

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL**  
**Y DE RECURSOS NATURALES**

**Informe Final del Proyecto de Investigación**

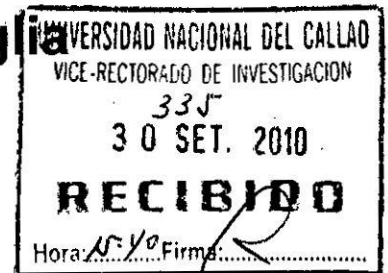
**Titulado:**



**“El uso de Enzimas para Optimizar el  
Proceso de Recuperación de Grasas y  
Aceites de los Efluentes que genera la  
Industria de Harina y Aceite de Pescado –  
Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao”**

**Autor: Ing. Máximo Baca Neglia**

**Código 1233**



**Periodo de Ejecución:** 01 de octubre de 2008 al 30 de  
setiembre de 2010 (24 meses)

**Resolución Rectoral:** Nº 1166-08-R.- Callao, 24 octubre de  
2008

**Año 2010**

## INDICE

	Pág.
I.- Resumen	006
Abstract	007
II.- Introducción	008
Matriz de consistencia	010
III.- Marco Teórico	011
3.1. Enzimas	011
3.1.1. Nomenclaturas	012
3.1.2. Clasificación de la enzimas	013
3.1.3. Catálisis molecular	013
3.1.4. Efecto de la concentración del substrato sobre la catálisis enzimática	014
3.1.5. Advanced BioCatalytics Corporation	015
3.1.5.1. Dinámica molecular	015
3.1.5.2. Beneficios en aguas residuales	016
3.1.5.3. Aspectos del producto	016
3.1.5.4. Tecnología básica	017
3.1.5.5. Propiedad intelectual	017
3.1.5.6. Métodos identificados	017
3.1.5.7. Producto N° 1 "ACCEL"	018
3.1.5.8. Producto N° 2 "BACCELL"	019
3.1.5.9. Producto N° 3 "CACCELL"	019
3.1.5.10. Posición en el mercado	020
3.2. Caracterización de los Efluente Generados en el Proceso de Fabricación de Harina y Aceite de Pescado.	020
3.2.1. Principales efluentes en la industria de harina y aceite de pescado	021
3.2.1.1. Agua de bombeo	021
3.2.1.2. Sanguaza	022
3.2.1.3. Agua de cola	023
3.2.2. Usos de procedimiento de muestreo y prueba apropiados para aumentar las ganancias	023
3.2.3. Establecimiento de asunciones críticas para la industria de harina y aceite de pescado peruana	025
3.2.4. Características del Agua de Bombeo	025
3.2.5. Características de la Sanguaza	028
3.2.6. Características del Agua de Cola	030
3.3. Tratamiento de los efluentes	032
3.3.1. Procesos físicos	033
3.3.1.1. Centrifugación	033
3.3.1.2. Evaporación	033
3.3.1.3. Sistemas por flotación	034
3.3.1.4. Sistema a base de membranas	034
3.3.1.5. Precipitación fisicoquímica	036
3.3.2. Procesos biológicos	038
3.3.3. Tratamiento enzimáticos	039
3.4. Sistema de tratamiento por DAF	042
3.4.1. Descripción del proceso de Tratamiento	044
3.4.1.1. Filtrado	044

**IX.- Apéndice:**

**094**

**Tablas:**

- Tabla 3.1. "Alternativas Tecnológicas para el Tratamiento de Efluentes de la industria de Harina y Aceites de Pescado"

**Figuras:**

- Figura 3.4. "Vista que nos muestra el efluente generado en planta"
- Figura 3.5. "Vista que nos muestra el efluente tratado en el DAF"
- Figura 3.6. "Diagrama de Flujo de Planta de Tratamiento DAF"
- Figura 3.7. "Equipo de "Jar-test"
- Figura 5.32. "Vista que corresponde al DAF de la Fabrica de Harina y Aceite de Pescado que se ubica en la Bahía del Callao"

**Cuadros:**

- Cuadro 3.1. "Activadores Metálicos"
- Cuadro 3.2. "Reducción de la Energía de activación, (Ea)"

**X.- Anexos**

**098**

**Tablas:**

- Tabla 3.2. "Límites Máximo Permisibles de los Efluentes para su Vertimiento al Mar"
- Tabla 3.3. "Formaciones vegetales según tipo de ecosistema"
- Tabla 3.4. "Densidad Poblacional en la Provincia Constitucional del Callao por Distritos según Censo INEI 1972 - 2007"

**Figuras:**

- Figura 3.1. Reacción catalizada por una Enzima
- Figura 3.2. "Efecto de la Concentración de enzima sobre la velocidad de reacción"
- Figura 3.3. "Representación esquemática de la floculación"
- Figura 3.4. "Zonas de Vida"
- Figura 3.5. "Perfil Costero Zona de Playa en el Distrito de la Perla"
- Figura 3.6. "Playa de Ventanilla"
- Figura 3.7. "Ecosistemas Continentales"
- Figura 3.8. "Manchal de Herbáceas"
- Figura 3.9. "Comunidad de Musgos"
- Figura 3.10. "Detalle de musgo sobre sustrato rocoso"
- Figura 3.11. "Ecosistema marino costero"
- Figura 3.12. "Ecosistema de Humedales"
- Figura 3.13. "Otra vista de los Humedales salobres"
- Figura 3.14. "Zona de Gramadales"
- Figura 3.15. "Vista río Chillón"
- Figura 3.16. "Vista río Rímac"
- Figura 3.17. "Contaminación de los delta de los ríos"
- Figura 3.18. "Distribución de la Vegetación Continental Silvestre y Temporal"
- Figura 3.19. "Paisaje Ribereño"
- Figura 3.20. "Otro Paisaje Ribereño"
- Figura 3.21. "Botadero en las riveras de los Ríos"
- Figura 3.22. "Abundancia en porcentajes por grupos de aves registradas en los Humedales de Ventanilla, Junio 2004"
- Figura 3.23. "Distribución de la Fauna Silvestre Continental"
- Figura 3.24. "Densidad Poblacional"
- Figura 3.25. "Grandes Equipamientos e Infraestructuras"
- Figura 3.26. "Actividades Económicas Predominantes"
- Figura 3.27. "Inventario de Vertimientos Industriales"
- Figura 3.28. "Puntos de Vertimientos de Efluentes en el Callao"

**“El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao”**

- Figura 3.29. “Mapa de Riesgo por Vertimientos de Aguas Residuales”
- Figura 3.30. “Concentración de Clorofila Superficiales”
- Figura 3.31. “Distribución de Coliformes totales”
- Figura 3.32. “Distribución de Estéreo Cocos Fecales”

**Cuadros:**

- Cuadro 3.3. “Caracterización de Densidad Poblacional de la Provincia Constitucional del Callao identificada por zonas y distritos”
- Cuadro 3.4. “Desembarque de recursos marítimos, en la Provincia Constitucional del Callao 1990 – 2006 (TM Bruta)”
- Cuadros 3.5. “Establecimientos Industriales Pesqueros, Plantas de harina y Aceite de Pescado”
- Cuadro 3.6. “Plantas Pesqueras en la Provincia Constitucional del Callao, Extracción y Procesamiento Pesquero: Enlatado, Curado, Congelado, Harina”
- Cuadro 3.7. “Perú: Desembarque de Recursos Marítimos para consumo humano Indirecto, según puertos, 2000 – 2009
- Cuadro 3.8. “Registro Nacional de Vertederos Sector Callao”
- Cuadro 3.9. “Catastro de Vertimientos Industriales en el Callao”
- Cuadro 3.10. “Catastro de Vertimientos de Efluentes Domésticos en el Callao”

## CAPITULO I

### RESUMEN

El presente trabajo de Investigación denominado **"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"**, nos permitió demostrar la capacidad de las Enzimas de naturaleza proteica, en incrementar la recuperación de las grasas y aceites, a partir de la dosificación de las enzimas en los efluentes. Las enzimas utilizadas en las pruebas a nivel de laboratorio fueron proporcionadas por la Cía. Advance BioCatalytic Corporation (ABC), utilizándose las del tipo ACCEL, AC-101, (fórmula patentada, que contiene en solución acuosa, proteínas, productos de fermentación, péptido y surfactantes), es precisamente, el surfactante cuya característica de reducir la tensión superficial, permite que la aireación en la unidad de tratamiento de los efluentes, es decir en los DAF, (Dissolved Air Flotation), Flotación por Aire Disuelto, aumente la formación de burbujas de aire y como consecuencia de ello el incremento de aceites y grasas recuperadas, por un lado y los sólidos por otro lado.

Los efluentes generados en la industria de harina y aceite de pescado están constituidos por la combinación de el Agua de Bombeo, la Sanguaza y las Agua de Cola, encontrándose en esta combinación un contenido de grasa equivalente a 3700 ppm, siendo el LMP de 20 ppm, así como 15,240 ppm de Sólidos Suspendidos Totales, (SST), para un LMP de 100 ppm entre otros, razón que justifica su tratamiento.

Durante las pruebas de laboratorio, se halló la dosis óptima de enzimas equivalente a 6 ppm, logrando con ello incrementar la recuperación de grasas al orden de 62% de grasa y 92% de los SST, si bien el residual aún supero los LMP, la presencia de la enzimas trabajara como biocatalizadores en la depuración en el efluente y mejor si se pasasen estos efluentes a una planta de tratamiento previos a su disposición final.

## ABSTRACT

The present research paper called **"Use of enzymes for optimizing the fats and oils from the waste recovery process that generates the fishmeal and oil - Fisheries industry located in the Bay of Callao"**, allowed us to demonstrate the ability of the enzyme protein, nature to increase the recovery of fats and oils, of dosage of enzymes in the effluents. Enzymes used in the laboratory tests were provided by the company Advance BioCatalytic Corporation (ABC), using ACCEL, AC-101, type (patented formula, containing in aqueous solution, proteins, fermentation, peptide products and surfactants), is precisely the surfactant whose characteristic reduce surface tension, allows than aeration treatment of effluents, i.e. in the DAF unit (Dissolved Air Flotation), by dissolved air flotation increase the formation of bubbles of air and as a result of oils and fats recovered, on one side and the solids increase Furthermore.

The effluent generated in fishmeal and fish oil industry are constituted by the combination of the pumping water, the Sanguaza and the Cola water, found in this combination a containing equivalent to 3700 ppm fat, still the LMP 20 ppm, as well as 15,240 ppm of total suspended solids, (SST) for an LMP 100 ppm among others, reason for his treatment.

During laboratory tests, the optimal dose of enzymes are hallo equivalent to 6 ppm, achieving this increase recovery fat to 62% of fat, and 92% of the SST, although the residual still exceeds the LMP, the presence of the enzymes work as biocatalysts in debugging in the effluent and better if you pass these effluents to a treatment plant prior to its disposal end.

## **CAPITULO II**

### **INTRODUCCION**

El trabajo de investigación denominado **“El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao”**, tiene como finalidad determinar el efecto de las enzimas en el proceso de recuperación de grasas y aceites a partir de los efluentes generados por la industria de harina y aceite de pescado y por ende contribuir al mismo tiempo en resolver la Contaminación Ambiental generada como consecuencia de la disposición final de los efluentes pesquero en la Bahía del Callao.

El Perú es uno de los principales países pesqueros del mundo y productores de Harina de Pescado entre otros sub productos derivados de esta industria, las mismas que tienen una característica en cuanto a su producción por ser temporales, debido a que tienen que cumplir con el periodo de veda que la legislación les impone, con el fin de no depredar la fuente que sustenta esta producción es decir la diversidad biológica marina específicamente la anchoveta y la sardina excepcionalmente caballa y jurel.

Es así que el Perú cuenta con más de 320 plantas de Harina y Aceite de pescado, las mismas que se ubican en zonas próximas a las playas a lo largo (2,500 km) de toda la Costa del Océano Pacífico, utilizando en su proceso productivo agua de mar en volumen muy considerable que les permite el transporte del pescado capturado y que ubican en las bodegas de los buques de pesca denominadas comúnmente Bolicheras, haciendo uso de grandes bombas, sin embargo este volumen de agua utilizada retorna al mar luego de que en la planta se separa el pescado, pero consigo este volumen de agua transporta una gran cantidad de desechos insolubles que no estuvieron inicialmente en las aguas de bombeo, siendo la composición de estos desechos insolubles: sangre de pescado, grasas y aceites del propio pescado, materia orgánica producto del pescado desechado y/o triturado por la propia operación de transporte y que no es retenido en la planta, todo estos desechos

**“El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao”**

caracterizan a estos efluentes que retornan al mar en forma de desagües los mismos que al ingresar al mar lo contaminan.

Por esta situación al ubicarse las plantas de procesamiento de Harina y Aceite de Pescado en una zona próxima a la playa, específicamente la Bahía del Callao, utilizando al propio mar como punto de disposición final de sus efluentes, contribuyendo con la contaminación del mar, es decir deterioran el ecosistema de importantes zonas marítimas consideradas como reservas de especies y otras como balnearios, deterioran las aguas a tal punto que saturan la capacidad de depuración natural que tiene estas aguas.

Si bien es cierto las plantas pesqueras realizan previo a la disposición final de sus desagües algún tratamiento, estos no son suficientes o los mismos no son los más eficientes, por lo que en su contenido trasladan una serie de contaminantes e inclusive productos valiosos que se pueden recuperar optimizando el tratamiento de sus plantas mejorando la eficiencia del proceso, razón que justifica la investigación, es decir recuperar producto valioso (Grasas y Aceites) y reducir la Contaminación Ambiental de la Bahía del Callao por este concepto.



