcaciones que fondeen dentro de la bahía deben tener cuidado de no coger dichos cables submarinos. (Club de Regatas Lima, 2009).

3.2.3. Calidad de Aire

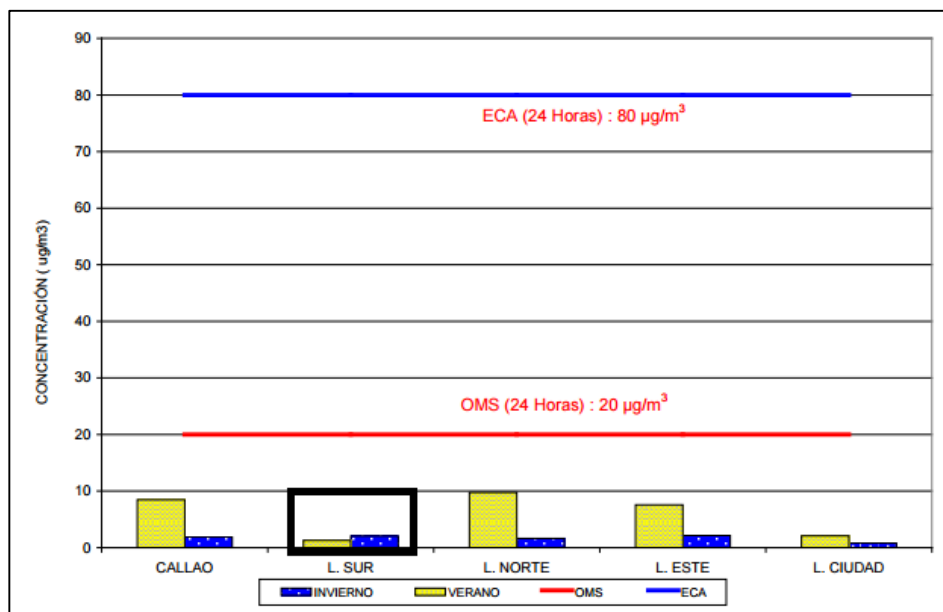
En base al Estudio de Saturación del Aire realizado en el 2012 por la dirección de salud ambiental del Ministerio de Salud se presentan los siguientes resultados:

Gráfico 6: Dióxido de Nitrógeno.



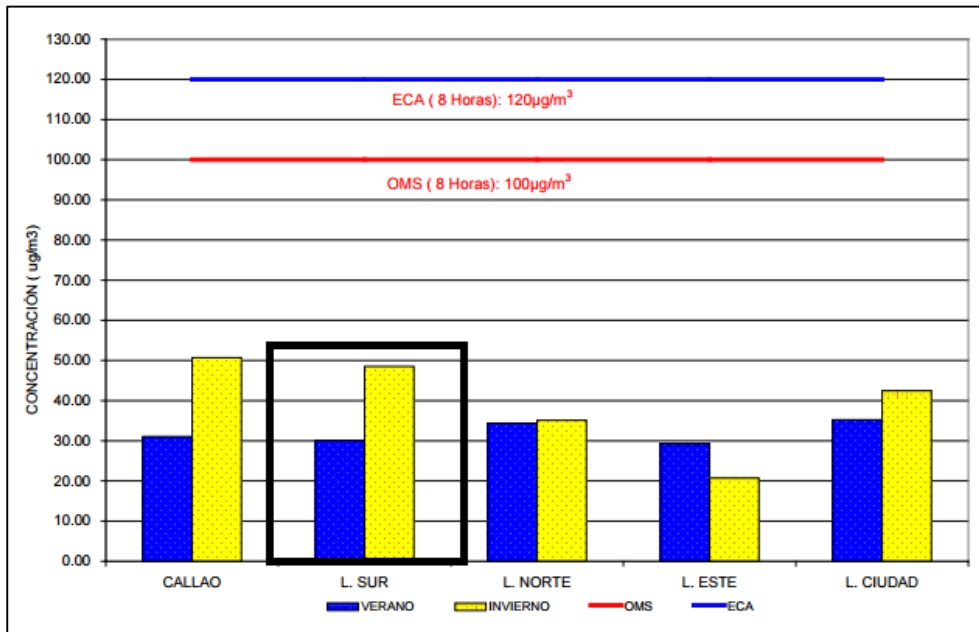
Fuente: Ministerio de Salud, 2012.

Gráfico 7: Dióxido de Azufre.



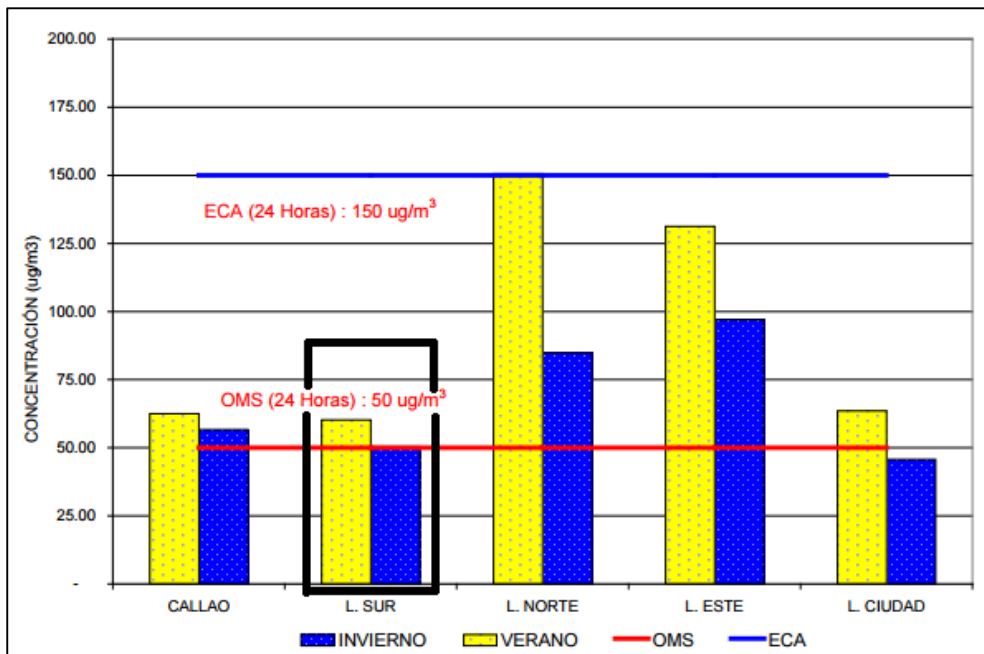
Fuente: Ministerio de Salud, 2012.

Gráfico 8: Ozono.



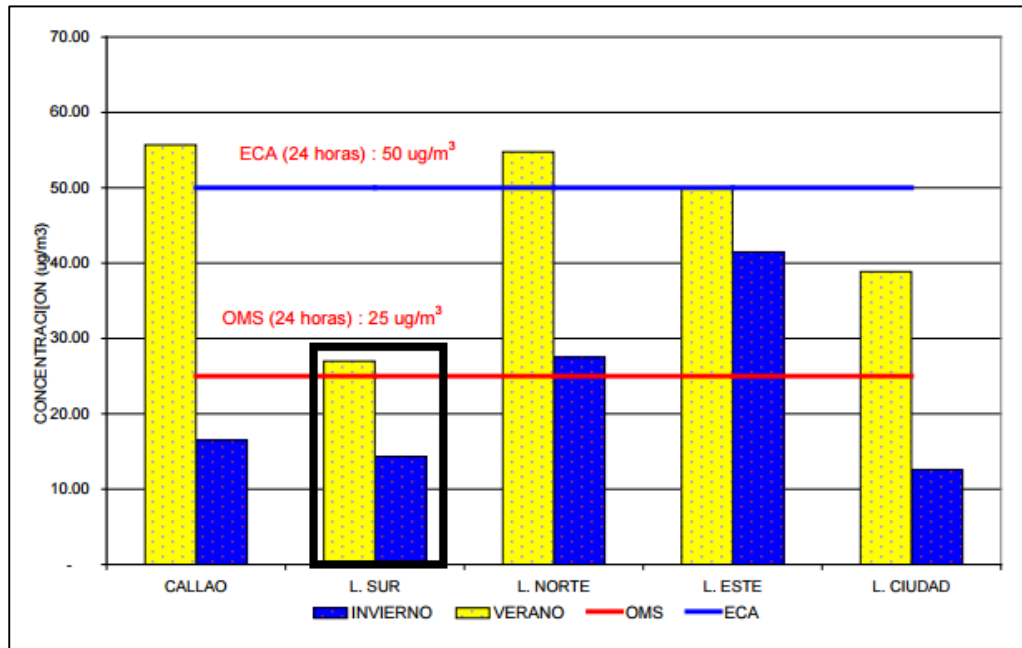
Fuente: Ministerio de Salud, 2012.

Gráfico 9: Material Particulado de 10 micras de diámetro (PM10).