**MATRIZ DE CONSISTENCIAS**

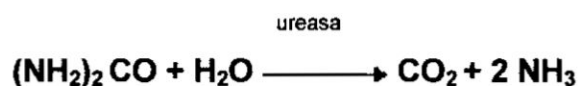
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: EL USO DE ENZIMAS PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE GRASAS Y ACEITES DE LOS EFLUENTES QUE GENERA LA INDUSTRIA DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO – PESQUERAS UBICADAS EN LA BAHÍA DEL CALLAO						
Según la estructura de la codificación propuesta por la ANR - (Plan Nacional CTI). Además incluye el código del campo según UNESCO.						
ÁREA	SECTOR	SUBSECTOR	LÍNEA			CAMPO (UNESCO)
CÓDIGO: 03	CÓDIGO: 0302	CÓDIGO: 030200	CÓDIGO: 03020004			CÓDIGO: 33
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES			MÉTODO A EMPLEAR
			VARIABLE	INDICADOR	INDICE	
Contaminación Ambiental de la Bahía del Callao por inadecuada disposición final de los efluentes generados en proceso de fabricación de Harina y Aceite de Pescado.  ¿Es posible optimizar el proceso de recuperación de aceites y grasas en los efluentes de la industria de harina y aceite de pescado mediante el uso de enzimas, de modo que se reduzca la presencia de estos?	<b>GENERAL:</b> Determinar el efecto de las enzimas en el proceso de recuperación de grasas y aceites a partir de los efluentes generados por la industria de harina y aceite de pescado <b>ESPECIFICOS:</b> • Caracterizar los efluentes generados por la Industria de Harina y Aceite de Pescado, • Evaluar a nivel de laboratorio, el proceso DAF para recuperación de grasas y aceite, de los Efluentes previos a su disposición final. • Determinar el efecto de las enzimas en el proceso DAF de recuperación de grasas y aceites. • Determinación de la eficiencia del proceso de recuperación.	La aplicación de enzimas permitirá optimizar el proceso de recuperación de grasas y aceites de los efluentes de la industria de harina y aceite de pescado previos a su disposición final	<b>Independiente X:</b> Dosis Enzimática  <b>Dependiente Y:</b> Optimización del proceso de recuperación de grasas y aceites	X <sub>1</sub> : Cantidad de Enzima  Y <sub>1</sub> : Humedad de los aceites y grasas, (% H)  Y <sub>2</sub> : % de Sólidos Totales, % ST  Y <sub>3</sub> : Grasa, (ppm, ó mg/L)  Y <sub>4</sub> : SST no grasos, (ppm, ó mg/L)  Y <sub>6</sub> : STD, (ppm, ó mg/L)	2.00 a 14.00 ppm o mg/L  95.00%  6.00%  3700 ppm  3600 ppm  15240 ppm	Pruebas de Jarras ó Jar test.  INNCh 841 of 78, Official Methods of Analysis. A.O.A.C. 15th Edition 1990.  MNP APHA, AWWA, INDECOPI, 2540-B, Gravimétrico.  MNP APHA, AWWA, INDECOPI, 5520-D, por Extracción.  MNP APHA, AWWA, INDECOPI, 5540-D, Gravimétrico  MNP APHA, AWWA, INDECOPI, 5540-C, Gravimétrico

### CAPITULO III

#### MARCO TEÓRICO

En este capítulo denominado Marco Teórico, con el fin de tomar una conceptualización, que nos permitió comprender mejor el problema y a formular la alternativa de solución más eficaz, exige tener que revisar los conceptos sobre Enzimas, desde el punto de vista de su definición, cualidades, tipos, etc, así como las fabricadas para el tratamiento de efluentes, por otro lado conocer la caracterización de los propios efluentes generados en el proceso de fabricación de efluentes, el tratamiento que se les da a estos efluentes previos a su disposición final y los necesarios para la recuperación de grasas y aceites entre otros, revisamos los parámetros de control para el tratamiento de los efluentes, la problemática ambiental y las Normas Legales existentes en nuestro país, así también se desarrolla una descripción y características de la Bahía del Callao y su industria referida a la de Aceite y Harina de Pescado con su influencia en la Bahía.

**3.1. Enzimas.-** Las enzimas son biocatalizadores de naturaleza proteica. Todas las reacciones químicas del metabolismo celular se realizan gracias a la acción de catalizadores o enzimas. La sustancia sobre la que actúa una enzima se denomina sustrato. Pasteur descubrió que la fermentación del azúcar mediante levaduras, con su conversión en alcohol etílico y anhídrido carbónico es catalizada por fermentos o enzimas. En 1897 Buchner logró extraer de las células de levadura las enzimas que catalizan la fermentación alcohólica. Sumner en 1926, aisló en forma cristalina la enzima ureasa, a partir de extractos obtenidos de *Cannavalia ensiformis* (Fabaceae ó Leguminosas) la que hidroliza la urea según la siguiente reacción:



En 1930, Northrop aisló en forma cristalina las enzimas digestivas: pepsina, tripsina y quimotripsina. En la actualidad se conocen más de 2000 enzimas que han sido aisladas en forma cristalina. En términos

generales los catalizadores se caracterizan por las siguientes propiedades:

1º Son eficaces en pequeñas cantidades. Tienen un número de recambio alto, que varía entre 100 y 36 millones (anhidrasa carbónica). El número de recambio o actividad molar, se define como la cantidad de sustrato transformado en la unidad de tiempo por una cantidad dada de enzima, por Ejm. la catalasa hidroliza  $5,6 \times 10^6$  moléculas de  $H_2O_2$  por molécula de enzima por minuto, por lo que su número de recambio es  $5,6 \times 10^6$ .

2º No se alteran durante las reacciones en que participan.

3º Aceleran el proceso para la obtención del equilibrio de una reacción reversible.

4º Muestran especificidad. La acción de la enzima es extremadamente selectiva sobre un sustrato específico.

Las enzimas tienen pesos moleculares que oscilan entre 12.000 y un millón. Algunas enzimas son proteínas conjugadas; ya que poseen un grupo no proteico o prostético, por Ejm. un azúcar - glucoproteínas, un lípido -lipoproteínas, un ácido nucleico - nucleoproteínas. Una enzima completa se denomina holoenzima, y está formada por una parte proteica (apoenzima) y un cofactor no proteico (coenzima).

### **HOLOENZIMA = APOENZIMA + COENZIMA**

Entre los cofactores que requieren las enzimas para su funcionamiento están las coenzimas: NADPH + H (nicotinamida adenina dinucleótido fosfato reducido), NAD (nicotinamida adenina dinucleótido), FAD (flavina adenina dinucleótido), piridoxal, biotina, tiamina, ácido tetra hidrofólico, cobalamina, etc. Así mismo, muchas enzimas requieren activadores metálicos, ver Cuadro 3.1. “Activadores Metálicos” y he de allí la importancia de los minerales para el buen funcionamiento y crecimiento de las plantas.

**3.1.1. Nomenclaturas.-** Antiguamente las enzimas fueron nombradas atendiendo al sustrato sobre el que actuaban, añadiéndole el sufijo -asa o haciendo referencia a la reacción catalizada. Así tenemos que la ureasa, cataliza la hidrólisis de la urea; la amilasa, la hidrólisis del

almidón; la lipasa, la hidrólisis de lípidos; la ADNasa, la hidrólisis del ADN; la ATPasa, la hidrólisis del ATP, etc.

**3.1.2. Clasificación de las enzimas.-** Debido al gran número de enzimas conocidas en la actualidad, se ha adoptado una clasificación y nomenclatura más sistemática, en la que cada enzima tiene un número de clasificación que la identifica.

1. Oxidorreductasas. Reacciones de transferencia de electrones.
2. Transferasas. Transferencia de grupos funcionales. Ej. UDP-glucosa-fructosa-glucotransferasa.
3. Hidrolasas. Reacciones de hidrólisis. Ej. lipasa, proteasa, celulasa.
4. Liasas. Adición a dobles enlaces. Ej. carboxilasa, fenilalanina amonioliasa.
5. Isomerasas. Reacciones de isomerización. Ej. fosfoglucosa isomerasa.
6. Ligasas. Se conocían como sintetetasas. Participan en la formación de enlaces con hidrólisis de ATP.

**3.1.3. Catálisis molecular.-** Un catalizador modifica la velocidad de una reacción química sin ser utilizado o aparecer como uno de los productos de la reacción. Una reacción química en la que un sustrato (S) se transforma en un producto (P):  $S \rightarrow P$ , ocurre por que cierta fracción de moléculas de S, posee mucho más energía que el resto de ellas, lo que es suficiente para que alcancen un estado activado, en el que pueda formarse o romperse un enlace químico y se forme el producto (P).

La energía de activación es la cantidad de energía expresada en calorías, necesaria para que todas las moléculas de un mol, a una temperatura dada alcancen el estado reactivo. Mientras que, el estado de transición es el estado rico en energía de las moléculas que interaccionan en la cima de la barrera de activación. La velocidad de una reacción química es proporcional a la concentración del complejo en el estado de transición.

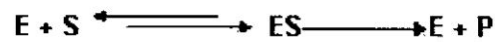
Una reacción química se puede acelerar de la siguiente forma:

1. Al aumentar la temperatura se incrementa la energía cinética, por lo que es mayor el número de moléculas que alcanzan el estado de

transición. Generalmente el  $Q_{10} = 2$ , lo que indica que la velocidad de una reacción química se duplica al aumentar la temperatura en  $10^{\circ}\text{C}$ .

2. Añadiendo un catalizador, que disminuye la energía de activación y aumenta la velocidad de reacción.

La enzima (E), se combina con el sustrato (S) formando el complejo de transición, enzima-sustrato (E-S), mediante una reacción reversible, cuya energía de activación es menor que la de la reacción no catalizada. Cuando se forma el producto de la reacción (P), se regenera de nuevo la enzima (E) de forma libre, la que puede combinarse de nuevo con otra molécula de sustrato (S).



Una enzima reduce más eficientemente la energía de activación ( $E_a$ ) de una reacción que un catalizador inorgánico, lo que permite que una reacción se realice a menor temperatura.

En el Cuadro 3.2. “Reducción de la Energía de Activación, ( $E_a$ )”, se ilustra mejor lo que hemos precisado.

Una enzima no modifica la energía libre, ni la constante de equilibrio, sino que disminuye la energía de activación de la reacción, como se aprecia en la Figura 3.1. “Reacción catalizada por una Enzima”.

#### **3.1.4. Efecto de la concentración del sustrato sobre la catálisis enzimática.**

- La actividad de una enzima se puede estudiar *in vitro*, bajo condiciones controladas añadiéndole una enzima a un sustrato. Si se trabaja con la condición de que la concentración del sustrato sea saturante, variando entonces la concentración de enzima, se observa que aumenta el producto de la reacción, a pH y temperatura constantes.

Si se mantiene la concentración de la enzima constante y variando la concentración de sustrato se obtiene una curva hiperbólica como la de la Figura 3.2. “Efecto de la concentración de enzima sobre la velocidad de reacción”. Al principio un aumento de la concentración de sustrato produce un aumento rápido de la velocidad de reacción, pero si se sigue aumentando la concentración de sustrato, la velocidad de reacción comienza a disminuir y a muy altas concentraciones de sustrato se

observa que no cambia la velocidad de reacción, se dice que los centros activos de la enzima se encuentran saturados. La velocidad de reacción que se obtiene a esa alta concentración de sustrato se define como la velocidad máxima ( $V$ ) de la reacción enzimática bajo las condiciones especificadas. La concentración de sustrato ( $S$ ), a la semivelocidad máxima de reacción ( $V/2$ ) se puede determinar de la figura y representa la constante de Michaelis o  $K_m$ , la cual es una característica para cada enzima. La inversa de  $K_m$ , o  $1/K_m$ , mide aproximadamente la afinidad de la enzima por el sustrato. Mientras más pequeño sea el valor de  $K_m$ , mayor será la afinidad de la enzima por el sustrato. Si varias enzimas compiten en el metabolismo por el mismo sustrato, éste será transformado preferentemente por la enzima con mayor afinidad.

**3.1.5. Advanced BioCatalytics Corporation.-** Biotecnología para mejorar el Medio Ambiente, Advanced Bio Catalitycs Corporation (ABC) es una compañía biotecnológica que aplica la ciencia de la Química Proteínica en áreas más allá del cuidado de la salud. El núcleo de la Tecnología de ABC la dinámica molecular, esta basada en la función de la estructura proteínica modificando la superficie de las células, mediante bioaceleradores desarrollados por ABC. Estos productos están dirigidos a uno de los mercados más grandes del mundo, el mercado de tratamiento de aguas residuales industriales y domesticas. En este mercado, los usos se enfocan al tratamiento de agua, en el procesamiento de alimentos, desperdicios agrícolas, manejo de biopelículas, control de olores y control de grasas, entre otros.

El programa de investigación de la Compañía esta conducido por la Universidad de California en Irvine y en otros laboratorios.

ABC ha desarrollado una línea completa de productos para servir a estos mercados con capacidad de fabricación y distribución mundial, descubriéndose nuevas aplicaciones al incrementarse su uso en el mercado.

La tarea de ABC está enfocada a los usos antes mencionados con productos excepcionalmente seguros y costos óptimos.

**3.1.5.1. Dinámica molecular.-** Los productos aceleran las reacciones biomoleculares que ocurren en forma natural a una fracción del costo

del capital en equipos y sistemas convencionales. Los productos son formulaciones líquidas que tienen un arreglo óptimo de proteínas basadas en la fermentación de micro nutrientes y **una química especializada de surfactantes**, esta característica la hace especial para su uso.

Las formulaciones no contienen bacterias, pero aumentan la captación de oxígeno, la tasa metabólica y la eficacia de los microorganismos nativos. Esto acelera la transformación biológica de contaminantes orgánicos complejos en materiales finales neutros tales como el dióxido de carbono y agua.

**3.1.5.2. Beneficios en aguas residuales.-** La serie de productos ACCELL optimizan la realización del proceso de tratamiento de aguas residuales para:

- Incrementar el oxígeno disuelto.
- Reducir el consumo de energía.
- Reducir el DBO, STS y FOG.
- Reducir el volumen de sedimentos o lodos así como su costo de confinamiento.
- Reducir o eliminar olores.
- Reducir el consumo de químicos.
- Reducir el mantenimiento del equipo de proceso.
- Extender la vida del equipo.
- Incrementar el flujo por hora y la capacidad de utilización.
- Estabilizar el control de proceso.

**3.1.5.3. Aspecto del producto.-** Cuando se agrega ACCELL al tanque de aeración de una planta de tratamiento de aguas residuales, se reduce la energía requerida para alcanzar el nivel de oxígeno disuelto deseado en el tanque así como la cantidad de sedimentos producidos durante el proceso.

De lo anterior se logra:

- Una reducción de energía en la aeración en un 25% a 50%.
- Una reducción en la producción de sedimentos en un 30% a 50%.

ACCELL también se usa para aumentar la capacidad y / o el nivel de tratamiento de un sistema de aeración existente, incrementando la

cantidad de oxígeno disponible para una reducción del DBO, logrando incrementos de un 30% a 50%.