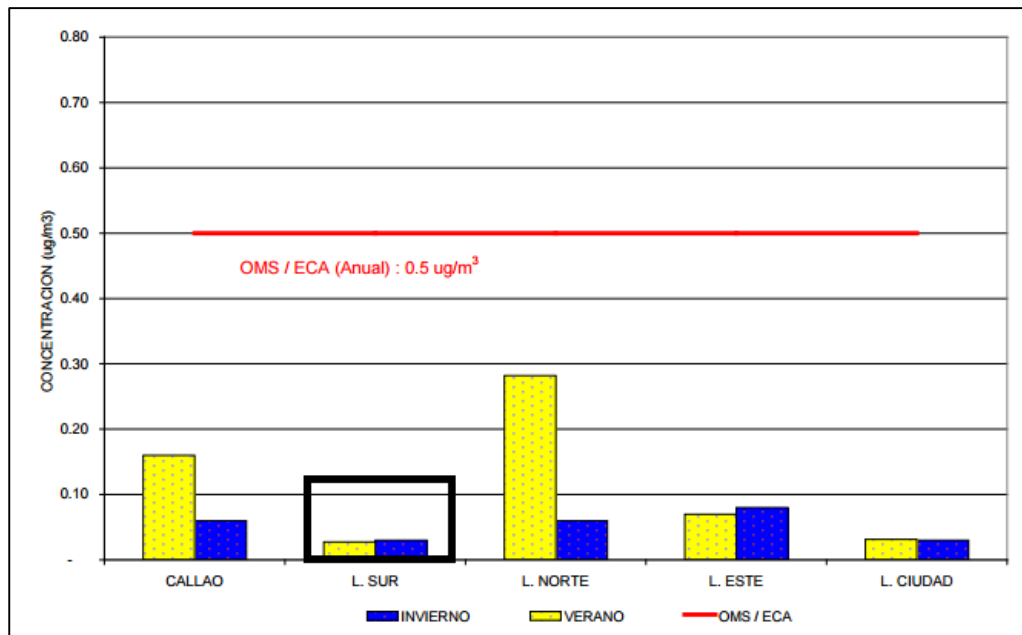
Fuente: Ministerio de Salud, 2012.

Gráfico 10: Material Particulado de 2.5 micras de diámetro (PM2.5).



Fuente: Ministerio de Salud, 2012.

Gráfico 11: Plomo (Pb).



Fuente: Ministerio de Salud, 2012.

Para la evaluación de efectos generados por los gases de efecto invernadero (GEI) se toma en cuenta las emisiones registradas por el INEI de Lima Metropolitana y el Callao.

Tabla 12: Emisiones de gases de efecto invernadero.

| AÑO | Emisiones a la atmosfera de GEI por 10 ⁶ kg. | | | | | |
|------|---|-------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|
| | CO ₂ | CO | NO _x | SO _x | Partículas | CH ₄ |
| 1998 | 20146.25 | 599.6 | 64.7 | 43.4 | 69.1 | 28.9 |
| 1999 | 22523.96 | 598.0 | 69.4 | 47.5 | 69.1 | 29.0 |
| 2000 | 21984.42 | 587.2 | 68.9 | 49.3 | 68.9 | 28.8 |
| 2001 | 20508.61 | 571.4 | 65.2 | 45.5 | 67.7 | 28.4 |
| 2002 | 20737.51 | 579.3 | 64.4 | 49.7 | 68.8 | 28.9 |
| 2003 | 20843.22 | 569.8 | 66.5 | 51.5 | 68.3 | 28.6 |
| 2004 | 23119.86 | 601.5 | 77.2 | 53.9 | 72.9 | 29.9 |
| 2005 | 21980.08 | 585.1 | 71.5 | 52.4 | 70.2 | 28.2 |
| 2006 | 21087.13 | 660.4 | 74.6 | 44.3 | 79.6 | 33.0 |
| 2007 | 21973.55 | 663.3 | 75.3 | 52.9 | 79.4 | 32.8 |
| 2008 | 24713.93 | 668.7 | 89.6 | 51.5 | 77.9 | 32.9 |

** Los datos del 2015, son proyección de los años anteriores

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, 2014.

Debido al crecimiento automotor y al uso de combustibles fósiles, se analizó de manera principal las emisiones de dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno por la combustión incompleta.

3.2.4. Calidad de Agua

La zona pertenece a la categoría 2, sub categoría 1 determinada por la Autoridad Nacional del Agua, por lo que debe ceñirse a los Estándares de Calidad Ambiental establecidos DS 002 – 2008 – MINAM.

Tabla 13: Registro de parámetros de calidad de agua.

| Parámetros | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|--|------|-------|-------|--------|--------|
| DBO DEL AGUA DE MAR (Miligramos/Litro) | 4.68 | 4.1 | 1.96 | 2.99 | 3.865 |
| ACEITES Y GRASAS A NIVEL SUPERFICIAL (Miligramos/Litro) | 0.8 | 0.8 | 2 | 0.2 | 1.6 |
| pH A NIVEL SUPERFICIAL | 7.74 | 7.79 | 7.775 | 7.655 | 7.62 |
| SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS A NIVEL SUPERFICIAL (Miligramo por litro) | --- | 54.04 | 82.28 | 106.38 | 90.045 |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml) | 35.5 | 1214 | --- | --- | --- |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, 2013.

3.3. Medio Biológico

3.3.1. Formación Ecológica

El área de influencia de la investigación corresponde a la Zona de Vida: DESIERTO SUB TROPICAL (D-ST). Las condiciones climáticas dadas en el área de estudio, ubican a esta Zona de Vida en la provincia de humedad de DESECADO.

Esta formación ecológica es característica de la costa central del Perú, extendiéndose entre el litoral y los 800 m.s.n.m. aproximadamente

3.3.2. Recursos hidrobiológicos

La flora marina principal de la zona son las Algas Verdes de la especie *Ulva Lactuca*. Se presenta en la fauna especies como el Bonito, Barrilete, Perico, Fino, Aguijilla, Merlines, Pez Vela (Por Fenómeno del Niño). Pelicanos, Piquero, Gaviotas, Zarcillo, Litera, Bermejo. Anchoqueta, Trambollo. Estrella de mar, Lapa, Anemonas, Choros, Cangrejo de las rocas, Mui Mui, Chanque.

3.3.3. Plancton

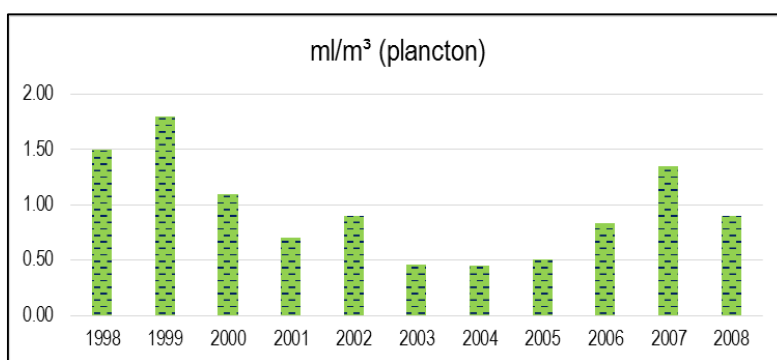
Se toma como referencia los resultados del punto de muestreo de Callao realizado por el IMARPE.

Tabla 14: Niveles de Plancton.

| AÑO | ml/m ³ (plancton) |
|------|------------------------------|
| 1998 | 1.50 |
| 1999 | 1.80 |
| 2000 | 1.10 |
| 2001 | 0.70 |
| 2002 | 0.90 |
| 2003 | 0.46 |
| 2004 | 0.45 |
| 2005 | 0.51 |
| 2006 | 0.83 |
| 2007 | 1.35 |
| 2008 | 0.90 |

Fuente: IMARPE 2015

Gráfico 12: Concentraciones de Plancton.



Fuente: IMARPE 2015.

En el análisis cuantitativo del zooplancton superficial se determinó que el taxa con mayor densidad fue el grupo de los artrópodos. Dentro de ellos, las especies de copépodos *Acartia tonsa*, *Nauplios de calanoideos* y *Centropages brachiatus* presentaron densidades mayores. (ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO “PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y EMISARIO SUBMARINO LA CHIRA – PTAR LA CHIRA”, 2011)

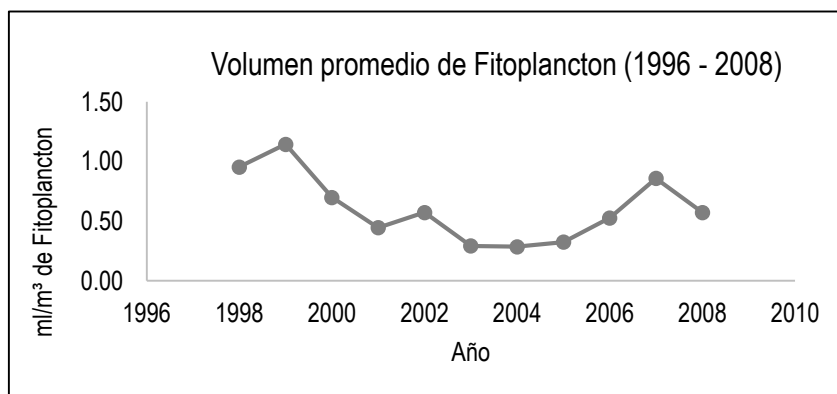
En el 2007, IMARPE realizo un muestreo por estación del año, determinando la abundancia de fitoplancton con respecto al plancton total:

Tabla 15: Porcentaje de Abundancia de Fitoplancton.

| Año 2007 | |
|------------------|--------------|
| Muestras Anuales | Fitoplancton |
| Primavera | 12.50% |
| Verano | 66.70% |
| Otoño | 75.00% |
| Invierno | 100.00% |
| Promedio | 63.55% |

Fuente: IMARPE, 2007.

Gráfico 13: Concentraciones de fitoplancton.



Fuente: Elaboración propia

3.4. Medio Socioeconómico

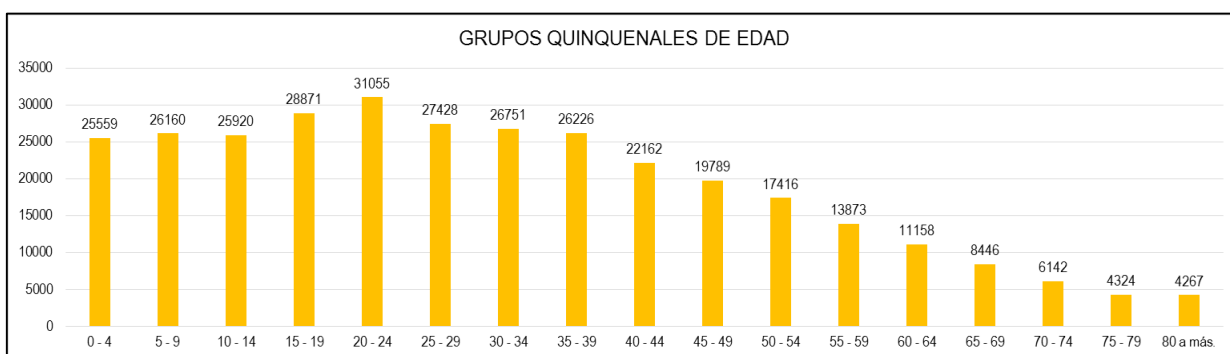
Se tomaron indicadores de población, desarrollo humano, educación y vivienda en el distrito de Chorrillos, mostrados en las siguientes tablas:

Tabla 16: Población

| DEPARTAMENTO, PROVINCIA Y DISTRITO | Total |
|------------------------------------|----------|
| CHORRILLOS | 325547 |
| edad | personas |
| 0 - 4 | 25559 |
| 5 - 9 | 26160 |
| 10 - 14 | 25920 |
| 15 - 19 | 28871 |
| 20 - 24 | 31055 |
| 25 - 29 | 27428 |
| 30 - 34 | 26751 |
| 35 - 39 | 26226 |
| 40 - 44 | 22162 |
| 45 - 49 | 19789 |
| 50 - 54 | 17416 |
| 55 - 59 | 13873 |
| 60 - 64 | 11158 |
| 65 - 69 | 8446 |
| 70 - 74 | 6142 |
| 75 - 79 | 4324 |
| 80 a más. | 4267 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, 2015.

Gráfico 14: Grupos quinquenales de edad.



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5: Indicadores de desarrollo humano.

| DESARROLLO HUMANO |
|---|
| Pobreza total – 2009 17.2% |
| Pobreza extrema – 2009 0.9% |
| Desnutrición crónica en menores de 5 años: 6% |
| Tasa de mortalidad infantil (por cada mil nacidos vivos): 11.1% |
| Tasa global de fecundidad: 2.39% |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, 2014.

Cuadro 6: Indicadores de educación.

| EDUCACION |
|---|
| Analfabetismo en mayores de 15 años: 1.9% |
| Población con educación superior 17.7% |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, 2014.

Cuadro 7: indicadores de vivienda.

| VIVENDA |
|---|
| Hogares sin electricidad 2.7% |
| Hogares sin servicios higiénicos 18.9% |
| Hogares sin agua potable 14.3% |
| Total viviendas particulares: 66048 |
| Viviendas con abastecimiento de agua: 54136 |
| Viviendas con servicio de desagüe: 55136 |
| Viviendas con alumbrado eléctrico: 60571 |

Fuente: Instituto de Defensa Civil – INDECI, 2014.

4. DESARROLLO DE LA TESIS

4.1. Síntesis esquemática del proceso de Investigación

Se realizó la recopilación de información primaria y secundaria de la variable independiente y dependiente, y de los factores influyentes a estas. Posterior a ello, se realizó un Plan de Tesis.

Se elaboró una línea base de la zona del proyecto, teniéndose que realizar para ello la extrapolación de datos de temperatura ambiental, humedad relativa, presión atmosférica, y velocidad del viento. Se evaluaron datos actuales correspondientes a la variable independiente basándose en los resultados de campo de la Dirección de Hidrología y Navegación de Marina de Guerra del Perú, así como lo publicado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI en base a los trabajos realizados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía – SENAMHI.

En base a la investigación realizada por el IMARPE en el 2007 sobre la abundancia de fitoplancton respecto al plancton total, se obtuvo el promedio del porcentaje de fitoplancton sobre el plancton total.

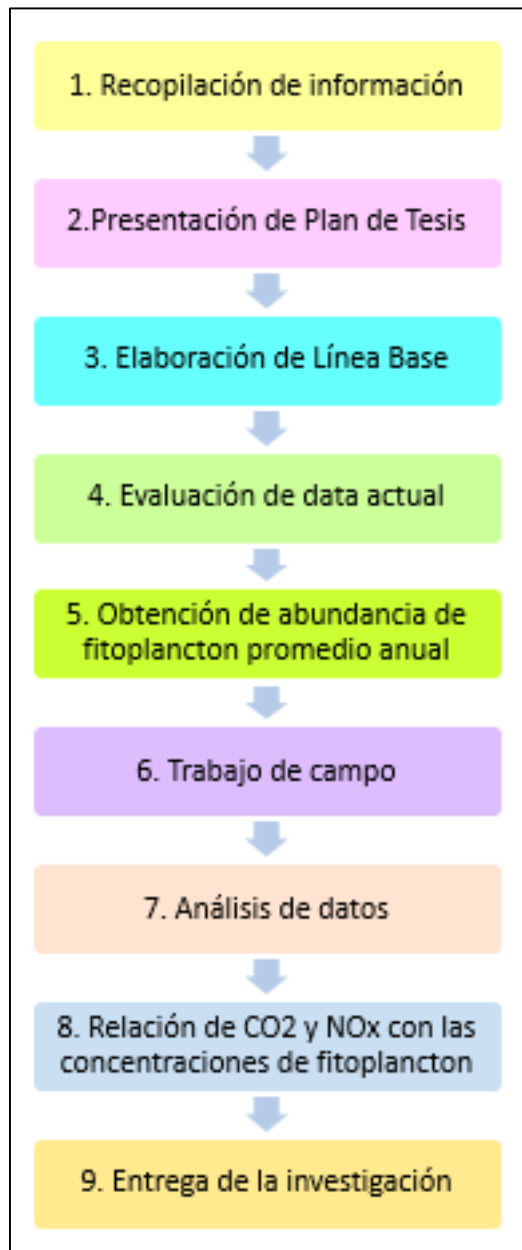
Luego se hizo un trabajo de campo y análisis de muestras obtenidas, con el apoyo técnico y teórico del Instituto del Mar del Perú – IMARPE.

Con todos estos datos, se hizo el análisis demostrativo de cambio climático, utilizándose de manera comparativa los niveles de temperatura ambiental y salinidad del 2005 y de este año.

Se relacionó los niveles de Dióxido de Carbono y Óxidos de Nitrógeno con respecto a las concentraciones de fitoplancton desde el 2005 al 2008, y con los datos del muestreo actual y concentraciones pasadas de fitoplancton.

Con ello se dio a conocer la correlación entre el Dióxido de Carbono y Óxidos de Nitrógeno con el fitoplancton mostrando vulnerabilidad.

Figura 19: Flujograma de trabajo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 20: Vistas de pasos a seguir en el proceso de investigación en base al flujoograma de trabajo.

1.

| Variable | Valor | Unidad |
|------------------------------|-------|--------|
| Temperatura | 18.5 | °C |
| PH | 7.8 | |
| Salinidad | 34.5 | PSU |
| Clorofila a | 0.5 | µg/L |
| Clorofila b | 0.2 | µg/L |
| Clorofila c | 0.1 | µg/L |
| Clorofila total | 0.8 | µg/L |
| Fitoplancton | 1.2 | µg/L |
| Fitoplancton total | 1.5 | µg/L |
| Fitoplancton verde | 0.8 | µg/L |
| Fitoplancton azul | 0.7 | µg/L |
| Fitoplancton rojo | 0.4 | µg/L |
| Fitoplancton amarillo | 0.3 | µg/L |
| Fitoplancton naranja | 0.2 | µg/L |
| Fitoplancton púrpura | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton blanco | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton gris | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton negro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton marrón | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton verde oscuro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton verde claro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton azul oscuro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton azul claro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton rojo oscuro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton rojo claro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton amarillo oscuro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton amarillo claro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton naranja oscuro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton naranja claro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton púrpura oscuro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton púrpura claro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton blanco oscuro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton blanco claro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton gris oscuro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton gris claro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton negro oscuro | 0.1 | µg/L |
| Fitoplancton negro claro | 0.1 | µg/L |

2.

3.
$$\begin{cases} 2x + 3y = 2004 \\ 4x - 2y = 3035 \\ D = X \end{cases}$$

$$\begin{aligned} 2x + 3y &= 2004 \\ 4x - 2y &= 3035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2x + 3y &= 2004 \\ 4x - 2y &= 3035 \end{aligned}$$

$$4x + 6y = 4008$$

$$4x - 2y = 3035$$

$$8y = 973$$

$$y = 121.625$$

$$2x + 3(121.625) = 2004$$

$$2x + 364.875 = 2004$$

$$2x = 1639.125$$

$$x = 819.5625$$

$$D = 0.40654 \cdot A - B$$

$$B = 0.39346 \cdot A + 0.40654 \cdot x$$

$$B = 0.39346 \cdot 819.5625 + 0.40654 \cdot 121.625$$

$$B = 322.38$$

4.

5.

6.

7.

8.

9.

Fuente: Elaboración propia

4.2. Protocolo de Muestreo

El 26 de Junio del 2015 a las 12am se midió con un termómetro la temperatura ambiental, y la salinidad con un Salinómetro previamente calibrado con agua destilada. Luego gracias al uso de un GPS se estandarizo la velocidad de la lancha a 1m/s, y mediante el uso de la red para fitoplancton se colocó la red a una profundidad de 35 cm promedio y se navegó de forma circular durante 3 minutos. Se aplicó formol al 4% en la cantidad de 20 ml (10% del volumen total del frasco de recepción de la muestra).