Cuando se agrega ACCELL a las líneas de alcantarillado, previene la formación de grasa en líneas limpias y / o elimina la grasa en las líneas de alcantarillado obstruidas ya que, la grasa es metabolizada rápidamente por las bacterias existentes en el alcantarillado y al ser solubilizada se puede mover fácilmente a la estación de bombeo o a la planta de tratamiento de efluentes.

**3.1.5.4. Tecnología básica.-** ABC es una compañía Californiana que ha desarrollado una tecnología de fondo llamada Cinética Molecular (Molecular Kinetics-MK), la cual usa la función de la estructura de las proteínas modificando la superficie de las células lo que acelera significativamente la actividad biológica. ABC ha tenido mucho éxito usando los efectos de la MK para identificar y crear aplicaciones específicas del producto, para el tratamiento de aguas residuales y en los mercados industriales.

**3.1.5.5. Propiedad intelectual.-** ABC ha adquirido un amplio conocimiento sobre la química de las enzimas y la fermentación de las proteínas durante el afinamiento científico de los productos de la Compañía, ABC ha incrementado la protección de sus patentes en el campo de la osmosis inversa y ha establecido un programa de patentes formal, para obtener una cobertura más amplia para todas las líneas de productos de ABC así como los nuevos productos de reciente desarrollo.

**3.1.5.6. Métodos identificados.-** Los mercados en los cuales los productos ABC han ganado aceptación son las plantas de aguas residuales y el alcantarillado municipal, que usan sistemas aeróbicos para procesar aguas residuales. Los volúmenes de aguas residuales y alcantarillado se están incrementando diariamente y son potencialmente capaces de causar efectos nocivos para el medio ambiente.

Un segundo mercado es el de **trampas para grasa y cloacas obstruidas** con grasa el cual, necesita un mantenimiento periódico para prevenir olores fétidos o regreso de los líquidos con el subsiguiente problema. Esto está bajo escrutinio por las agencias reguladoras de varios países.



El tercer mercado es el de osmosis inversa en donde las membranas son susceptibles de obstruirse debido a crecimiento biológico. Estos sistemas son usados para filtración de líquidos tóxicos y filtración de agua en plantas desalinizadoras y los productos de ABC están hechos a la medida para estos servicios.

La "LLAVE DEL ÉXITO" en una compañía nueva es "ENCONTRAR UNA NECESIDAD Y SATISFACERLA".

El impacto de la contaminación creciente y los costos asociados al uso de energía, se combinan para crear un clima apropiado para introducir los productos de nuevo desarrollo y económicamente viables. El abastecimiento mundial del agua está bajo amenaza así como la gran cantidad de recursos que han sido gastados para reducir la contaminación de este preciado recurso. Las plantas actuales de tratamiento de agua residual están tratando de obtener una mejor calidad y además se requieren nuevas inversiones en plantas nuevas por lo que todos los ahorros durante la operación, en energía, acarreo y costos en general tienen una gran importancia.

Los productos químicos existentes en el mercado no cubren los requerimientos necesarios y los fabricantes comparten la misma tecnología vendiendo productos similares.

La oportunidad de introducir productos más eficaces como los fabricados por ABC nos permite probar con hechos su excelente funcionamiento y ver reflejados los resultados en ahorros substanciales así como en la prolongación de la vida de los equipos empleados en esta industria.

**3.1.5.7. Producto N° 1 "ACCELL".-** ACCELL es un producto líquido, el cual se agrega en una proporción de 3 a 6 ppm (partes por millón) en plantas de tratamiento municipal y de 10 a 30 ppm para plantas industriales de aguas residuales. ACCELL es una fórmula base agua, patentada, que contiene proteínas, productos de fermentación, péptido y surfactantes el cual, acelera proceso de fermentación aumentando de 3 a 4 veces la actividad metabólica microbica normal dando por resultado reducción de los costos de procesamiento.

**Beneficios identificados**

**Ahorros**

Reducción en la producción de lodos y costo de tratamiento. 30% al 50%

Reducción en los costos de transporte y confinamiento de los sedimentos.	30% al 50%
Reducción en los costos de la energía requerida para aeración.	25% al 50%
Reducción en los costos para el control de olores.	50% al 90%
Incremento de flujo de aire en el tanque de aireación.	20% al 40%
Aplicaciones para el control de grasa	

**3.1.5.8. Producto N° 2 “BACCELL”.-** BACCELL es un producto líquido el cual se agrega en una proporción de 15 a 30 ppm (partes por millón) dentro de las trampas de grasa y en las líneas de alcantarillado. BACCELL es una fórmula base agua, patentada, que contiene proteínas, productos de fermentación, péptido y surfactantes, que eliminan la grasa existente adherida en las trampas y tubería de alcantarillado que al taparse ocasiona derrames de agua de alcantarillado, reduciendo los costos asociados de limpieza de mantenimiento y olores.

#### **Beneficios identificados**

Elimina el acumulamiento de grasas en las líneas de drenaje y bombas.  
Elimina la necesidad de limpiar regularmente la grasa solidificada y el olor que resulta de las aguas residuales que regresan.  
Reduce la corrosión del concreto en los tubos debido al ácido sulfhídrico formado y a otros gases del alcantarillado.  
Reduce significativamente las descomposturas en bombas usadas en el sistema. Aplicaciones en los filtros de ósmosis inversa.

**3.1.5.9. Producto N° 3 “CACCELL”.-** CACCELL es un producto líquido que se agrega a la entrada del filtro de osmosis inversa en una proporción de 3 ppm CACCELL es una fórmula patentada que contiene proteínas, productos de fermentación, pépticos y surfactantes que eliminan la bio-película existente formada sobre la superficie y en los canales del filtro. El control de esta capa aumenta la vida de los filtros eliminando la necesidad de cambiar el repuesto y por tanto reduciendo los costos de operación.

#### **Beneficios identificados**

Reduce la necesidad de una limpieza química y extiende el tiempo entre los ciclos de limpieza.

Reduce los costos de operación por reducción de energía empleada para vencer la resistencia a través de los filtros obstruidos.

Reduce la cantidad de tiempo requerido para reemplazar los filtros sucios.

**3.1.5.10. Posición en el mercado.-** Los productos de ABC pueden diferenciarse de los existentes en el mercado por sus ahorros substanciales y con los siguientes beneficios:

- El funcionamiento del producto no cambia con el tiempo.
- Su vida útil es de 2 años.
- Los productos son BIODEGRADABLES Y AMIGABLES ECOLOGICAMENTE.
- No existen componentes tóxicos en su formulación.
- No existen componentes inflamables en su formulación.
- No contiene bacterias extrañas en su formulación que entren en competencia por el alimento disponible en las bacterias nativas.

Al no contener bacterias los productos de ABC, éstos modifican únicamente la manera en que las bacterias nativas toman el alimento, acrecentando y mejorando el proceso natural de actividad de las mismas.

**3.2. Caracterización de los Efluente Generados en el Proceso de Fabricación de Harina y Aceite de Pescado.-** En el Perú, la industria de harina y aceite de pescado es la segunda más grande después de la minería. Aproximadamente 320 plantas harineras cubren la línea costera peruana, procesando hasta 10 millones de toneladas de pescado en un buen año que se exportan casi en su totalidad. Los productores de harina están asimismo entre los principales generadores de residuos orgánicos en las zonas costeras peruanas. Elevados volúmenes o concentraciones de residuos orgánicos vertidos al ambiente conllevan al deterioro de la salud pública y de los recursos naturales y pueden obstaculizar el potencial de crecimiento de largo plazo de un país. El Banco Mundial, la FAO y las organizaciones ambientales han venido ejerciendo creciente presión sobre el Perú para que utilice sus recursos pesqueros de una manera más sostenible.

Más aún, algunas compañías Europeas han estado considerando limitar sus compras de pescado sólo a aquellos países que practiquen una gestión sostenible de sus recursos pesqueros.

Estas presiones han inducido a los industriales harineros peruanos a esforzarse cada vez más para optimizar la eficiencia de sus procesos en sus plantas. Desde 1995, el CONAM y USAID, bajo el ámbito de SENREM, “Gestión Sostenible del Ambiente y los Recursos Naturales”, apoyaron el Proyecto Paracas, destinado a mejorar la eficiencia y calidad de los procesos de producción de harina de pescado, ayudando a industriales harineros peruanos a aplicar técnicas de prevención de la contaminación. El Proyecto ha alentado investigaciones del proceso productivo como un medio de reducir la generación de residuos, en contraste con las aproximaciones tipo “fin de tubo”, tales como sistemas de ‘tratamiento de aguas residuales y emisores submarinos. El enfoque del proyecto fue prevenir o recuperar productos valiosos de los efluentes que incrementen la rentabilidad de la compañía y a la vez reduzcan la emisión de residuos. El proyecto fue un esfuerzo cooperativo entre el CONAM, USAID y varias organizaciones peruanas que incluye a la Sociedad Nacional de Pesquería y la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental.

**3.2.1. Principales efluentes en la industria harinera y aceite de pescado.-** Existen tres principales efluentes líquidos generados en el proceso de producción de harina y aceite de pescado: agua de bombeo, sanguaza y agua de cola. El agua de bombeo es un efluente cuyas características en las pesquerías sudamericanas son únicas debido a lo somero de su línea costera. Por ésta razón, el asunto de las pérdidas de materia prima en el agua de bombeo no ha sido abordado sistemáticamente en la industria internacional. La sanguaza y el agua de cola son generadas en las plantas en todo el mundo y las técnicas de recuperación de ellas están mejor desarrolladas.

**3.2.1.1. Agua de bombeo.-** Cuando las embarcaciones arriban a las estaciones de descarga, la materia prima es bombeada hacia las fábricas por medio de bombas húmedas que han sido diseñadas específicamente para las condiciones peruanas, esto es, distancias de

hasta 1,500 metros con cargas hidráulicas de hasta 15 metros y enormes volúmenes (200 m) en períodos cortos para que las embarcaciones regresen a los lugares de pesca. Cuando estas bombas fueron instaladas, la relación agua: pescado no se consideraba importante porque se descargaba de regreso por rebose; el principal criterio era la velocidad de descarga. La operación de descarga puede dañar al pescado ocasionando que el rebose arrastre sólidos y aceite consigo. Ahora, si existe una gran concentración de fábricas junto a un mismo y reducido cuerpo de agua (puerto o bahía) entonces el nivel de contaminación en esta bahía puede ser perjudicial para el ecosistema. De hecho, cuando varias fábricas vecinas están descargando al mismo tiempo, entonces existen enormes posibilidades de que algunas plantas estén usando el efluente del vecino para descargar su pescado. Una cantidad de efluentes de tal magnitud puede conducir a una contaminación por salmonella o de algún otro tipo del agua que entra a la fábrica junto con el pescado.

Cuando la materia prima se deteriora, se reduce el rendimiento, aumenta el costo de producción, se contamina el ambiente, los productos tienen menor calidad

**3.2.1.2. Sanguaza.-** La sanguaza se produce a bordo de las embarcaciones cuando la captura se almacena durante el viaje de retorno a la fábrica y también cuando se ha descargado a las pozas de almacenamiento en las mismas fábricas. La sanguaza es el resultado de la acción bacteria<sup>1</sup> y la autólisis (auto digestión) de las enzimas existentes en el estómago del pescado y en 1.0 que éste haya ingerido. Esta reacción aumenta con la temperatura del pescado almacenado y como resultado, tanto proteína como aceite son perdidos en la sanguaza. Una vez que el pescado llega a las pozas de almacenamiento, continúa el proceso de deterioro. La sanguaza es exudada por la presión a la que está el pescado durante el almacenamiento. Si la sanguaza producida no fuera exudada del pescado, aceleraría la descomposición y produciría más sanguaza, ocasionando que los líquidos (aceite y agua con sólidos) lixivien fuera

del pescado. Si no es procesado, se pierde un producto valioso en la sanguaza.

Investigaciones en Chile indican que los sólidos en la sanguaza aumentan de 5% luego de una hora de almacenamiento a 14.5% luego de 21.5 horas de almacenamiento. Un reporte escandinavo estima que las pérdidas en sanguaza pueden llegar a cerca del 10.15% del peso original de la materia prima.

**3.2.1.3. Agua de cola.-** El agua de cola es generada como un subproducto de la prensa. Su volumen y contenido cambia con la condición y tiempo del pescado. A medida que este tiene mayor tiempo de captura, mayor será la cantidad de proteína y aceite que se liberen al agua de cola durante el prensado.

El agua de cola puede representar hasta un 60% del peso de la materia prima si el pescado es fresco y aún más si éste no lo es tanto, si el agua de cola no es procesada para recuperar los sólidos y aceite que contiene entonces se estará perdiendo un producto valioso y además el volumen del efluente desde la fábrica puede colmar al cuerpo receptor de agua.

Además, una planta de agua de cola hace posible recuperar la fracción sanguaza de la materia prima.

**3.2.2. Uso de procedimientos de muestreo y prueba apropiados para aumentar las ganancias.-** Cualquier materia prima que no es procesada en harina de pescado o aceite será finalmente descargada junto con los residuos. La identificación y caracterización de los efluentes es el primer paso para comprender en donde están las ineficiencias en el proceso de producción. Esta información se puede usar junto con las relaciones de producción para calcular las pérdidas de materia prima y las oportunidades para aumentar la productividad y las ganancias.

Tradicionalmente, había poco interés en muestrear y probar los efluentes de las plantas harineras en el Perú. El infrecuente muestreo que se llevaba a cabo se confinaba a parámetros ambientales como DBO, DQO y Sólidos Suspendidos. Si bien es cierto que estos parámetros pueden ser útiles para evaluar impactos ambientales, también es cierto que no ayudan a determinar las pérdidas de materia prima. Como resultado de

**3.2.3. Establecimiento de asunciones críticas para la industria de harina y aceite de pescado peruana.-** Para estimar la pérdida de rendimiento, es necesario establecer ciertas asunciones y relaciones, clave que definan el proceso de producción de harina y aceite de pescado en el Perú.

Algunas asunciones usadas en las secciones subsiguientes se listan a continuación. Estas sólo servirán para poder calcular y pueden variar de una planta a otra o de una estación a otra. Dicho esto, los productores han preferido errar en forma conservadora para evitar sobre estimaciones de pérdidas y potenciales aumentos de ganancias.

- Precio promedio 5 años Hamburgo: Harina US \$ 1,150 / TM
- Precio promedio 10 años Hamburgo: Harina US \$ 950 / TM
- Precio promedio 5 años Rotterdam: Aceites US \$ 600 / TM
- Precio promedio 10 años Rotterdam: Aceites US \$ 550 / TM

Desembarque promedio en 5 años 8'400,000 TON / año, (promedio)

Bomba Hidrostal requiere relación 2:1 (Agua: Pescado)

Proteínas + Aceite en descarga iguala a productos utilizables de pescado.