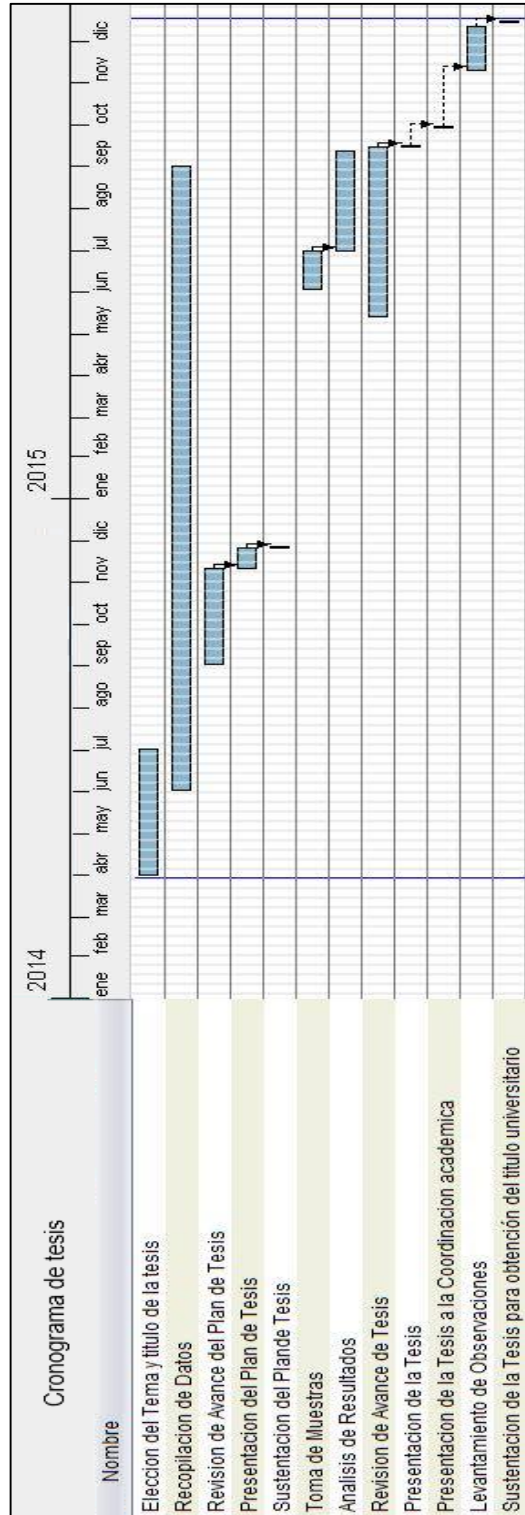
La metodología de muestreo se basó en el “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - SM 10200 F.2.c.1. Phytoplankton Counting Techniques” de Estados Unidos, el “Procedimiento de muestreo y ensayo de Fitoplancton” del Ministerio de Salud y el “Protocolo Nacional de Monitoreo” del Ministerio de Agricultura; métodos aplicados por el Instituto del Mar del Perú – IMARPE. Siendo este, el mismo método que aplica la universidad en el curso de Análisis y Tratamiento de Aguas. (Anexos: *Informe de Ensayo*)

Se muestreo en la zona 18 L coordenadas geográficas: 12°09'36" S 77°01'41"W, datum WGS84, por la cercanía al muelle de pescadores referenciando la abundancia de fitoplancton para los peces, y por indicación del IMARPE de que esta zona es representativa de la ecorregión del mar frío.

4.3. Cronograma y Presupuesto

4.3.1. Cronograma

Figura 21: Cronograma de actividades.



Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Presupuesto

Cuadro 8: Presupuesto de la investigación.

| Fase | Actividades | Ítem | Cant. | Costo Unitario (S/.) | Costo Parcial (S/.) |
|----------------------------------|------------------|-------------------------------------|-------|----------------------|---------------------|
| Plan de Tesis | Impresión | Hoja | 30 | 0.5 | 15 |
| | Anillado | Anillado | 1 | 5 | 5 |
| Subtotal del Plan de Tesis (S/.) | | | | | 20 |
| Tesis | Trabajo de Campo | Servicio de viaje en lancha | 1 | 20 | 20 |
| | | Formol al 4% | 20ml | 20 | 20 |
| | | Guantes | 1 par | 1.5 | 1.5 |
| | | Frasco de Vidrio | 1 | 5 | 5 |
| | Documentación | Solicitudes y Pagos administrativos | 1 | 1600 | 1600 |
| | Impresiones | Hojas | 624 | 0.5 | 312 |
| | Anillados | Anillado | 9 | 5 | 45 |
| | Transporte | Pasajes | 6 | 10 | 60 |
| Subtotal de la Tesis (S/.) | | | | | 2063.5 |
| TOTAL DE LA TESIS (S/.) | | | | | 2083.5 |

Fuente: Elaboración propia

5. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

5.1. Población y Muestra

5.1.1. Población

Fitoplancton de la costa central del Perú.

5.1.2. Muestra

Fitoplancton de la zona de pesca artesanal de la playa Agua Dulce, distrito de Chorrillos, departamento de Lima. Perú. Zona 18L, coordenadas UTM: 279240 X / 8654638 Y, zona 18L, geográficas: 12°09'36" S 77°01'41"W.

5.2. Análisis de Resultados

5.2.1. Parciales

En base a la recopilación de datos para el 26 de Junio del presente año, al trabajo de campo, y al análisis de laboratorio del IMARPE se obtuvo los siguientes datos:

Tabla 17: Resultados obtenidos en campo, y recolección de datos del 26 de Junio del 2015.

| Parámetro | Resultado | Unidad de medida |
|-------------------------------------|-----------|-------------------|
| Densidad fitoplanctónica | 506 | Cél/ml |
| Temperatura Superficial Media (TSM) | 15.9 | °C |
| Salinidad | 33.8 | g/L |
| Clorofila a (Cl-a) | 4.3 | mg/m ³ |
| Temperatura Ambiental | 22 | °C |
| Radiación Solar | 5.6 | w/m ³ |

Fuente: Elaboración Propia.

La recolección de la muestra de fitoplancton en la playa Agua Dulce da a conocer que existe en la actualidad 506 células de fitoplancton por mililitro de agua de mar de manera superficial de 0 a 5 metros de profundidad. La temperatura superficial media fue de 15.9°C y la salinidad de 33.8gr de NaCl por cada litro de agua de mar.

Los datos de Clorofila a representan la absorción de Clorofila producto de la fotosíntesis realizada por el fitoplancton, y el IMARPE indico que en la fecha fue de 4.3mg/m³ de agua de mar.

La Radiación Solar y la Temperatura ambiental se hallaron en base a los datos de las estaciones del SENAMHI y de la Dirección de Hidrología y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.

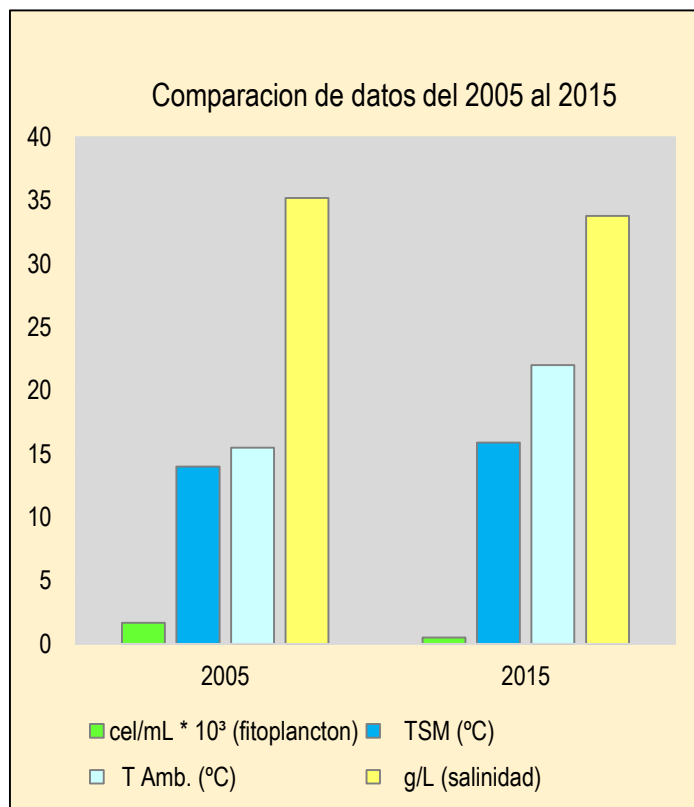
Se comparó los datos existentes del 2005 en y los actuales en el mes de Julio de fitoplancton, temperatura superficial media del mar, temperatura ambiental y salinidad.

Tabla 18: Muestra de datos en temporada de invierno del 2005 y en la actualidad.

| 2005 | | |
|----------------------------------|--------|----------|
| Parámetro | Fuente | Cantidad |
| Cel./ml (fitoplancton) | UNFV | 1664 |
| ml/m ³ (fitoplancton) | IMARPE | 0.72 |
| TSM (°C) | UNFV | 14.75 |
| T Ambiental (°C) | UNFV | 15.5 |
| Salinidad | IMARPE | 35.1 |
| 2015 | | |
| Cel./ml (fitoplancton) | Autor | 506 |
| ml/m ³ (fitoplancton) | Autor | 0.22 |
| TSM (°C) | Autor | 15.9 |
| T Ambiental (°C) | Autor | 22 |
| Salinidad | Autor | 33.8 |

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 15: Comparación de datos en época de invierno en el año 2005 y en el 2015.



Fuente: Elaboración Propia.

Del 2005 a la fecha, se muestra el gran incremento de temperatura ambiental, generando el progresivo incremento de temperatura superficial media del mar y por ello la disminución de fitoplancton. Observándose además la disminución de la salinidad en la zona evaluada por efecto del incremento de agua dulce a causa de las desglaciaciones en el Perú.