Nota: El precio de la Harina Primer a julio del 2010 llego a US \$ 1,500.00/Tonelada, mientras el Aceite en la misma fecha llego a US \$ 800.00/Tonelada métrica.

**3.2.4. Características del Agua de Bombeo.-** En términos de flujo, el agua de bombeo es el efluente de mayor volumen creado en una planta de harina y aceite en el Perú. Las bodegas de las embarcaciones llenas de pescado bombean agua de mar a su interior creando un fluido que se pueda bombear a la planta por medio de tuberías submarinas. Actualmente, luego de entregar el pescado a la planta, el agua de bombeo se pasa a un tratamiento ineficiente para recuperar algo de materia prime y reducir el impacto directo al mar, en la mayoría de plantas en Perú es una fuente mayor de pérdidas y contaminación para ellas.

Con un promedio de pesca para 5 años de 8.4 millones de toneladas métricas bombeadas a las plantas peruanas a una razón de bombeo de 2.5 partes de agua por 1 tonelada de pescado, se encuentra que por lo

menos 21 millones de metros cúbicos de agua de bombeo se descartan hacia puertos peruanos en promedio por año.

Resultados de pruebas del proyecto en la bahía del Callao mostraron que en promedio el agua de bombeo contenía 3% de proteína (suspendida y disuelta) y 2% de aceite. Estas cifras presentan algunas oportunidades únicas para que la industria mejore sus rendimientos y aumente su rentabilidad. Este capítulo proporciona el método y cálculos usados para arribar a los estimados de pérdidas en el agua de bombeo, y más importante, qué pasos pueden tomar las plantas para capturar estas oportunidades de aumentar su rendimiento y rentabilidad al mismo tiempo que se reducen descargas contaminantes.

Calculo de pérdida de material en el agua de bombeo para una planta típica de 50 ton/hr:

- Pérdida de Harina en ton. =  $2,000 \text{ ton/año} \times 50 \text{ ton/h} \times 3.1 \% + 10\% \text{ agua} = 3,410 \text{ ton/año}$ .
- Pérdida de Harina en \$1,150.00/ton =  $3,410 \text{ ton} \times \text{US\$ } 1,150.00 = \text{US\$ } 3'921,500.00/\text{año}$ .
- Pérdida de Aceite en ton. =  $2,000 \text{ ton/año} \times 50 \text{ ton/h} \times 2.0 \% = 2,000 \text{ ton/año}$ .
- Perdidas de aceite en US\$ 600.00/ton =  $2,000 \text{ ton/año} \times \text{US\$ } 600.00/\text{ton} = \text{US\$ } 12'000,000.00 / \text{año}$ .

No toda el agua de bombeo en Perú es descargada directamente al mar. Muchas plantas han instalado mallas para capturar algo de los sólidos. Al analizar el agua de bombeo antes y después de pasar por mallas de 1 mm en muchas plantas, el trabajo de investigación registró que se puede recuperar cerca de otro 20% de proteína (una parte insignificante de aceite es removida en las mallas). Se debe notar que esta cifra puede variar bastante dependiendo del tiempo de captura y condición del pescado. En promedio, sin embargo, la implicancia es que el simple pasó de poner mallas de 1 mm recuperará cerca del 12% de material valioso en el agua. Aún después de pasar por mallas, una planta típica de 50 ton/hora pierde 2,728 toneladas de harina por temporada y 2,000



ton. de aceite/año. Este es el equivalente US\$ 19.6 por tonelada de pescado procesada.

Una planta promedio de 50 ton/hora generará 200,000 a 300,000 metros cúbicos de agua de bombeo por año con un estimado de 5,410 ton de equivalente de harina y aceite en ella. La malla de 1 mm recuperará 680 toneladas de equivalente de harina evaluadas en \$283,700 por año.

Un método adicional de recuperación es el sistema de flotación. Actualmente sólo algunas plantas en Perú han instalado sistemas de flotación, aunque los potenciales de recuperación se cuentan en tan solo meses. Los sistemas de flotación se discuten luego en este capítulo junto con el, sistema de recirculación de agua de bombeo. Aún perse, un sistema de flotación puede ser una herramienta valiosa para recuperar proteína y aceite. Algunos estimados de recuperación se proporcionan más adelante. Sin embargo, se debe notar que la mayoría de los sistemas de flotación usados en Perú se usan sólo para recuperar aceite. La proteína o es descartada o se acumula como lodo en los sistemas de flotación. Por lo tanto estas cifras representan una recuperación potencial para un sistema de flotación adecuado para la industria.

Durante el análisis de la información para el desarrollo del presente trabajo se encontró que, en promedio, cerca de 32% de la proteína de agua de bombeo ya pasada por malla fue recuperada en el sistema de flotación. También, los mejores sistemas de flotación probados recuperaron cerca del 80% de aceite del agua de bombeo, aunque se han reportado algunos valores por encima del 90% en algunas plantas.

Calculo de proteína y aceite remanentes en agua de bombeo luego de mallas de 1 mm y Sistemas de Flotación de Aire (DAF):

- Harina recuperada por mallas y DAF en ton = 2,728 ton/año x 32% = 872 ton/año.
- Harina recuperada por mallas y DAF en US\$ = US\$ 1,150.00 x 872 ton/año = \$1'002,800.00
- Harina perdida después de mallas y DAF en ton = 2,728 ton/año x 68% = 1,855 ton/año.

- Pérdidas de Harina luego de mallas y DAF en US\$ US\$ 1,150.00/ton x 1,855 ton/año = US\$ 21'332,500.00/año.
- Aceite recuperado de DAF en ton = 2,000 ton/año x 80% = 1,600 ton/año.
- Aceite recuperado de DAF en US\$ = 1,600 ton/año x US\$ 600.00 = US\$ 960,000.00/año.
- Aceite remanente luego de mallas y DAF en Ton = 2,000 ton/año x 20%= 400 ton/año.
- Aceite remanente luego de mallas y DAF en US\$ = 400 ton/año x \$ 1,600 ton/año = US\$ 640,000/año

### **3.2.5. Características de la Sanguaza.-**

La sanguaza constituye uno de los tres principales efluentes líquidos de una planta de harina y de aceite, y es una fuente significativa de residuos orgánicos. Se forma en las embarcaciones cuando la pesca se almacena durante el retorno a la planta y cuando se almacena en las pozas antes de procesarse. Existen dos razones primarias para la generación de sanguaza. Primero, el pescado en las capas intermedia y profunda están presionadas. Segundo, la actividad bacteriana y la auto digestión por las enzimas que están en el estómago del pez inducen a una licuefacción del mismo.

Esta reacción se acelera con la temperatura y como resultado se pierden tanto proteína como aceite. La sanguaza, como se la define aquí, es solamente el líquido producido durante el almacenamiento del pescado en planta. Está constituida de sangre de la materia prima, algunos sólidos de pescado más agua de mar encontrada en el pescado y algo de agua de bombeo.

En el pasado, la sanguaza se consideraba un deshecho y simplemente se vertía al mar. Más recientemente las plantas harineras están re introduciendo la misma al proceso productivo, reduciendo con ello su descarga de residuos, recuperando materia prima perdida y aumentando ganancias. De hecho, esta práctica ya no es vista como un lujo, sino como una necesidad por cualquier planta que desea competir en el mercado actual y permanecer en operación bajo las actuales regulaciones.

La calidad de los nutrientes en la sanguaza variará con la Calidad de la materia prima en el momento en que ésta es descargada y de su deterioro durante el almacenamiento en la fábrica. Basados en los muestreos y análisis de la sanguaza conducidos en las plantas de Paracas<sup>1</sup> como parte del proyecto USAID, los contenidos de sólidos varían tanto como 60% en la sanguaza de pescado malogrado a 4% en pescado muy fresco. Pero el contenido de sólidos no es tan útil como conocer el contenido de proteína y aceite, ya que estos dos componentes de la sanguaza son indiscutiblemente valiosos para un fabricante de harina y aceite.

Basados en los resultados de las pruebas de proteína y aceite, así como en otras fuentes de la industria, se puede asumir que, en promedio, la sanguaza contiene por lo menos 200 g/l de proteínas y aceite, (20%). Factores tales como dilución con agua de mar y la frescura del pescado probablemente cuentan para tan alto grado de variabilidad. La data acerca de los volúmenes de sanguaza generados no fue obtenida basándose en tonelada de pescado procesado. En lugar de ello los estimados de pérdida se calcularon usando una combinación de resultados de muestreos hechos por el proyecto e información de fuentes de literatura profesionales internacionales.

La data de Perú sugiere que la concentración proteína y aceite en la sanguaza es cerca del 4%. Un estudio noruego coloca esta cifra en 10% - 15% para el capelan. Respecto al volumen de sanguaza generado, investigadores polacos han reportado que varía de 10% - 15% del peso original del pescado. Estudios conducidos en Chile en anchoveta y sardina han avalado estas cifras. Asumiendo que cerca del 10% de la materia prima se licua a sanguaza, entonces podemos calcular las pérdidas anuales en sanguaza para una planta típica peruana (50 ton/hora)<sup>1</sup>.

- $2,000 \text{ horas} \times 50 \text{ ton/h} \times 10\% = 2,000 \text{ ton aceite y proteína seca}$
- $2,000 \text{ ton de proteína seca} + (10\% \text{ humedad} \times 2000) = 2,200 \text{ ton harina perdida/año.}$

1- Practicas recomendadas para mejorar la eficiencia de los procesos en la industria de harina de pescado – Guía técnica Proyecto SEREM (CONAM – USAID), Environmental Pollution Prevention Project – EP3, CONAM -2005

- Pérdidas económicas = 2,200 ton de Harina x \$ 1,150.00/ton = US\$ 2'530,000.00/año.
- Carga de Residuos = 2,200 ton proteína seca x 4 partes de agua/1 parte de pescado = 8,800 ton de pescado desperdiciado /año

Aunque no tan sustantivas como las pérdidas del agua de bombeo, la pérdida de rendimiento al descargar la sanguaza es aún muy significativa. Para la planta típica de 50 ton/hora, las pérdidas son de por lo menos 2,200 toneladas de harina por año, evaluadas en US\$ 2'530,000.00/año.

**3.2.6. Características del Agua de Cola.-** El agua de cola constituye uno de los tres principales efluentes de una planta de harina y aceite de pescado puede ser una fuente significativa de descarga orgánica si no se procesa poro recuperar material valioso. El pescado que entro a proceso se cocina y se preno poro separar los sólidos de los líquidos. Los sólidos se cocinan y secan y se convierten en harina mientras que el líquido va a más procesos para recuperar sólidos suspendidos que puedan haber escapado de la prensa y para separar y recuperar el aceite. El agua remanente luego de recuperar el aceite se conoce como aguo de cola. Por lo tonto el agua de cola comprende al agua presente en el pescado, pequeños cantidades de sanguaza, una pequeña cantidad de agua de mar, aceite suspendido y proteína disuelta y otros sólidos y sales disueltos. Como regla general, cerca del 60% de la materia prima original se convertirá en agua de cola y ésta contendrá cerca de 8% a 10% de sólidos totales. Los componentes del agua de cola son todos valiosos en términos de ser producto potencial, haciendo que su recuperación sea crítica desde los puntos de vista técnicos, ambientales y económicos.

En el pasado, el agua de cola se consideraba un desperdicio y simplemente se descargaba al mar. Más recientemente, las plantas están utilizándolo en su proceso, reduciendo con ello sus residuos y aumentando ganancias. De hecho, como lo recuperación de lo sanguaza, ésta práctica yo no se ve como un lujo, sino como una necesidad para cualquier planta que desee ser competente en un

mercado actual y poro permanecer en operación bajo los actuales condiciones de regulación de la industria.

Paro las plantas que no evaporan y procesan sus agua de cola, lo pérdida de sólidos será de aproximadamente 48 kg/ton de pescado. Generalmente el agua de cola contendrá cerco de 8 - 10% de sólidos totales que están constituidos de aproximadamente 5.6% de proteína, 0.6 % de grasa, 1.8 % de cenizas y 92% de humedad. El volumen y contenido del agua de cola varío con lo condición y edad del pescado. Con pescado de mayor tiempo, más de su proteína se descompone en fracciones solubles y es liberada. Si se deja que pase más tiempo, el producto final será un pescado licuado. Toda planta debería tener una instalación para procesar su agua de cola. El agua de cola puede representar cerca del 60% del peso de la materia prima de pescado fresco y aún más si es pescado con más tiempo. Si el agua de cola no es recuperada, se pierde producto valioso y el volumen del efluente de esta fábrica contiene elevadas concentraciones de materia orgánica que pueden colmar el cuerpo receptor de agua. Además no es posible recuperar económicamente la sanguaza generada en la planta, sin tener una planta de agua de cola.

En los EEUU y en muchos otros países en donde se produce harina de pescado, cuando se desarrollaron las regulaciones ambientales, el gobierno primero consideró la mejor tecnología práctica disponible para lo industrio. Lo mejor tecnología práctico incluía el requerimiento de una planta de agua de cola o el envío del agua de cola hacia una planta exterior de agua de cola. El pescado contiene cerco de un 80% de líquido que consiste en agua más aceite. Cuando aumento el contenido de aceite, decrece el de agua y viceversa. Basados en la composición previamente mostrada, el agua de cola representa cerco del 60% del peso del pescado descargado y contendrá cerca de 8% de sólidos secos por 110% para obtener el rendimiento de harina equivalente perdido en el agua de cola. Para las plantas que no recuperan usualmente. Dado que la harina contiene 10% de agua, debemos multiplicar los sólidos por un 110% paro obtener el equivalente de harina perdido en el agua de cola. Para las plantas que usualmente no recuperan su agua de cola, las

pérdidas de rendimiento son enormes. En una planta típica de 50 ton/hora, se generarán cerca de 30 ton de agua de cola por hora. En una temporada típica se perderán 60,000 ton de agua de cola y con 8% de sólidos, esto hará 5,280 ton de harina. Representa asimismo cerca del 27% de harina que se podría producir con el pescado. A un precio de US\$ 1,150.00 por ton de harina, las pérdidas anuales para una planta así serían de US\$ 6'072,000.00

$2,000 \text{ horas/temporada} \times 50 \text{ ton/h} \times 60 \% \times 8 \% = 4,800 \text{ ton aceite y proteína seco}$

$4,800 \text{ ton} + (10\% \text{ humedad} \times 4,800) = 5,280 \text{ ton harina perdido /año}$

Perdidas económicas = 5,280 ton Harina x \$1,150.00/ton = US\$6'072,000.00/año

Desperdicio = 5,280 ton Proteína seca x 4 partes de agua/1 parte de pescado = 21,120 ton de pescado perdido por año.