5.2.2. Generales

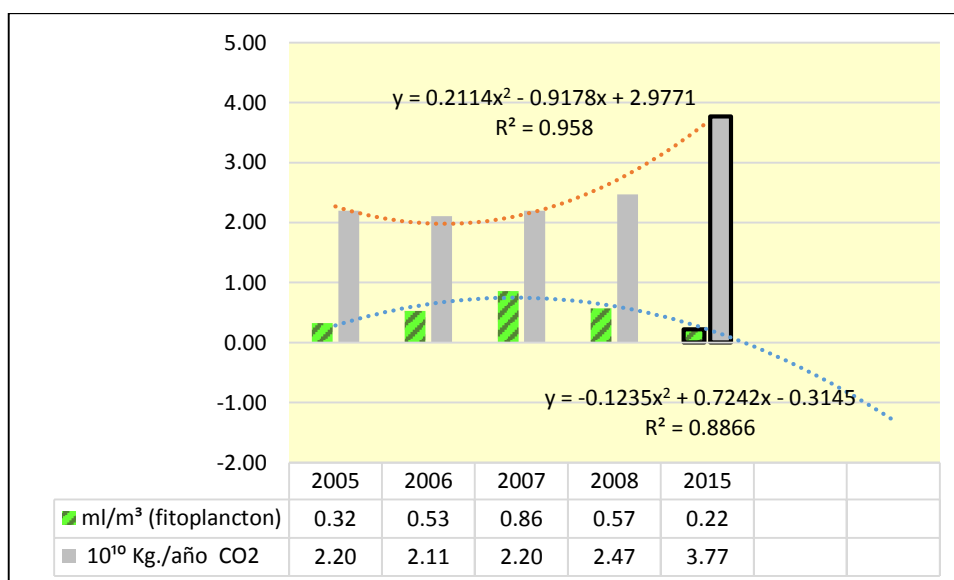
De todos los gases de efecto invernadero, se hizo la evaluación de la vulnerabilidad del fitoplancton a las emisiones de CO₂ y NO_x.

Tabla 19: Emisiones de CO₂ y los niveles de fitoplancton por año.

| AÑO | ml/m ³ (fitoplancton) | 10 ¹⁰ Kg./año CO ₂ |
|------|----------------------------------|--|
| 2005 | 0.32 | 2.20 |
| 2006 | 0.53 | 2.11 |
| 2007 | 0.86 | 2.20 |
| 2008 | 0.57 | 2.47 |
| 2015 | 0.22 | 3.77 |

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 16: Relación del CO₂ y el fitoplancton.



Fuente: Elaboración Propia.

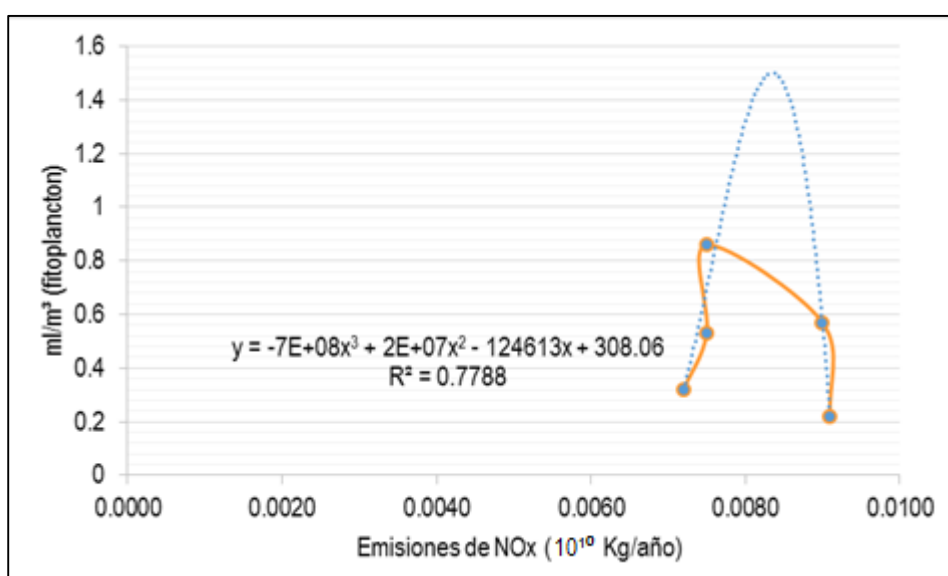
Las emisiones de CO₂ muestran un incremento; con pendiente positiva desde el 2005 a la fecha. Teniendo un impacto negativo directo en el desarrollo del fitoplancton. Si las emisiones de CO₂ superan los 2 x 10¹⁰ Kg/año, disminuye la concentración de fitoplancton.

Tabla 20: Emisiones de NO_x y los niveles de fitoplancton por año.

| AÑO | ml/m ³ (fitoplancton) | NO _x (10 ¹⁰ Kg/año) |
|------|-------------------------------------|--|
| 2005 | 0.32 | 0.0072 |
| 2006 | 0.53 | 0.0075 |
| 2007 | 0.86 | 0.0075 |
| 2008 | 0.57 | 0.0090 |
| 2015 | 0.22 | 0.0091 |

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 17: Relación de los NO_x y el fitoplancton.



Fuente: Elaboración Propia.

Las concentraciones anuales de fitoplancton desde el 2005 a la fecha, indican que se mantiene un desarrollo adecuado con emisiones de óxidos de nitrógeno cercanos a 0.0071×10^{10} Kg. /año. Si se supera este nivel, el fitoplancton disminuye drásticamente.

5.3. Evaluación de la Vulnerabilidad

Según el Tyndall Center de Inglaterra, el Perú es el tercer país más vulnerable al cambio climático después de Bangladesh y Honduras.

La vulnerabilidad climática significa el grado de susceptibilidad de un territorio, que varía según su exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa al cambio climático. Se calcula que el cambio climático tendrá los siguientes impactos en el mundo durante este siglo:

- La temperatura subirá 2°C en promedio, con un rango de 1°C a 5.8°C dependiendo de la latitud y ubicación.
- Aumentará la frecuencia de inundaciones y sequías en algunas zonas.
- El nivel del mar se elevará en un rango medio estimado de 50 cm (15 cm y 90 cm, como mínimo y máximo, respectivamente).

Los efectos del cambio climático serán especialmente significativos en América Latina y el Caribe, por la variabilidad y los extremos climáticos de la región. Dentro de ella, el Perú es uno de los países más afectados, debido a la repercusión de fenómenos hidrometeorológicos relacionados con el Fenómeno de El Niño. A su vez, nuestro país cuenta con una valiosísima riqueza ecológica y megadiversidad climática (tiene 27 de los 32 climas del mundo). Por ello, cualquier daño al medioambiente en el Perú perjudica el equilibrio ecológico del planeta. (Ministerio del Ambiente, 2015).

La vulnerabilidad será igual a la exposición más la sensibilidad, menos la capacidad adaptativa.

Vulnerabilidad = (Exposición + Sensibilidad) – Capacidad Adaptativa.

En Lima:

- Exposición = 8.84
 - Sensibilidad = 1.65
 - Capacidad Adaptativa = 5.32
- } Vulnerabilidad = 5.17

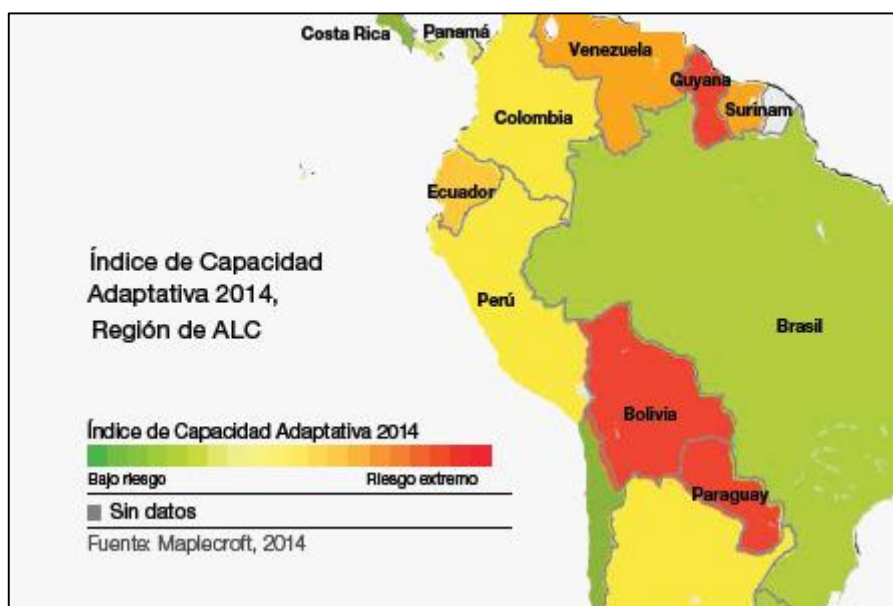
(Mapplecroft, 2014).

Figura 22: Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático en América Latina y El Caribe.

| Pais | Posición | Puntaje | Categoría de riesgo |
|------------------------------|-----------------|----------------|----------------------------|
| Haiti | 1 | 0,58 | extremo |
| Guatemala | 2 | 0,75 | extremo |
| El Salvador | 3 | 0,79 | extremo |
| Honduras | 4 | 0,92 | extremo |
| República Dominicana | 5 | 1,01 | extremo |
| Nicaragua | 6 | 1,19 | extremo |
| Jamaica | 7 | 1,50 | extremo |
| Paraguay | 8 | 1,58 | extremo |
| Belice | 9 | 2,25 | extremo |
| Bolivia | 10 | 2,48 | extremo |
| Venezuela | 11 | 3,64 | alto |
| Ecuador | 12 | 3,76 | alto |
| Dominica | 13 | 3,85 | alto |
| Cuba | 14 | 3,90 | alto |
| Guyana | 15 | 4,23 | alto |
| Colombia | 16 | 4,30 | alto |
| México | 17 | 4,47 | alto |
| Perú | 18 | 4,98 | alto |
| Panamá | 19 | 5,57 | medio |
| Antigua y Barbuda | 20 | 5,64 | medio |
| Brasil | 21 | 5,77 | medio |
| Surinam | 22 | 5,85 | medio |
| San Kitts y Nevis | 23 | 6,24 | medio |
| Argentina | 24 | 6,66 | medio |
| Trinidad y Tobago | 25 | 7,22 | medio |
| Costa Rica | 26 | 7,70 | bajo |
| Santa Lucía | 27 | 8,25 | bajo |
| Uruguay | 28 | 8,33 | bajo |
| Bahamas | 29 | 8,68 | bajo |
| Chile | 30 | 9,54 | bajo |
| Granada | 31 | 9,58 | bajo |
| San Vicente y Las Granadinas | 32 | 9,63 | bajo |
| Barbados | 33 | 9,77 | bajo |

Mapplecroft, 2014.