**3.3. Tratamiento de los efluentes.-** Por un lado, el tratamiento de los efluentes ha de tener en cuenta la caracterización de los procesos productivos y la gestión de vertidos, clasificando los efluentes de acuerdo con su carga orgánica y a su caudal, verificando que se producen efluentes contaminantes biodegradables de características no uniformes. En el proceso es posible clasificar, según su carga orgánica los vertidos en el siguiente orden decreciente:

- Descarga
- Lavado
- Proceso

La gestión de efluentes permite proponer selectivamente los distintos métodos de tratamiento y el establecimiento de una estrategia de aplicación de estos, en el corto y mediano plazo. En la Tabla 3.1. “Alternativas Tecnológicas para el Tratamiento de Efluentes de la industria de Harina y Aceites de Pescado”, se presentan las principales alternativas tecnológicas para el tratamiento para estos vertidos.

El establecimiento de los emisores de la industria pesquera, previo tratamiento, fuera del ámbito de influencia costera (zonas profundas del mar), es una alternativa a tomarse en cuenta en el mediano plazo, para

lo cual sería necesario estudios de factibilidad técnico económicos, de tal forma que este no se convierta en un traslado de la contaminación a zonas más profundas, sino en una solución que no afecte el ecosistema marino.

Por otro lado, los procesos de recuperación de sólidos se dividen en unidades de proceso y operaciones unitarias. Las unidades de proceso comprenden la adición de sustancias químicas o biológicas, mientras que las operaciones unitarias son aquellas en las que predominan las fuerzas físicas. En la industria pesquera se emplean ambas para la remoción de sólidos suspendidos y disueltos, (Tchobanoglos, 2003).

A continuación se presenta una descripción general de los métodos industriales que están documentados para la recuperación de sólidos.

**3.3.1. Procesos físicos:** En los procesos físicos o mejor dicho las Operaciones de carácter físico al que se someten los efluentes generados en la planta de harina y aceite de pescado, están, la Centrifugación, Evaporación, Sistema de Flotación, Sistema a base de membranas y la Precipitación físico-química, cada una de ellas la veremos por separado.

**3.3.1.1. Centrifugación.-** Esta operación utiliza la fuerza centrífuga para separar los diversos componentes como grasa, sólidos solubles e insolubles y agua, en razón a su diferencia de densidades. Para esta operación se emplean centrifugas horizontales (decantadores) consistentes en un rotor cilíndrico en el cual el licor de prensa es tratado térmicamente, (Karrick, 1963).

**3.3.1.2. Evaporación.-** Consiste en la aplicación de calor para la eliminación de sólidos presentes. El factor que finalmente determina qué tanto va a concentrarse el agua de cola sin tener problemas operativos es su viscosidad, la cual aumenta en las etapas finales de la concentración. La concentración máxima de sólidos del Agua de Cola en la etapa final de la evaporación puede ser del 30% – 50%. Esto eleva drásticamente la viscosidad del Agua de Cola, llegando en algunos casos a valores superiores a los 500 cp, lo cual se asocia normalmente con problemas operacionales de taponamiento de tuberías y como consecuencia, la interrupción del flujo de fluidos. Por lo anterior, es

importante la mayor eliminación posible de sólidos mediante procesos previos a la evaporación, o bien dar un tratamiento previo para la reducción de la viscosidad, como es el tratamiento enzimático del cual se hablará más adelante, (Del Valle, 1990).

**3.3.1.3. Sistemas por flotación.-** El sistema Bubble Accelerated Flotation (BAF) o sistema de flotación por burbujas de aire, tiene como base fundamental la tecnología tipo air sparged hydrocyclone (ASH). La flotación por aire disuelto se basa en el principio de la solubilidad del aire en el agua sometida a presión. Durante esta operación se eliminan no sólo el aceite o grasa, sino también sólidos suspendidos. Es muy común usar sustancias químicas para aumentar la eficiencia del proceso, (González, 1996). Este método ha sido utilizado durante el procesamiento del salmón en Alemania, donde se han llegado a reducir en un 77% los niveles de DQO y en un 72% los niveles de DBO<sub>5</sub>, (Huber Technology Inc, 1997).

Esta tecnología ha sido también utilizada en Ensenada, México, lográndose disminuir hasta un 79% de la demanda química de oxígeno. Sin embargo, los contaminantes solubles y coloidales menores a un micrón no pudieron removerse eficientemente, (Miller, 2001).

**3.3.1.4. Sistemas a base de membranas.-** La filtración involucra la separación de partículas y materia coloidal de un líquido. El papel de la membrana es el de servir como una barrera que permita el paso de ciertos constituyentes y la retención de otros. Los procesos de separación por membranas incluyen la microfiltración (MF); ultrafiltración (UF); nanofiltración (NF); ósmosis inversa (OR); diálisis y electrodiálisis (ED), (Schaffeld, 1989). La característica común de las aguas residuales del proceso de harina y aceite de pescado es su alto contenido proteínico que puede ser concentrado por un método conveniente que permita la recuperación y la utilización de materia prima valiosa, así como la reutilización de los efluentes generados. La MF y UF se han utilizado para recuperar proteínas del efluente proveniente del procesamiento del surimi. La producción de surimi puede verse incrementada hasta en 1,7% añadiendo la proteína recuperada por MF, sin la disminución de las propiedades funcionales de este material



proteínico, (Mameri, 1996). Por otra parte, la NF también se ha utilizado en efluentes del procesamiento de surimi, mostrando que esta tecnología es capaz de reducir la demanda química de oxígeno en un 93%, y los sólidos totales en un 87%, (Wu, 2002).

Una aplicación más de la MF y UF se dio en efluentes de industrias harineras en Chile, donde se observó que la UF redujo la cantidad de materia orgánica y permitió la recuperación de gran cantidad de material proteínico; sin embargo, el estudio recomendó el uso de nanofiltración (NF) con el fin de aumentar la recuperación de proteínas de esos efluentes, (Alfonso y Bórquez, 2002).

Se ha validado experimentalmente el tratamiento de Agua de Cola por medio de UF, lográndose concentrar los sólidos totales hasta un 42%, con lo cual se demostró que esta tecnología puede competir con el evaporador de forma ventajosa, ya que la limpieza de la membrana es más fácil y rápida que la de éste, (Hart, 1985).

(Mameri y Abdessemed, 1996), investigaron la recuperación y concentración de proteínas de las aguas residuales de una planta de pescado usando dos módulos de UF equipados con una membrana de cerámica de varios canales porosos y ultrafino de  $ZrO_2$  en un soporte de alúmina poroso y membranas Patterson Candy International (PCI). Encontraron que las condiciones óptimas de presión transmembrana fue de  $2,2 \times 10^5$  y  $3,8 \times 10^5$  Pa. Además reportaron que las velocidades óptimas de los flujos tangenciales fueron de 6,0 y 0,47 m/s para cartuchos de ceraver y PCI, respectivamente.

Presentaron una recuperación de proteína de cinco a 35 g/dm<sup>3</sup> y una disminución del 80% en la demanda bioquímica de oxígeno.

Estudios recientes de tratamientos de Agua de Cola por UF fueron realizados por (Alfonso y Bórquez, 2002), quienes primero realizaron una minuciosa explicación de los métodos físicos por medio de UF en el tratamiento de efluentes con carga orgánica y posteriormente trabajaron usando una membrana de NF de cerámica multicanal utilizando un corte de peso de 1 kDa (Kerasep<sup>TM</sup> Nano 1A) con una capa de  $ZrO_2$  y/o  $TiO_2$  sobre un soporte de  $Al_2O_3$  -  $TiO_2$ , recuperando de 63–82% de la concentración de proteína presente.

Los ácidos y bases son agentes precipitantes muy efectivos en la recuperación de proteínas en solución acuosa. La acidificación no sólo precipita proteínas, sino también elimina las cargas negativas de los grupos carboxilos de moléculas grasas y con ello conduce a la reducción en la solubilidad del aceite de pescado, (Del Valle, 1991).

(Welsh y Zall, 1980), precipitaron proteínas de pescado en aguas residuales ajustando su pH al punto isoeléctrico, donde la solubilidad de las proteínas generalmente disminuye como resultado de la desnaturalización. En otro estudio, se colectó proteína precipitada a pH cuatro a partir de agua de desecho en la producción de almeja. Los resultados mostraron que la precipitación de proteínas con  $H_2SO_4$  10 N es relativamente simple y eficiente para reducir la carga orgánica del agua residual, además de recuperar una gran cantidad de proteína. No obstante, la proteína recuperada pudiera tener poco uso como ingrediente alimentario debido a las condiciones tan drásticas de recuperación.

Las proteínas en solución acuosa también pueden precipitarse por medio de tratamiento térmico y ajuste de pH. En un estudio realizado en Agua de Cola de arenque del Atlántico (*Brevoortia tyrannus*) se reportó la máxima recuperación de sólidos a pH 4 a temperaturas en el rango de 60–80 °C, (Castillo, 1987), mientras que en AC proveniente de fábricas de harina pescado en Mar del Plata, Argentina, la mayor recuperación de sólidos fue a pH 5,8 a temperaturas entre 60–65 °C, (Civit, 1982).

Por otra parte, (Del Valle, 1991), trabajando con Agua de Cola proveniente de la elaboración de harina de pescado en Chile, reportaron una mínima solubilidad de sólidos a un pH 5 a una temperatura de 90 °C. En otro estudio realizado por (Guerrero, 1998), en AC de harina de pescado en Galicia, España, se obtuvo un 80% de remoción de sólidos a pH 8. De igual forma, (No, 1989-a), trabajando con efluentes derivados del procesamiento de langostino, obtuvieron resultados favorables en la recuperación de sólidos a un pH 6, donde la concentración de sólidos suspendidos y turbidez disminuyeron en un 97% y 83% respectivamente, mientras que la disminución en la demanda química de oxígeno fue de un 45%.

Con el objetivo de recuperar la mayor cantidad de sólidos, se han propuesto una diversidad de agentes floculantes/coagulantes, como las sales catiónicas divalentes y trivalentes. Se han propuesto también polímeros cargados (poli electrolitos), incluyendo gomas y derivados polisacáridos de plantas (alginatos, carrageninas, carboximetilcelulosa) y de animales (quitosano), (Del Valle, 1991).

En un estudio realizado con el efluente resultante del enlatado de camarón, se encontró la mayor eficiencia con dos sales utilizadas como agentes coagulantes: con cloruro férrico, se obtuvo un 87% de claridad (transmitancia) en el efluente después de 30 minutos de reposo a un pH 6,6; mientras que con sulfato férrico, se obtuvo un 63% en el mismo tiempo a un pH 5,8 (Toma, 1975).

Doce años más tarde, se utilizaron lodos activados (impact 150) con el fin de recuperar sólidos provenientes de AC de arenque del Atlántico (*Brevoortia tyrannus*), en este experimento, se logró recuperar una alta cantidad de sólidos obteniéndose transmitancia hasta de un 99%, (Castillo, 1987).

La recuperación de proteína y grasa a partir de agua de desecho puede llevarse a cabo por medio de carboximetilcelulosa, el cual es un polímero comúnmente usado para tratamientos de aguas residuales. De igual forma, el empleo de quitosano mostró ser un excelente sustrato polimérico para una alta recuperación de proteínas y un gran número de aminoácidos (excepto alanina y cisteína) en efluentes provenientes del procesamiento de langostino a pH entre 8 y 10, (No,1989–b), recuperaron 97% y 75% de proteínas utilizando poliacrilato de sodio y quitosano respectivamente, en AC de la industria reductora en Galicia España. (Hong y Meyers, 1989), utilizaron quitosano en un sistema modelo para la recuperación de sólidos de aguas de desecho, reportando que su tratamiento a pH 6,0 redujo un 97% la concentración de sólidos suspendidos y un 83% la turbidez, además de un 45% la demanda química de oxígeno.

### **3.3.2. Procesos biológicos.-**

Azad, Vikineswary, Ramachandran y Chong (2001), lograron la reducción de la demanda química de oxígeno en un 69%, así como una

disminución significativa en el contenido de proteína soluble y carotenoides totales en subproductos de sardina usando biorreactores con *Rhodovulum sulphophilum*.

Un método ingenioso desarrollado por (Lim, 2003), utiliza a los subproductos pesqueros como medio de cultivo para *Candida rugopelliculosa*, la cual a su vez será usada como alimento para *Brachionus plicatilis*. Bajo estas condiciones reportaron que el máximo crecimiento de *Candida rugopelliculosa* coincidió con la máxima reducción de la demanda química de oxígeno. Por otra parte, estudios realizados por, (Achour, 2000), durante el tratamiento de aguas de desecho de la industria del atún mediante biorreactores aerobios y anaerobios, manifestaron que una digestión anaerobia antes de la aireación, reduce fuertemente la emisión de olor; además, los bio-procesos integrados consumen menos energía y una menor producción de sólidos, recomendando éstos para el tratamiento de las aguas residuales del atún en donde se ha reducido hasta un 90% la demanda química de oxígeno total.

**3.3.3 Tratamientos enzimáticos.-** En México, el tratamiento enzimático del Agua de Cola es muy incipiente y con un alto grado de empirismo. Aun no se genera la información suficiente por la industria que lo utiliza de manera que se puedan proponer esquemas de adecuación o eficientización del proceso. Con estos argumentos, es indudable que se requieren sistemas que optimicen el tratamiento del AC. Uno de ellos, sin duda, es el tratamiento enzimático previo a la evaporación, utilizando enzimas o concentrados enzima disponibles comercialmente, (Giorno, 2000) y (Dijkstra, 2002).

El tratamiento enzimático tiene su efecto debido a la digestión de las proteínas presentes en el AC, así el proceso de evaporación es favorecido y se ahorra energía (Asbjorn, 2004). Es un proceso desarrollado para reducir costos en la recuperación de agua en la industria harinera de pescado. Puesto que la remoción de agua por evaporación es más barata que por secado, es más conveniente evaporar el AC tanto como sea posible antes de secarse. Aplicando la digestión mediante el uso de enzimas en el segundo paso de la

evaporación a una temperatura de entre 40–55 8C, la concentración final de la materia seca se puede aumentar en un rango de 60– 70%, aunque una digestión prolongada podría reducir el valor nutritivo de la proteína del AC, (Gildberg, 1993).