Figura 23: Índice de Capacidad Adaptativa al Cambio Climático en América Latina.



Mapplecroft, 2014.

Los niveles de fitoplancton se ven relacionados inversamente con las emisiones de gases de efecto invernadero, que incrementan el cambio climático antropogénico. Generando su disminución y vulnerabilidad debido a su poca adaptación a estos cambios.

5.4. Discusión de Resultados

En relación a los datos del 2005, se muestra una tendencia creciente de la temperatura ambiental, influenciando esto en el incremento en menor proporción de la Temperatura Superficial Media (TSM) del mar. Generando así la disminución de fitoplancton.

Se utilizó las concentraciones de CO₂ y NO_x por ser las más representativas de los procesos de combustión con energía fósil.

Las emisiones de CO₂ solo en Lima en la actualidad superan los 2 x 10¹⁰ Kg/año, mostrándose así que la tendencia decreciente de las concentraciones de fitoplancton continuara a menos que dichas emisiones disminuyan.

Con respecto a las emisiones de NO_x, el fitoplancton tiene una relación de impacto negativo cuando las concentraciones de este GEI superan los 0.0071 x 10¹⁰ Kg. /año.

De los datos hallados en el monitoreo, se puede apreciar la disminución de concentración de densidad fitoplanctónica total desde el 2005, con un incremento de TSM debido al Fenómeno del Niño. Cabe resaltar que según el Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" (ENFEN), desde el 2000 aproximadamente se vienen dando constantes periodos de La Niña y El Niño de manera cíclica, siendo esto parte de una evidencia registrada de Cambio Climático por influencia antropogénica mostrada en el incremento de GEI por actividades de combustión.

Los niveles de Radiación Solar son de 5 UV promedio por ser época de invierno, sin embargo los niveles de salinidad disminuyeron de 35.1 a 33.8 debido al incremento de agua dulce por efecto indirecto de las desglaciaciones en el país.

5.5. Prueba de Hipótesis

H0: No hay correlación

H1: Si hay correlación

Nivel de significancia: 5% = 0.05 (95% de confianza)

Nivel de significancia alcanzado (r):

- Con respecto al CO₂: -0.6136857
- Con respecto a los NO_x: -0.3190813

Regla de decisión:

Si nivel de significancia > nivel de significancia alcanzado, entonces se rechaza H0.

Decisión estadística:

- Con respecto al CO₂: 0.05 > -0.6136857
- Con respecto a los NO_x: 0.05 > -0.3190813

Conclusión:

El CO₂ y los NO_x tienen una correlación media con la concentración de fitoplancton.

Mediante los Resultados obtenidos, se demuestra la influencia del cambio climático, teniendo mayor influencia las concentraciones de CO₂ y NO_x con respecto a la concentración de fitoplancton. Pese a que el incremento de temperatura debe aumentar el número de nutrientes de las costas y por ende a los niveles de fitoplancton, la evaluación a largo plazo muestra una disminución de las concentraciones de la densidad fitoplanctónica total muestreada. Se halló además una disminución de los niveles de salinidad desde el 2005 al presente año. Ello indica que a largo plazo el Cambio Climático genera una influencia significativa negativa en el fitoplancton de la playa Agua Dulce en el distrito de Chorrillos, por ende en la ecorregión del Mar Frio del Perú por ser un área representativa.

5.6. Prueba Estadística Utilizada

Se utilizó como prueba estadística la Correlación, con la ayuda del software R para determinar el nivel de significancia alcanzado.

La correlación sirve para cuantificar el grado de asociación entre dos variables de tipo continuo, a través del cálculo de un coeficiente de correlación “r”.

El coeficiente de correlación nos permite conocer cuan cercana es la relación a una línea recta. Más no lo apropiado de un modelo lineal.

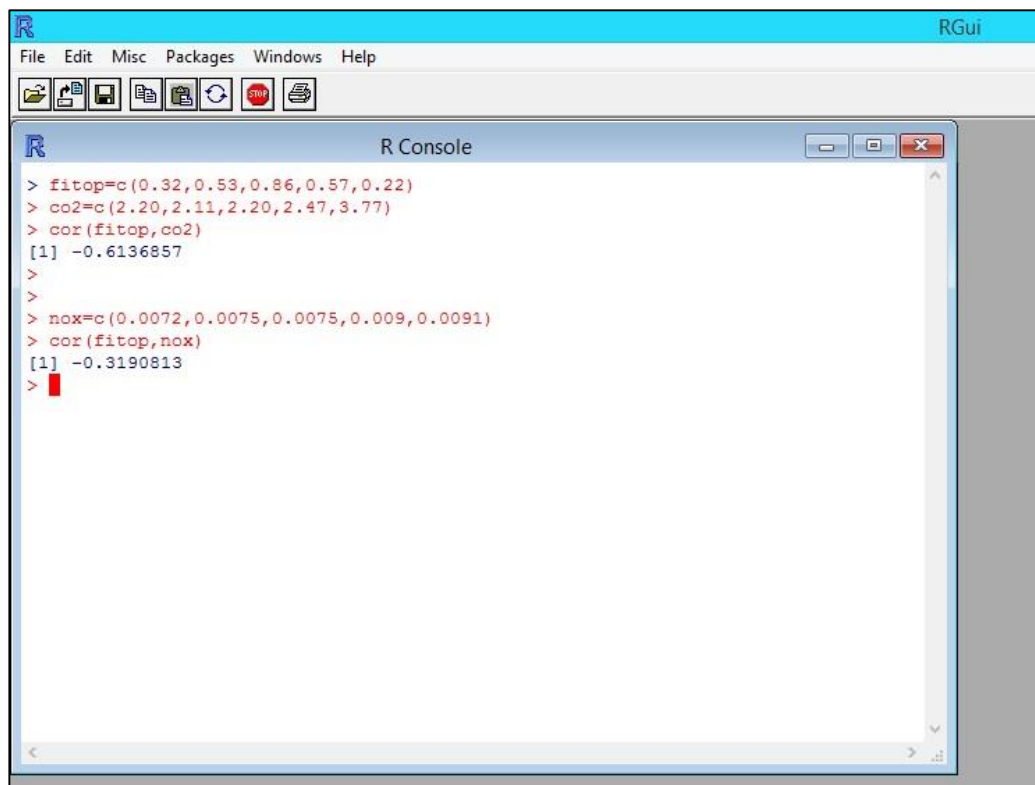
La correlación es determinada relacionando datos de dos variables tomadas de un mismo sujeto.

El coeficiente de correlación toma los valores de -1 a +1.

El signo indica la dirección de la asociación (directa o inversa), así las asociaciones más fuertes son -1 y 1. El valor indica el nivel o magnitud de la asociación.

Un nivel de significancia del 5% indica que hay 95% de confianza de que la correlación sea verdadera y 5% de probabilidad de error.

Figura 24: Uso del software R para validar la hipótesis.



```
> fitop=c(0.32,0.53,0.86,0.57,0.22)
> co2=c(2.20,2.11,2.20,2.47,3.77)
> cor(fitop,co2)
[1] -0.6136857
>
>
> nox=c(0.0072,0.0075,0.0075,0.009,0.0091)
> cor(fitop,nox)
[1] -0.3190813
> 
```

Fuente: Elaboración propia

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Mediante la presente investigación se evaluó la vulnerabilidad del fitoplancton y se halló que se ve afectada de manera significativa por el cambio climático en la playa “Agua Dulce” en el distrito de Chorrillos, siendo esta zona representativa de la ecorregión del mar frío por sus características climáticas.

- Los gases de efecto invernadero mostraron una influencia directa en la temperatura ambiental de la zona de estudio, ocasionando también el aumento de la temperatura superficial media del mar (TSM).
- Debido al aumento de emisiones de dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno la concentración de fitoplancton en la zona de estudio disminuyó drásticamente desde el 2005 a la fecha.

6.2. Recomendaciones

Para mayor evaluación del impacto que genera el Cambio Climático sobre la ecorregión del mar frío en el Perú, se debe además realizar el muestreo de las principales floraciones algales, así como de Macrofitos y perifiton.

Se debe incrementar los monitoreos de GEI en las playas, y su relación con los niveles de Radiación solar, ya que en conjunto estos patrones incrementan el calentamiento ambiental que puede recibir la costa central del Perú.

Para una mejor evaluación de nutrientes, se debe poner énfasis en el incremento de monitoreos de salinidad, oxígeno disuelto, y contaminantes cercanos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bibliografía

- Amay I, E. y López P, E. "Estimación del Impacto del Cambio Climático en la Calidad del Agua para la cuenca del rio Tomebamba en Monay." Universidad De Cuenca. Ecuador, 2015.
- Pinedo, E. "Estructura comunitaria del Zooplancton de la costa peruana asociado a las masas de agua durante los veranos del 2000 Y 2003." Universidad Nacional Mayor De San Marcos. Perú, 2014.
- Halac. Efecto combinado de la radiación ultravioleta y la temperatura sobre especies y comunidades fitoplanctónicas - Aproximación a un escenario de cambio climático. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina, 2013.
- Institut de Ciències del Mar - Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Obra Social "La Caixa". Guía didáctica El Plancton. España, 2012.
- Gonzales E., M. "Indicadores de Cambio Climático en algunas especies de Pináceas de la sierra madre occidental, México". Universidad Autónoma De Nuevo Leo. México, 2003.
- Godínez. Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores). Editorial: Algas. Plaza y Valdez, S.A. de C.V. México, 2000.
- IPCC, 2013: "Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático" [Stocker, Qin, Plattner, Tignor, Allen, Boschung, Nauels, Xia, Bex, Midgley]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido - Nueva York USA.
- Suarez, L. Ecología. Universidad Alas Peruanas. Perú, 2012.
- Pearson Education Limited. 1era Edición. "Pearson Baccalaureate: Spanish B for the IB Diploma" Capitulo 10 Temas Troncales: Asuntos Globales Calentamiento Global, Cambio Climático Y Desastres Naturales.

ISBN 9780435074531. Editorial Text © Pearson Education Limited. Inglaterra. 2011

- Taípe, El proceso y los componentes de la investigación científica. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Perú, 2010.
- Sampieri, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. 5ta Edición. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, México, 2010.
- Walsh Perú S.A., ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y EMISARIO SUBMARINO - PTAR LA CHIRA”. Concesionaria La Chira. Perú, 2011.
- Ambiental Consultores S.A.C. Perú, ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS ZONA SUR DEL CORREDOR SEGREGADO DE ALTA CAPACIDAD - COSAC 1. PROTRANSPORTE. Perú, 2007.
- GGM Consultores. Estudio de Dinámica Litoral y Transporte de Sedimentos en las playas del Club Regatas. Club de Regatas Lima. Perú, 2012.
- Salazar. Geología de los cuadrángulos de Matucana y Huarochiri. Instituto Geológico Minero Metalúrgico INGEMMET. Perú, 1983.

Lincografía

- FAO- Departamento de Pesca y Acuicultura. Ecosistemas costeros y marinos. 2014. (<http://www.fao.org/fishery/topic/3542/es>)
- Ministerio del Ambiente – Instituto Geofísico del Perú – Investigaciones para la prevención de desastres en variabilidad y cambio climático. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. 2015. (<http://www.met.igp.gob.pe/impactos/vulne.html>)
- Hernández. CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN. 2015. (<http://metodologiadeinvestigacionmarisol.blogspot.pe/>)

- Instituto del Mar del Perú – IMARPE (<http://www.imarpe.pe/imarpe/>)
- Dirección de Hidrología y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (<https://www.dhn.mil.pe/>)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI (<https://www.inei.gob.pe/>) basándose los datos socioeconómicos en aproximaciones del Censo Nacional del 2007: XI de Población y VI de Vivienda
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés”- INVEMAR Colombia, 2015. http://www.invemar.org.co/portal_old/index.jsp

Hemerografía

- Alerta Climático Junio - 2013. Publicado por: IMARPE – Instituto del Mar Peruano Perú, 2013.
- Borrador de la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático al 2014. Publicado por: MINAM – Ministerio del Ambiente. Perú, 2014.
- Dobal, Loza, Lugioyo. Potencialidades de las cianobacterias planctónicas como bioindicadores de estrés ambiental en ecosistemas costeros. Publicado en: Serie Oceanológica del Instituto de Oceanología. No. 9, 2011 (Número Especial). Cuba, 2011.
- Von Hesse. "El gobierno peruano prioriza las acciones de adaptación al cambio climático"- Entrevista al ministro Milton Von Hesse. Publicado en: Alumni UP Diciembre - Universidad del Pacífico. Perú, 2013.
- Harley, Hughes, Hultgren, Miner, Sorte, Thornber, Rodriguez, Tomanek, Williams. The impacts of climate change in coastal marine systems. Publicado en: Ecology Letters, Blackwell Science Ltd. USA, 2006.
- Costas, López. “El papel del fitoplancton en el cambio climático: ¿Cuánto depende nuestro destino de unas pequeñas microalgas?” Publicado por:

Genética. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. España, 2011.

- Vargas. El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú. Publicado por el: Banco Central de Reserva del Perú. Perú, 2009.
- Toranza C. Y Otros (2011) “Efectos Del Cambio Climático Sobre La Biodiversidad: El Caso De Los Anfibios De Uruguay” Publicado Por La Universidad De La Republica – Uruguay.
- Del Monte, P. Y Lluch – Cota, S. (2013) En El Artículo “Cambio Climático Y Amniotas Marinos: Evidencias, Hipótesis E Incertidumbre” Presentado En La Revista “Interciencia - Nov 2013, Vol. 38 N° 11 0378-1844/13/11/712-07”
- Direccion General de Salud Ambiental. ESTUDIO DE SATURACIÓN LIMA METROPOLITANA Y CALLAO. Ministerio de Salud. Perú, 2012.
- Mapplecroft. Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe. ISBN: 978-980-7644-61-7. Banco de Desarrollo de America Latina - Corporación Andina de Fomento CAF, 2014.

8. ANEXOS

8.1. Fotografías

Fotografía 1: Uso de la red de fitoplancton en campo.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 2: Vista frontal de la playa “Agua Dulce” – Chorrillos.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 3: Ubicación de la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 4: Uso del agua destilada para calibrar el Salinómetro.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 5: Muestra Obtenida.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6: Observación de la muestra.



Fuente: Elaboración propia.

8.2. Informe de Ensayo

INFORME DE ENSAYO

FECHA DE RECEPCION: 2015 – 06 – 26

FECHA DE INICIO DE ENSAYOS: 2015 – 06 – 27

I. DETALLE DE LA MUESTRA

Producto declarado: Agua Superficial

Muestreado por: IMARPE – Flavia Sofía Moya Herrera

Cantidad de Muestra: Frasco de 200ml, en base a la filtración de 3m³

Fecha de Muestreo: 2015 – 06 – 26

II. PRESERVACION DE MUESTRA

Ensayo Hidrobiológico, con un tiempo de precibilidad de 15 días.

III. METODO DE ENSAYO

| Ensayo | Método | Unidades |
|--------------------------|---|----------|
| Análisis de Fitoplancton | SM 10200 F.2.c.1. Phytoplankton Counting Techniques | Cél./mL |

IV. RESULTADOS

| Ensayo | Unidades | Resultado |
|--------------------------|----------|-----------|
| Análisis de Fitoplancton | Cél./mL | 506 |

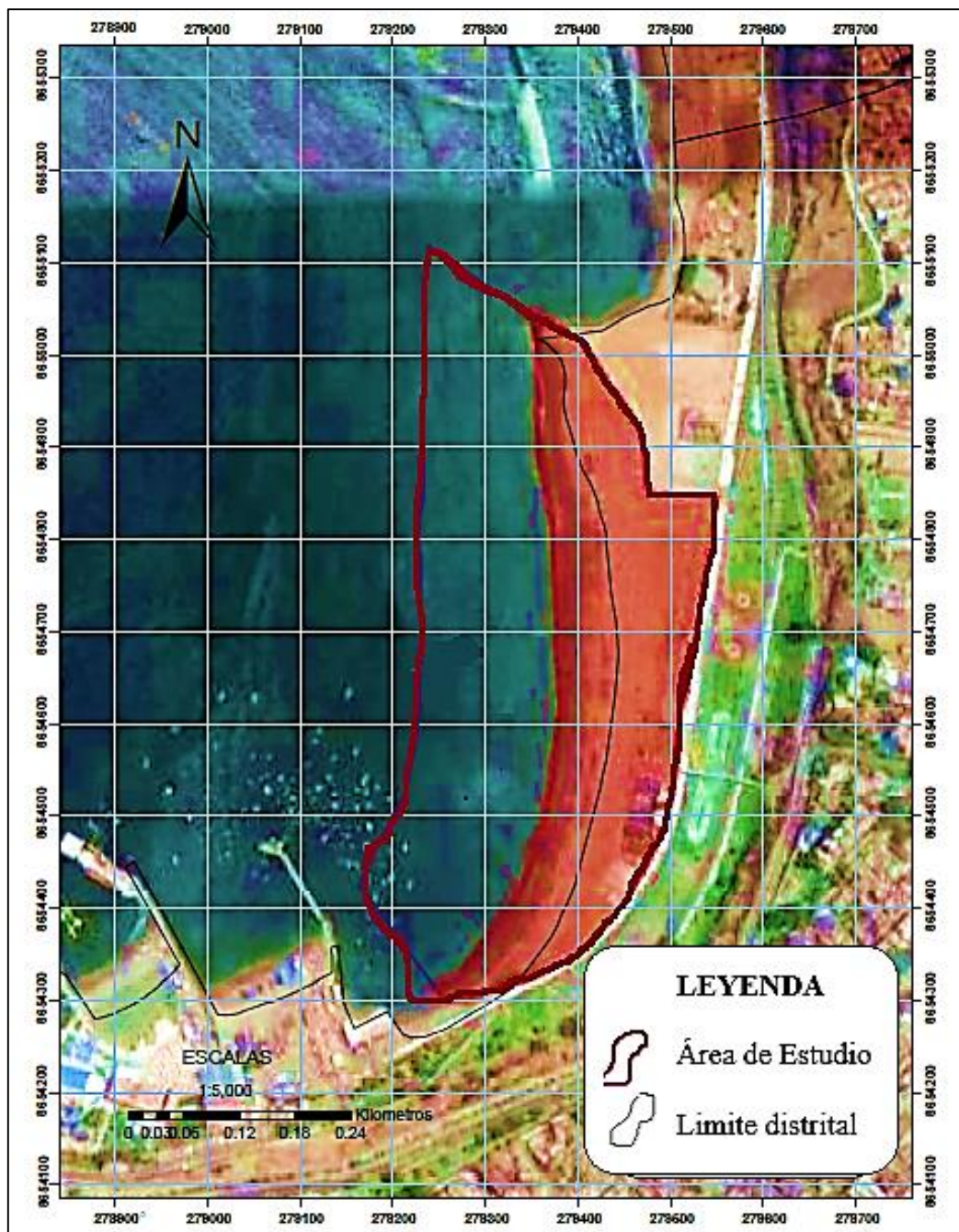
8.3. Mapas

Mapa 1: Ubicación.