Se han propuesto tratamientos enzimáticos previos a la evaporación con el fin de reducir la viscosidad al hidrolizar las proteínas de alto peso molecular, utilizando proteasa de calabaza (*Cucurbita ficifolia*) logrando reducir la viscosidad del AC y aumentando la concentración de sólidos por evaporación a más del 50%, (Sathivel, 2006).

Resultados similares se obtuvieron con enzimas alcalasa y neutrasa, (Huber, 1997). A nivel industrial, el uso de estas enzimas aumentó la capacidad de evaporación del AC en un 74% comparada con AC no tratada, (Jacobsen, 1984). Este proceso ha mostrado ser mucho más eficiente que los métodos físicos y químicos manejados de forma aislada, a tal grado que la tendencia actual en la industria reductora es aplicar el tratamiento enzimático en sinergia con los métodos de evaporación y filtración, (Giorno, 2000).

Algunas proteasas se han explorado en la transformación de los alimentos, así como reductores de la viscosidad del AC, las cuales son el principal efluente contaminador producido en la generación de harina de pescado, (An y Visessanguan, 2000).

El uso de las vísceras de sardina para la recuperación de enzimas pudiera ser una solución al problema de la industria de la sardina en México. En estudios recientes realizados por, (Castillo, 2004), se determinó la actividad de las enzimas proteo líticas de vísceras de sardina y se propuso a éstas como herramienta biotecnológica en el tratamiento del AC.

De igual forma estudios realizados por, (Martínez y Serra, 1989), con vísceras de anchoveta, pusieron de manifiesto la gran actividad de las proteasas presentes en la especie, las cuales también pueden ser utilizadas para el mismo fin.

Las vísceras de la materia prima en la elaboración de harina de pescado son una fuente rica de enzimas hidrolíticas, y las preparaciones de tales enzimas pudieran ser utilizadas como herramienta biotecnológica en el

sector alimentario. El uso de enzimas animales acuáticas como arma potencial en la transformación de los alimentos, tiene que ser estudiado con un énfasis más amplio ya que, comparado con el uso de otras enzimas en la transformación y producción de alimentos, éste todavía está en sus inicios. Por otra parte, se puede decir que la escala de recuperación industrial de enzimas marinas todavía es baja y está en etapa experimental. Además, se espera que la capacidad de ampliación de esta nueva área continúe y se dé una mayor importancia a las enzimas extraídas por la industria del pescado y de los crustáceos en el futuro. Sin embargo, se requiere investigación adicional para entender mejor las líneas de proceso y para desarrollar nuevas técnicas que se puedan adaptar a los requisitos específicos en la producción de varios productos alimenticios. Aunque la utilización del término "valor agregado" para estas enzimas es deseable en muchos usos del alimento, la viabilidad económica del proceso y los productos deben ser determinados realmente.

Esto es principalmente porque el costo de extraer estas enzimas de sus fuentes naturales es una limitación para su uso extenso. Se requiere de una investigación más profunda para identificar las enzimas específicas más prometedoras, y con ello determinar las condiciones óptimas para su uso, (Castillo, 2006).

Potencial de subproductos recuperados como ingredientes funcionales y suplementos nutricionales Los subproductos se han visualizado como una fuente potencial de productos de valor agregado, en lugar de desechos. Dichos subproductos contienen fracciones de gran valor como: proteínas, péptidos, lípidos, vitaminas y minerales. La fracción mayoritaria de los subproductos es utilizada como alimento para ganado, mediante la producción de harina y aceite de pescado, no obstante, la mejor rentabilidad la brindan los productos destinados para consumo o uso humano como pueden ser: enzimas, péptidos bioactivos y biopolímeros para aplicaciones biotecnológicas o farmacéuticas, (Rustad, 2003) y (Asbjorn, 2004).

Estudios realizados en Alaska mostraron que los hidrolizados derivados del arenque (*Cuplea harengus*) son fuente potencial de péptidos y

aminoácidos de calidad, con buenas propiedades antioxidantes, solubilidad, absorción de grasa y estabilidad de la emulsión, (Sathivel, 2006). Las proteínas recuperadas se pueden utilizar como suplementos, aditivos en la producción de alimentos primarios (gelatina), o en productos biocatalítico – biológicos, (Shahidi, 2001). Las investigaciones en esta área han demostrado las bondades de los subproductos de origen marino, como es el caso de los polvos de proteínas solubles e insolubles de halibut (*Atheresthes stomias*) y arenque (*Cuplea harengus*) con potencial para utilizarse como ingredientes funcionales, complementos nutricionales y emulsificantes, (Sathivel y otros 2005) y (Sathivel y otros 2006). De igual forma, el AC proveniente de subproductos (cabezas, colas, vísceras y piel) de abadejo de Alaska (*Theragra chalcogramma*) y salmón (*Onchorhynchus sp*), posee características nutricionales y funcionales para poder emplearse como mejoradores de sabor en piensos para animales y acuicultura, (Bechtel, 2005), (Smiley, 2003) y (Sathivel, 2006), evaluaron polvos proteínicos provenientes de proteínas solubles de cabezas, colas, vísceras, piel y mezclas de recortes de abadejo de Alaska (*Theragra chalcogramma*). Los resultados mostraron que el contenido de aminoácidos de todos los polvos proteínicos excedían los requerimientos para humanos, concluyendo que este tipo de polvos pueden ser usados en la industria de alimentos debido a sus buenas propiedades funcionales y nutricionales.

Actualmente no hay reportes que sostengan la utilización de proteínas originarias del AC; sin embargo, existen trabajos donde se proponen como una fuente importante, (Aurrekoetxea y Perera, 2002).

Aunado a lo anterior, el colágeno ha demostrado poseer potencial en la industria farmacéutica y de alimentos, por lo que la demanda de éste y de la gelatina por parte de la industria alrededor del mundo es considerable y sigue creciendo. Al respecto, los subproductos del procesamiento de la industria pesquera son una fuente potencial de colágeno y Omega 3.

**3.4. Sistema de tratamiento por DAF.-** El agua de bombeo (AB) forma parte del fluido mediante el cual el pescado es bombeado a la planta de

harina y aceite de pescado. La anchoveta es trasladada desde las embarcaciones pesqueras a la planta por medio de una bomba acoplada a una tubería submarina. El equipo de bombeo hidráulico se encuentra instalado en una plataforma flotante o "chata", la cual, en el caso de la bahía del Callao, por ejemplo, se halla a una distancia de aproximadamente  $\frac{1}{2}$  km de la orilla de la playa.

La mezcla agua-pescado (que de acuerdo a los equipos instalados puede ser de una proporción de 2:1 ó 1:1) llega a la planta a través de la tubería y es recepcionada en unos equipos llamados desaguadores para su separación.

Luego de pasar por los desaguadores, el Agua de Bombeo típicamente contiene materia orgánica suspendida y diluida, aceites y grasas, sangre y agua de mar.

Otros efluentes del proceso, como el agua de cola y la sanguaza, que antiguamente eran descargados al mar, ahora son retornados al proceso de elaboración de harina y aceite de pescado, siendo el Agua de Bombeo el único efluente líquido generado por esta industria.

El agua de bombeo (AB) de una típica planta de harina y aceite de pescado constituye entre la mitad y dos terceras partes del volumen total de las descargas de anchoveta. Debido al deterioro del pescado durante la captura, transporte y bombeo, el AB contiene grandes cantidades de aceites, grasas y sólidos que, de ser vertida al mar sin previo tratamiento, generaría problemas de contaminación marina, atentando contra las actividades de pescadores artesanales, contra las poblaciones de fauna marina y el equilibrio ecológico en general.

Afortunadamente, hoy sabemos que la inversión en tecnologías de tratamiento del AB trae consigo, además de los beneficios ambientales, una mayor rentabilidad económica gracias a la recuperación de estos elementos y su reincorporación al proceso de elaboración de harina y aceite de pescado, ver Figura 3.4. "Vista que nos muestra el efluente generado en planta" y la Figura 3.5. "Vista que nos muestra el efluente tratado en el DAF"

El agua de bombeo, la sanguaza y el agua de cola, pasan al sistema de tratamiento de planta que opera en dos etapas, la primera trata



físicamente y la segunda trata físico - química el efluente proveniente de la planta de harina y aceite. En la etapa física (sin usar polímeros), el efluente es tratado en el estanque de flotación DAF mediante burbujeo con aire, lo cual permite la flotación de los sólidos y grasas. Los lodos resultantes (lodos físicos) son recuperados, y posteriormente ingresados a la línea de proceso de harina. Si el efluente tratado físicamente, cumple con los LMP para la Industria de Harina y Aceite de Pescado y Normas complementarias del Decreto Supremo N° 010 – 2008 – Produce del 30 de abril de 2008, será evacuado al sistema de alcantarillado o emisor submarino, si no la cumple será almacenado en el estanque búfer químico e ingresado nuevamente al sistema de tratamiento. Este nuevo tratamiento será físico-químico y producirá la floculación mediante polímeros. El efluente resultante cumplirá con D.S. N° 010 – 2008 y será evacuado al sistema de disposición final. Los lodos químicos serán recuperados e ingresados a línea de proceso de harina. Esta doble pasada de los efluentes, tanto por el tratamiento físico como químico garantizará una buena eficiencia de remoción y asegurará el cumplimiento de la norma de emisión antes citada.

#### **3.4.1. Descripción del Proceso de Tratamiento.**

La planta de Tratamiento operará en un sistema Bach de acuerdo al diagrama de flujo de la Figura 3.6. “Diagrama de Flujo de Planta de Tratamiento DAF”

**3.4.1.1. Filtrado.-** En esta etapa el efluente de lavado y proceso proveniente de la planta de harina y aceite será sometido a una filtración en un tambor rotatorio (cilindro de aproximadamente 1 m de diámetro con una malla tipo Jonson de 1,0 mm), el cual tiene como objetivo retirar todos los sólidos mayores a 1,0 mm. El sólido retenido es recuperado y enviado a línea de proceso de harina.

**3.4.1.2. Ecuilización I.-** Los efluente que hayan pasado previamente por el retenedor de sólidos ingresarán a un estanque pulmón (Estanque Buffer A) de 170 m<sup>3</sup>, que almacenará, regulará y mantendrá el efluente homogeneizado.

**3.4.1.3. Tratamiento Físico.-** En esta etapa se realizará el tratamiento del efluente por medios físicos. Los efluentes almacenados en el Estanque Bufer A serán dirigidos al floculador, el cual consistirá en una tubería plegada que en su tramo final inyectará aire comprimido. Posteriormente el efluente ingresará al estanque de flotación DAF (Unidad DAF WWL- 40 de  $20\text{ m}^3$ ) donde se le inyectará nuevamente aire desde la base para producir la flotación de los sólidos y grasas. Si el efluente líquido cumple con la norma de emisión al sistema de alcantarillado (Decreto Supremo N° 010 – 2008) se evacuará, si eso no ocurre será dirigido a otro estanque de almacenamiento (Estanque Bufer B) de  $200\text{ m}^3$ , para posteriormente ser tratado físico-químico.

Los lodos provenientes del estanque de flotación serán almacenados en el estanque de lodo físico ( $25\text{ m}^3$ ) para posteriormente ser enviados a línea de proceso de harina.

**3.4.1.4. Ecuilización II.-** En el estanque de almacenamiento de  $200\text{ m}^3$  (Estanque Bufer B) los efluentes son homogeneizados mediante inyección de aire proveniente de una bomba provista para este efecto (Mixer), el cual es incorporado a través de boquillas con aspersores.

**3.4.1.5. Tratamiento Químico.-** En esta etapa se realizará el tratamiento de los efluentes por medios químicos. Los efluentes almacenados en el estanque Bufer Químico B serán dirigidos al floculador. En esta unidad se realizará la neutralización del efluente y adición del floculante. Posteriormente el efluente ingresará al estanque de flotación DAF (Unidad DAF WWL-40 de  $20\text{ m}^3$ ) donde se le inyectará aire nuevamente para producir la flotación de los sólidos y grasas. El efluente líquido cumple con la norma de emisión al sistema de alcantarillado (Decreto Supremo N° 010 – 2008) y se evacua.

Los lodos provenientes del estanque de flotación en etapa química serán almacenados en el estanque de lodo químico ( $25\text{ m}^3$ ) para posteriormente ser enviados a línea de proceso de harina.

**3.4.1.6. Ajuste de pH.-** Se producirá en el tubo floculador, mediante la adición de NaOH. El objeto de esto es el de ajustar el pH de la solución

(el efluente coagulado) ya que en la coagulación se produce una acidificación del efluente, por lo cual es necesario neutralizarlo antes de realizar la adición de floculante. Esta etapa será controlada automáticamente, mediante un sensor de pH ubicado en el floculador, el cual regula la adición de Na OH manteniendo la mezcla estable en pH 7.

**3.4.1.7. Floculación.-** En esta etapa se realizará la adición de un polielectrólito para producir la floculación del efluente, que consiste en la unión de las partículas antes coaguladas, lo que provoca un aumento en su área específica, esta fase se producirá en el tubo floculador.

**3.4.1.8. Flotación.-** Esta fase se producirá en un estanque rectangular con una capacidad aproximada de  $40 \text{ m}^3/\text{h}$  (efluente tratado físicamente) y para  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  (Efluente tratado Físico-Químico). En esta fase se producirá la flotación de las partículas floculadas mediante la inyección de aire comprimido desde la base del estanque de flotación.

**3.5. Parámetros de control para el tratamiento de los efluentes.-** Los parámetros de control fueron fijados en base al Decreto Supremo N° 010 – 2008 – PRODUCE del 30 de abril de 2008, DS que aprueba los Límites Máximo Permisibles para los efluentes de la Industria de Harina y aceite de Pescado, de acuerdo a la Tabla 3.2. "Límites Máximo Permisibles de los Efluentes para su Vertimiento al Mar" que se ve en Anexó.