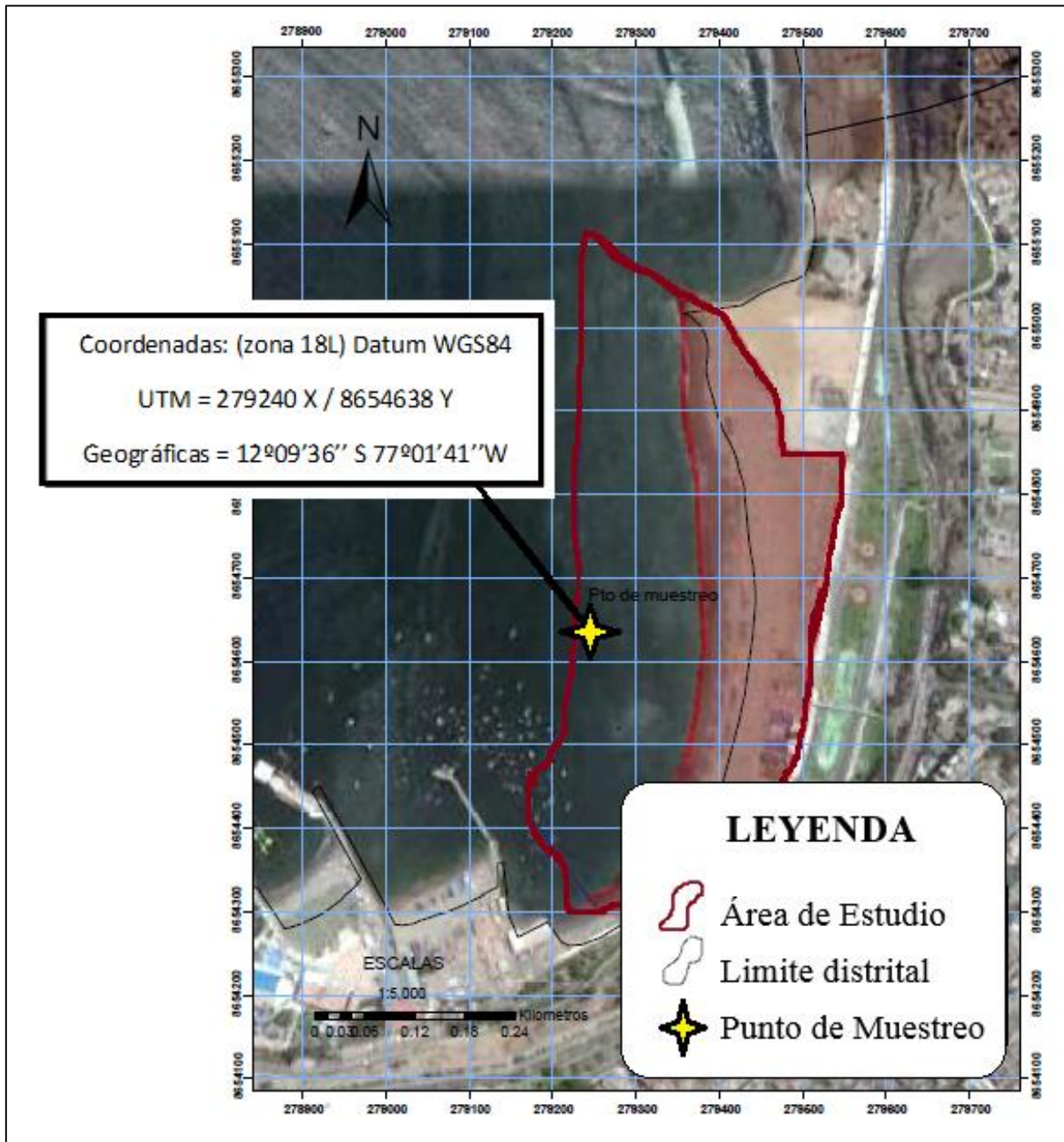
Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Mapa 2: Área de estudio.



Fuente: Google Earth.

Mapa 3: Ubicación de Punto de Muestreo



Fuente: Google Earth.

9. GLOSARIO DE TERMINOS

Adaptación: cambios en la estructura o los hábitos de un organismo que le ayudan a ajustarse al medio que lo rodea.

Afloramiento: (Surgencia) fenómeno oceanográfico que consiste en el movimiento vertical de las masas de agua, de niveles profundos hacia la superficie. Las aguas profundas son ricas en nutrientes que incluyen nitrato y fosfato, que son producto de la descomposición de materia orgánica hundida desde las aguas superficiales. Cuando es traída a la superficie, estos nutrientes son utilizados por el fitoplancton, junto con CO₂ (dióxido de carbono) disuelto y energía solar, para producir compuestos orgánicos a través del proceso de fotosíntesis. De esta manera las regiones de surgencias resultan en lugares de muy altos niveles de producción primaria (la cantidad de carbono fijado por el fitoplancton) en comparación a otras áreas del océano. La alta producción primaria induce la actividad de la cadena alimentaria ya que el fitoplancton es la base del alimento oceánico.

Agua dulce: agua natural que presenta una baja concentración de sales. En general se considera apropiada para su extracción y tratamiento con el fin de producir agua potable. Proviene de los deshielos, así como de ríos, lagos, lagunas y lluvias.

Aguas superficiales: todas las aguas expuestas naturalmente a la atmósfera, como ríos, lagos, embalses, corrientes de agua, estanques, mares, estuarios, etc. La expresión abarca también manantiales, pozos u otros colectores de aguas que están directamente influenciados por las aguas de superficie. También se denomina aguas superficiales.

Anticiclón del Pacífico Sur: Alta presión, con circulación de vientos de sur a norte, que recogen la humedad existente y la llevan a la costa, donde se condensan en forma de nubes bajas y persistentes de mayo a octubre, con alto contenido de humedad atmosférica. Cuando se intensifica el anticiclón, entonces tenemos un mayor afloramiento, temperaturas menores. Cuando los vientos se debilitan, tienen menos fuerza y hay un desplazamiento de este centro

anticiclónico hacia el sur oeste, entonces estamos ante la presencia de un Fenómeno de El Niño.

Biodiversidad: La biodiversidad o diversidad biológica es, según el Convenio Internacional sobre la Diversidad Biológica, el término por el que se hace referencia a la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman, resultado de miles de millones de años de evolución según procesos naturales y también de la influencia creciente de las actividades del ser humano. La biodiversidad comprende igualmente la variedad de ecosistemas y las diferencias genéticas dentro de cada especie que permiten la combinación de múltiples formas de vida, y cuyas mutuas interacciones con el resto del entorno fundamentan el sustento de la vida sobre el planeta.

Calidad del medio ambiente: estado de las condiciones ecológicas en los medios ambientales, expresado en forma de indicadores o índices relacionados con las normas de calidad ambiental. También se denomina calidad ambiental.

Cenozoico: es la última y más reciente era geológica; abarca los últimos 65 millones de años.

Ciclo del agua: secuencia de fenómenos climatológicos. El calor del sol evapora el agua de la superficie terrestre y las superficies hídricas; el vapor, que es más ligero que el aire, se eleva hasta alcanzar el nivel de aire superior, más frío, donde se condensa formando nubes; un ulterior proceso de condensación da lugar a precipitaciones en forma de lluvia, granizo o nieve que se deposita sobre la superficie de la tierra; parte de esa agua queda retenida en el suelo, y otra parte forma escorrentías y vuelve a los ríos, lagos y océanos. También se denomina ciclo hidrológico.

Clorofila: conjunto de pigmentos verdes que se encuentran en las plantas y que son esenciales para la fotosíntesis.

Dióxido de Carbono: El dióxido de carbono o anhídrido carbónico es un compuesto formado por la combinación de átomos de carbono y oxígeno en una relación de 1:2, por el símbolo CO₂.

Ecorregión: Una ecorregión o región ecológica, es un área biogeográfica relativamente grande que se distingue por el carácter único de su ecología, clima, geomorfología, suelos, hidrología, flora y fauna.

Estrés Ambiental: respuesta de un organismo a un factor de estrés tales como una condición ambiental o un estímulo.

Fenómeno de “El Niño”: El Niño, también llamado ENSO ("El Niño Southern Oscillation"), es un cambio en el sistema océano - atmósfera que ocurre en el Océano Pacífico ecuatorial, que contribuye a cambios significativos del clima, y que concluye abarcando a la totalidad del planeta. Se conoce con el nombre de "El Niño", no solamente a la aparición de corrientes oceánicas cálidas en las costa de América, sino a la alteración del sistema global océano-atmósfera que se origina en el Océano Pacífico Ecuatorial (es decir, en una franja oceánica cercana al Ecuador), generalmente durante un periodo comprendido entre diciembre y marzo.

Fotosíntesis: proceso químico que se lleva a cabo en las plantas verdes mediante el cual éstas utilizan la energía luminosa para producir glucosa a partir del dióxido de carbono y el agua, liberándose oxígeno.

Humedad Relativa: Relación entre la cantidad de vapor de agua que tiene una masa de aire y la máxima que podría tener.

Humedad: Cantidad de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido que está presente en la superficie o el interior de un cuerpo o en el aire.

Óxidos de Nitrógeno (NO_x): Los óxidos de nitrógeno son una mezcla de gases compuestos de nitrógeno y oxígeno. El monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno constituyen dos de los óxidos de nitrógeno más importantes toxicológicamente; ninguno de los dos son inflamables y son incoloros a pardo en apariencia a temperatura ambiente. Los óxidos de nitrógeno son liberados al aire desde el escape de vehículos motorizados, de la combustión del carbón, petróleo, o gas natural, y durante procesos tales como la soldadura al arco, galvanoplastia, grabado de metales y detonación de dinamita.

Plancton: Conjunto de seres minúsculos de origen animal (zooplancton) o vegetal (fitoplancton) presentes en aguas marinas y de lagos, que constituyen el alimento básico de diversos animales superiores.

Precipitación: Lluvia o nieve que cae de la atmósfera y se deposita en la superficie terrestre o en el agua.

Presión atmosférica: Presión que ejerce la atmósfera sobre la superficie de la Tierra.

Termoclina: es una capa dentro de un cuerpo de agua o aire donde la temperatura cambia rápidamente con la profundidad o altura.

Toba: un tipo de roca ígnea volcánica ligera, de consistencia porosa formada por la acumulación de cenizas y de otros elementos volcánicos.