**3.6. Problemática Ambiental.-** La industria pesquera de consumo humano indirecto, en la última década ha incrementado sus niveles de producción utilizando tecnologías de punta, lo cual le ha permitido obtener productos de mayor calidad y competitividad en el mercado internacional. Sin embargo, esta industria está enfrentando actualmente una serie de problemas en relación con la calidad del medio ambiente. Entre los factores de la actividad productiva causantes de esta situación se pueden enunciar los siguientes:

- Deficiencia en el tratamiento de las aguas residuales de la producción por carecer de una tecnología adecuada que permita optimizar el uso de la materia prima.
- Descarga de contaminantes no relacionados directamente con la actividad pesquera, como son originados por servicios sanitarios.

Oros aspectos que influyen en el efecto que tiene la descarga de los efluentes producidos por la industria pesquera en el medio marino son:

- El relieve del litoral peruano, de características geomorfológicas definidas, y su mar adyacente con diferente batimetría.
- Régimen de vientos.
- Sistemas de corrientes marinas complejas, y la
- Capacidad asimilativa del medio, distinta según áreas geográficas.

Estas condiciones han generado que existen áreas más contaminadas que otras, como son las bahías de Chimbote, de Paracas (pisco) y Chancay. Entre las menos contaminadas se encuentran las áreas de Tambo de Mora, Ilo, Samanco, Sechura, entre otras, como la Bahía del Callao.

El Ministerio de Pesquería, en armonía con el Código del Medio Ambiente, en el año de 1997, contemplo la protección y conservación del medio ambiente. La ley General de Pesca, en el Artículo 6º mencionaba la adopción de "las medidas necesarias para prevenir, reducir y controlar los daños o riesgos de contaminación o deterioro en el entorno marítimo, terrestre y atmosférico".

Como parte de estas medidas, se considera el monitoreo de los efluentes que se vierten al mar, que requieren de la estandarización, sistematización adecuada y garantía desde la toma de muestras, metodología de análisis de laboratorio, manejo y calidad de los datos y las inspecciones correspondientes, de ahí que se implementa posteriormente el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de la Industria Pesquera de Consumo Indirecto, a través de la Resolución Ministerial N° 721-97.PE.

Más adelante por requerimiento de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en su artículo 33º, inciso 1, establece que la autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) y en coordinación con los sectores, elabora o encarga las propuestas correspondiente, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, el artículo 1° de la Ley N° 28817, Ley que establece plazos para la elaboración y aprobación de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de Límites Máximos Permisibles (LMP) de contaminación Ambiental, dispone que la Autoridad Ambiental Nacional, que dirige el proceso de elaboración y revisión de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), culminará dicho proceso en un plazo no mayor de dos (2) años, contados a partir de la vigencia de la referida Ley;

Que, el artículo 6° del Decreto Ley N° 25977, Ley General de Pesca, establece que el Estado, dentro del marco regulador de la actividad pesquera, velar por la protección y preservación del ambiente, exigiendo que se adopten las medidas necesarias para prevenir, reducir y controlar los daños o riesgos de contaminación o deterioro en el entorno marítimo, terrestre y atmosférico;

Que el artículo 78° del Reglamento de la Ley General de Pesca, aprobado por Decreto Supremo N° 012-2001-PE, establece que los titulares de las actividades pesqueras y acuícolas son responsables de los efluentes, emisiones, ruido y disposición de desechos que generen o que se produzcan como resultado de los procesos efectuados en sus instalaciones, norma que es concordante con los artículos 76° y 101° de la Ley General del Ambiente;

Que, los impactos ambientales del Sub Sector Pesquero están asociados con las descargas de efluentes industriales al cuerpo receptor, por lo que los Límites Máximos Permisibles (LMP) y los Estándares de Calidad (ECA) son instrumentos de gestión ambiental que permiten la convivencia entre diferentes actividades productivas, la salud humana y a su vez, asegurar la calidad del cuerpo receptor:

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 32° de la Ley General del Ambiente, el límite Máximo Permisible de elemento es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daño a la salud, al bienestar humano y al ambiente, siendo su cumplimiento exigible legalmente por la respectiva autoridad competente, según el parámetro

**“El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao”**

en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos;

Que, el Protocolo de Monitoreo de Efluentes Líquidos y Cuerpo Marino Receptor aprobado mediante Resolución Ministerial N° 003-2002-PE, constituye un importante instrumento de gestión y de uso actual para el control y seguimiento de la norma;

Por ello se establece con Prioridad los Límites Máximo Permisibles para los efluentes pesqueros debiendo fijarse como parámetros a ser regulados: Aceites y Grasas (A y G), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y acides o alcalinidad (pH), Límites Máximos Permisibles (MP) para la Industria de Harina y Aceite de Pescado y Normas Complementarias que se establecieron el miércoles 30 de Abril de 2008 a través del Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE.

**3.7. Normas Legales.-** Las actividades pesqueras y acuícolas, quedan reguladas a través de diferentes Norma Legales, al mismo que el PRODUCE esta facultada a incorporar normas y patrones ambientales de referencia con el mismo fin, Entre estas normas se encuentran:

- Constitución Política del Estado
- Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Decreto Legislativo N° 613)
- Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada (Decreto Legislativo N° 757) modificada por la Ley N° 26734
- Ley General de Aguas (Decreto Ley 17752, sus Reglamentos y modificaciones D.S. 007-83-SA)
- Ley General de Pesca (Decreto Ley N° 25977)
- Reglamento de la Ley General de Pesca (Decreto Supremo N° 012-2001- PE, a partir de ahora referido como “El Reglamento”)

El Artículo 78° del Reglamento de la Ley General de Pesca establece que los titulares de las actividades pesqueras son responsables, de los efluentes, emisiones, ruidos y disposición final de desechos que generen o que se produzcan como resultado de los procesos efectuados en sus instalaciones, de los daños a la salud o seguridad de las personas,

efectos adversos sobre los ecosistemas y de los efectos o impactos resultantes de sus actividades; por lo tanto están obligados a ejecutar de manera permanente planes de manejo ambiental y en consecuencia realizar las acciones necesarias para prevenir o revertir en forma progresiva la generación y el impacto negativo de las mismas, a través de la implementación de prácticas de prevención de la contaminación y procesos con tecnologías limpias, prácticas de reuso, como reciclaje, tratamiento y disposición final.

Así también el Artículo 88° del Reglamento en mención establece que los consultores serán responsables de la veracidad e idoneidad de la información contenida en los documentos que suscriban. Por lo tanto, cabe deducir que en el supuesto de que se produzcan actividades contaminadoras sancionables derivadas de un EIA incompleto o falso, la responsabilidad sería compartida entre el titular y el consultor.

- Ley General de Residuos Sólidos (Ley N° 27314)
- Reglamento de Capitanías (Decreto Supremo N° 002-87-MA)
- Ley de Control y Vigilancia de Actividades Marítimas (Ley N° 26620)
- Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles (Decreto Supremo 044-98-PCM).
- Resolución Ministerial N° 003-2002-PE Protocolo para el Monitoreo de Efluentes y Cuerpo Marino Receptor.
- Resoluciones Directorales 069-98/DCG, 0510-99/DCG, 0766-2003/DCG
- Resolución Directoral N° 283-96-DCG. Lineamientos para el Desarrollo de estudios de Impacto Ambiental relacionados con Proyectos de Construcción de muelles, embarcaderos y otros similares
- Guías para el Desarrollo de EIA relacionados a la Evacuación de Desechos por Tuberías (Resolución Directoral N° 0052-96/DCG)
- Resolución Ministerial N° 218-2001-PE. Establecen disposiciones aplicables a la actividad de procesamiento de harina de pescado.

Además, habrá que tener en cuenta la normatividad de otros sectores, que puedan estar relacionados con la actividad así como las normas municipales y locales, y sus correspondientes autoridades competentes.

- Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, Ley N° 27446 del 20 de Abril de 2001
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Límites Máximos Permisibles (MP) para la Industria de Harina y Aceite de Pescado y Normas Complementarias que se establecieron el miércoles 30 de Abril de 2008 a través del Decreto Supremo N° 010 – 2008 - PRODUCE.
- Decreto Supremo N° 019 – 2009 - MINAM, por el cual se Aprueba el reglamento de la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, de fecha 26 de setiembre del 2009.

**3.8. Descripción y Características de La Bahía del Callao<sup>2</sup>.**- La provincia constitucional del Callao posee un relieve plano y una ligera inclinación en dirección este-oeste; es decir, disminuye en altitud a medida que se acerca al mar; está dominado por una gran bahía, una de las más grandes del Pacífico Sur, donde se encuentra el puerto de El Callao. Esta bahía se extiende en la parte norte y está conformada por un litoral pedregoso. En la zona central se encuentra el distrito de La Punta, una delgada lengua de tierra que se extiende hacia el mar. Hacia el sur hay otra bahía, una sucesión continua de acantilados que se extiende hasta el Morro Solar, en el departamento de Lima, estos acantilados caen verticalmente sobre el mar, formándose a sus pies playas de piedras y arena.

**3.8.1. Ubicación y vías de acceso.**- La Bahía del Callao se encuentra en la Provincia Constitucional del Callao o también denominada Región del Callao y se encuentra unida a la ciudad de Lima, y vías de acceso:

**Terrestre.**- por ello se puede acceder por las avenidas principales: Av. La Marina, Av. Venezuela, Av. Colonial.

**Aérea.**- mientras de otras Regiones y del exterior del país se puede llegar a través del Aeropuerto internacional Jorge Chávez.

2- Situación Ambiental de la Provincia Constitucional del Callao – Diagnostico Participativo" CONAM - 2001



**Marítima.-** a través del puerto del Callao llegan buques de cargas y de pasajeros.

### **3.8.2. Descripción del Medio Ambiente.-**

**3.8.2.1. Ambiente Físico.-** El sistema marino costero de la Provincia Constitucional del Callao se extiende a lo largo de 40 km de litoral y comprende mar, playas, acantilados e islas. El litoral del Callao tiene una amplitud variable desde casi ausente en la zona del Puerto del Callao totalmente transformado, hasta 250 m de ancho en las zonas de playas arenosas como en Oquendo y Ventanilla (Hidronav, Derrotero de la Costa Peruana Callao – Arica. 1983), en el litoral del Callao encontramos:

**1. La Bahía del Callao:** se inicia entre unos promontorios y Punta Pancha en el distrito de Ventanilla, continuando hacia el sur una extensa playa de 7 km. de longitud denominada Ventanilla. Siguiendo el borde litoral observamos la playa La Pampilla y cruzando la desembocadura del río Chillón la playa Márquez continuando la Playa Oquendo a lo largo de 10 Km. hasta la desembocadura del río Rímac. A partir de allí, pasa por las playas Acapulco, luego por el Terminal Marítimo del Callao para finalmente llegar hasta la Playa Cantolao en el distrito de La Punta.

**2. Los acantilados:** La oferta ambiental de los acantilados se diferencia por la composición y su integración a colinas, planicies y al mar:

- Acantilados rocosos, en Ventanilla con 10 km, La Pampilla 4 km y Pachacútec 6 km. Todos son de alto potencial biológico marino (pesca), bentónico, paisajístico y turístico-recreativo; así como para el manejo y conservación ecológica marino litoral, brindando espacios para la maricultura o la habilitación para complejos turísticos u otros.
- Acantilados gravosos (La Perla-La Arenilla), son inestables y expuestos al socavamiento marino y eólico; así como, a la contaminación por basura y desmontes. Su potencial es para escenarios paisajísticos con forestación. Requieren de medidas de estabilización que permitan un uso integral planicie de borde acantilado – playa - mar.

**3. Las islas e islotes:** En la bahía del Callao podemos encontrar un rico ambiente insular como las islas San Lorenzo (6.3 x 3.1 km), El Frontón (1.2 x 0.7 km) e islotes ubicados a 3.8km del extremo de la Punta. En el

norte de Ventanilla, observamos 23 islas e islotes, unas de 130 m de diámetro y otras de 160 a 170 m de largo, con alrededor de 30 m de altura. Las islas son ecosistemas marinos de alto potencial geofísico, climático, biológico y socioeconómico, constituyendo hábitats de refugio de aves marinas, medios ecológicos marinos de mayor desarrollo biológico, así como de diversidad, encontrándose ambientes rocosos, playas y fondo marinos someros (peces, moluscos, bentónicos, mamíferos, algas, etc.).

**4. Las playas:** Constituyen el potencial recreativo y turístico más grande que incluye a Lima Metropolitana en sus beneficios, siendo las más importantes las playas Rímac - La Pampilla (12,5 km), Ventanilla (7,4 km) y Chucuito - La Perla (7,2 km); así como otras playas (Cantolao, Chucuito y playas entre acantilados). El potencial que representa el ámbito marino tanto litoral como insular es muy importante para el desarrollo eco-turístico, recreación, de producción, pesquero y de conservación de flora y fauna marina, no solo del Callao sino también para Lima Metropolitana.

**3.8.2.2. Ambiente Biológico.-** Este capítulo está orientado al análisis de los aspectos biológicos y ambientales en los cuales se realiza el estudio de los ecosistemas marino terrestre, de los recursos naturales y de la problemática ambiental, reconociendo en primer lugar las variables ambientales y sus interrelaciones así como el resultado de los procesos que se dan en el territorio.

En la Provincia Constitucional del Callao solo se reconoce una zona de vida correspondiente al desierto desecado subtropical (dd-S) incluyendo las islas principales como son San Lorenzo, El Frontón, Palomirio y Cabinzas, ver, Figura 3.4. "Zonas de Vida"

**a. Ubicación.-** Se distribuye en la franja latitudinal subtropical (7° 40' a 17° 13'). Esta zona de vida se extienden a lo largo del litoral comprendiendo planicies y las partes bajas de los valles costeros desde el nivel del mar hasta los 1 800 msnm.

En el caso de la Provincia Constitucional del Callao esta descripción corresponde a la mayor parte del área regional exceptuando las características que se presentan en el Distrito de Ventanilla donde se

presentan cerros aislados o fragmentados con respecto a aquellos que se dirigen hacia las partes altas de Lima.

Existen ecosistemas especiales dentro del área de Ventanilla como son los Humedales producto de la filtración de agua de mar por la diferencia de niveles entre el litoral y tierra adentro.

**b. Relieve.-** La Provincia Constitucional del Callao se encuentra ubicada dentro de una zona que varía de un litoral de relieve plano como el caso del distrito de La Punta y Callao a abrupto como algunas áreas del distrito de La Perla y Ventanilla, ver Figura 3.5. “Perfil costero Zona de Playa en el Distrito de la Perla” y la Figura 3.6. “Playa de Ventanilla”. En el área continental, el relieve también varía desde plano hasta ligeramente ondulado, incluyendo lomadas y cerros ocupados en su mayoría por el casco urbano. Dentro de la zona de vida se pueden identificar unidades ecológicas funcionales básicas o ecosistemas que son típicos de los ambientes desérticos y de esta zona de vida.

**c. Ecosistemas Naturales.-** Se reconocen hasta 04 tipos de ecosistemas naturales ver Figura 3.7. “Ecosistemas Continentales”, donde se pueden apreciar los cuatro Zonas, Ecosistema de desierto, Ecosistema Marino Continental, Ecosistema de Humedales y el de Ecosistema de valles.

- **Ecosistema de desierto:** ladera de cerros con vegetación funcionalmente de lomas; fondos de quebrada con presencia de musgos en las barreras rocosas.

Se encuentra a lo largo del litoral marino, lejos de la línea costera y comprende desiertos, lomadas y cerros aledaños. Presenta escasa o ninguna vegetación natural, sólo algunas plantas herbáceas y malezas de diversas familias en donde exista alguna pequeña barrera que atrape la humedad del ambiente. Así se ha podido observar que en las laderas de los cerros que miran hacia el mar en el área del Proyecto Pachacútec se observa un manchal o loma de herbáceas (área pequeña) y al parecer homogénea, que merecería mayor investigación y cuya vegetación es funcionalmente de lomas con especies como la *Nicotiana sp.* y alguna otra solanáceas, incluso se ubicó una especie de *Allium sp.*, también existen abundantes refugios de lagartijas y roedores. Además

se encontraron restos de Conc conchillas de caracoles *Bostryx sp.* Típicos de lomas, ver Figura 3.8. "Manchal de Herbaceas".

Es importante recordar que no es una loma típica Biogeográficamente se sabe que la ecorregión de desierto que ancestralmente presentaba formaciones de lomas más extensas y continuas, además se conoce que estas lomas han ido fragmentándose y desapareciendo con el tiempo<sup>3</sup>.

Otra comunidad vegetal interesante identificada es la comunidad de musgos al final de las quebradas de Pampa de Los Perros (Parque Porcino) y Antonia Moreno de Cáceres, ver Figura 3.9. "Comunidad de Musgos" y Figura 3.10. "Detalle de musgo sobre sustrato rocoso", cuya presencia es fundamentalmente debida a la dirección de los vientos y la humedad de las neblinas, su presencia es sobre sustrato rocoso. Con relación a especies representativas de fauna presentes en este ecosistema son algunas aves acuáticas y continentales asociados a fuentes de alimento como zonas rocosas o vegetación.

- **Ecosistema Marino Continental.**- Es la zona del litoral que puede ser rocoso, pedregoso o arenoso, ver Figura 3.11. "Ecosistema marino costero", donde se ubican diversas especies de arena como el "muy-muy", carreteros, aves marinas y continentales como los gallinazos de cabeza negra y algunos mamíferos de impacto en la salud como los roedores.

Otros representantes de fauna que se pueden hallar en este ecosistema son algunos moluscos como diversos caracoles marinos, bivalvos; y crustáceos como carreteros, cirrípedos, isópodos entre otros que habitan principalmente en la zona de entre-mareas y el área adyacente a ésta

- **Ecosistema de Humedales.**- En la Provincia Constitucional del Callao existe un conjunto de humedales cuya extensión total oscila entre las 500 a 600 ha., que ocurren a causa de la diferencia de niveles entre el mar y el ambiente continental ver Figura 3.12. "Ecosistema de Humedales" y la Figura 3.13. "Otra vista de los Humedales salobres".

El agua de los diferentes cuerpos de agua es salobre, con vegetación de resistencia extrema y diversas especies de invertebrados como moluscos, larvas de insectos, insectos, entre otros.

3- BRACK EGG, Antonio. Enciclopedia Temática: Ecología. Editorial: El Comercio, Lima 2004

Dentro del ecosistema de humedal se reconocen diferentes hábitats<sup>4</sup>:

- Hábitat acuático o espejos de agua.
- Hábitat de totoral.
- Hábitat Vega.
- Hábitat de Gramadal, ver Figura 3.14. "Zona de Gramadales"
- Hábitat arbustivo.
- Hábitats pampas e islas de arena.

Estos hábitats son frecuentados por diversos tipos de aves de acuerdo a sus requerimientos espaciales y a sus requerimientos de alimentación y nidificación entre otros.

- **Ecosistema de valles.**- Se encuentran en la orillas de los ríos Chillón y Rímac. Presentan vegetación típica de valle costero con especies como la caña brava, carrizo, pájaro bobo, huarangos, algunas gramíneas en forma de maleza entre otras especies ver Figura 3.15. "Vista río Chillón" y Figura 3.16. "Vista río Rímac".

En este ecosistema son especialmente importantes los deltas de los ríos donde existe el intercambio entre agua dulce y salada. Aquí se encuentra una diversidad de especies que están adaptadas a estas condiciones pero que se han visto afectadas o disminuidas por efectos de la contaminación de los ríos, ver Figura 3.17. "Contaminación de los delta de los ríos".

**d. Aspectos Biológicos, Flora y Fauna.**- Si bien se consideran siempre los grupos más significativos o de importancia económica se ha creído conveniente incluir todos los grupos presentes de flora y fauna silvestre y algunas especies domésticas introducidas en parques y jardines.

- **Flora Silvestre.**- Se reconocen formaciones vegetales y familias en cada tipo de ecosistema, ver Tabla 3.3. "Formaciones vegetales según tipo de ecosistema".

**Vegetación de plantas superiores.**- El paisaje natural en la Provincia Constitucional del Callao se ha visto alterado por el crecimiento del casco urbano. Los árboles, herbáceas y arbustos se encuentra restringida a la ribera de los ríos y a los humedales, ver Figura 3.18. "Distribución de la Vegetación Continental Silvestre y Temporal"

4- NÚÑEZ, L. 1999 Archaic adaptation on the South -Central Andean coast. Editado por M. Blake, pp. 199-211. Washington State University Press, Washington

**Vegetación ribereña.-** La vegetación ribereña con especies silvestres típicas se ha ido transformando y restringiendo a algunas manchas de vegetación en las zonas más húmedas y de relieve abrupto ver Figura 3.19. "Paisaje Ribereño" y la Figura 3.20. "Otro Paisaje Ribereño".

Estas son algunas de las plantas que son características de encontrar en un monte ribereño y en las cercanías de los ríos. Algunas de estas plantas han sido introducidas desde la época española y otras tienen una distribución muy amplia. En aquellos lugares donde el relieve es tipo planicie, ha sido invadido por viviendas informales o se encuentra impactado por botaderos o rellenos informales ver la Figura 3.21. "Botadero en las riveras de los Ríos".

• **Fauna.-** La fauna es muy diversa, aún cuando casi siempre nos referimos o se presta mayor atención al ambiente marino sin embargo, en el ámbito terrestre existen varios grupos muy bien representados, que se citan a continuación en sus taxa correspondientes:

- Filo Protozoos
- Filo Moluscos
- Filo Artrópodos
- Filo Cordados
  - Clase mamíferos
  - Clase anfibios
  - Clase reptiles
  - Clase aves

A continuación la lista de especies de fauna correspondiente al ambiente continental.

**Filo Protozoa.-** Es extensa la variedad de protozoarios que se encuentran en los ríos, humedales y manantiales que existen en la Provincia Constitucional del Callao y que caracterizan la calidad de agua de cada uno de ellos. El mantenimiento de la biocenosis natural merece un estudio de investigación para monitorear estos cuerpos de agua y mantener su calidad ambiental.

No existen estudios de los protozoos de la Provincia Constitucional del Callao pero existen datos aislados como en el reporte de los humedales de Ventanilla que informa de la abundancia de rotíferos y de la presencia de especímenes de Stentor y Euplotes en los cuerpos de agua de los mismos.

Es importante anotar, que no es la presencia de un solo individuo, sino la proporción en que este se encuentre representado en la comunidad, lo que tiene valor en la evaluación de la calidad del agua (Roldan, 1988).

**Filo Molusca.-** Existen especies de moluscos dulceacuícolas que se encuentran en los humedales y ríos de la Provincia Constitucional del Callao.

**Filo Artrópoda.-** Dentro de este filo ubicamos especies de diversas clases taxonómicas pero no existen estudios específicos para la identificación de los mismos en la Provincia Constitucional del Callao. Aunque en este filo debemos considerar que tienen una amplia distribución y las especies deberían ser similares a las regiones adyacentes que constituyen la fauna de la costa peruana.

**Filo Cordados.-**

**a. Clase Mamíferos.-** La fauna silvestre de mamíferos está bastante disminuida pero se necesitan mayores estudios en los hábitats especiales que ofrece la Provincia Constitucional del Callao.

**b. Clase Reptilia y Amphibia.-** La fauna de reptiles y anfibios de la costa, están adaptadas a las condiciones ecológicas propias como la aridez, escasa precipitación y consecuentemente vegetación pobre. La única especie de anfibio que se puede reportar pero que necesita un monitoreo especial es el sapo común *Bufo sp.* (Probablemente *Bufo limensis*). Este era un anfibio común en los ríos del departamento de Lima en la zona del desierto costero hasta la valles interandinos, pero su población se ha visto mermada por la actividad antropogénica y por ser considerado como un animal desagradable ha sido casi exterminado. Se reportan especímenes para algunos puntos pero se necesita realizar una investigación más extensa ya que últimamente se han liberado especímenes de *Bufo marinus* y que se han adaptado bien a diversos ambientes en los ríos, aunque es una especie de amplia distribución, esta no llegaba a los ríos del centro de nuestro país. En cuanto a los reptiles se registraron dos especies de lagartijas *Microlophus peruvianus* y la lagartija de los gramadales *M. thoracicus*.<sup>5</sup> A pesar de las desfavorables condiciones ambientales durante la evaluación, se han registrado algunos individuos activos de las especies *M. peruvianus* y *M.*

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

*thoracicus* en las zonas de arena y gramadales respectivamente. A juzgar por el tipo de hábitat, podrían estar presentes en las inmediaciones por lo menos dos especies más de saurios, la lagartija de los arenales *M. theresiae* y el geko *Phyllodactylus microphyllus*. Estas dos especies también han sido reportadas para el departamento de Lima<sup>5</sup>.

**c. Clase Aves.-** Es el grupo taxonómico mejor representado en la Provincia Constitucional del Callao tanto en especies marino-costeras, acuáticas y de ambientes continentales como los ríos y humedales. Nos referiremos tan sólo a las especies silvestres de ambientes continentales. Se necesita realizar continuos monitoreos para poder observar nuevas especies o disminución de las mismas en relación a los diversos factores que impactan en el ecosistema de humedales y construir la composición de la biocenosis en una línea de tiempo. Los datos que se muestran a continuación corresponden a una evaluación realizada por SERCONSULT S.A. en el año 2004, ver Figura 3.22. "Abundancia en porcentajes por grupos de aves registradas en los Humedales de Ventanilla, Junio 2004" y la Figura 3.23. "Distribución de la Fauna Silvestre Continental".

#### Filo molusco

Especie	Distribución
<i>Planorbis spp.</i>	Río
<i>Physa</i>	Río
<i>Melanoides tuberculata</i>	Humedales, río Chillón y Rimac
<i>Bostyx sp.</i>	Manchal de lomas
<i>Helix aspersa</i>	Amplia distribución en jardines

#### Clase Insecta

##### b. Clase Insecta

Taxa	Nombre científico
Orden diptera	Mosca común, mosquitos
Orden coleoptera	Mariquita, escarabajo torito
Orden ortóptera	Grillos y saltamontes
Orden phasmatodea	Insecto palo
Orden odonata	Libélulas

#### Clase Arácnida

Nombre científico	Nombre común
<i>Sicanus peruensis</i>	Araña
<i>Loxosceles sp.</i>	Araña
<i>Hadruidoidea lunatus</i>	Alacrán

5- CARRILLO, N. Y J. ICOCHEA. 1995. Lista taxonómica de los reptiles vivientes del Perú, Publicaciones del Museo de historia Natural, UNMSM, Serie A, N.o 49, 27 pp.



"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

### **Mamíferos**

Especie	Nombre común
<b>Familia Cricetidae</b>	
<i>Phyllotis amicus</i>	Ratones silvestres
<b>Familia Muridae</b>	
<i>Ratus ratus</i>	Rata

### **Reptiles para los Humedales de Ventanilla**

Especie	Nombre común
<b>Familia Gekkonidae</b>	
<i>Phyllodactylus microphyllus</i>	Geko
<b>Familia Tropicuridae</b>	
<i>Microlophus peruvianus</i>	Lagartija de playas
<i>Microlophus theresiae</i>	Lagartija de arenales

### **Aves Registradas en los Humedales de Ventanilla**

Especie	Nombre Común	Especie	Nombre Común
<b>Familia Podicipedidae</b>		<b>Familia Cathartidae</b>	
<i>Rollandia rolland</i>	Zambullidormenor	<i>Cathartes aura</i>	Gallinazo cabeza roja
<b>Familia Phalacrocoracidae</b>		<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo cabeza negra
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cushur	<b>Familia Falconidae</b>	
<b>Familia Ardeidae</b>		<i>Falco sparverius</i>	Cernicallu
<i>Ardea alba</i>	Garza blanca grande	<b>Familia Pelecanidae</b>	
<i>Egretta thula</i>	Garza blanca chica	<i>Fulica americana</i>	Gallareta americana
<i>Egretta caerulea</i>	Garza Azul	<i>Gallinula chloropus</i>	Polla de agua
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza cueyera	<b>Familia Recurvirostridae</b>	
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Huaco	<i>Himantopus mexicanus</i>	Garza perrito
<i>Butorides striatus</i>	Garza tamanquita	<b>Familia Buthinidae</b>	
<b>Familia Threskiornithidae</b>		<i>Buhinus superciliosus</i>	Huerequeque
<i>Plegadis ridgwayi</i>	Yanavico	<b>Familia Charadriidae</b>	
<b>Familia Anatidae</b>		<i>Chondestes vociferans</i>	Chorlo doble collar
<i>Anas platyrhynchos</i>	Pato puma	<i>Chondestes semipalmatus</i>	Chorlo semipalmado
<i>Anas bahamensis</i>	Pata gargantillo	<b>Familia Scolopacidae</b>	
<i>Anas cyanoptera</i>	Pato colorado	<i>Tringa melanoleuca</i>	Patas amarillas mayor
<i>Oxyura ferruginea</i>	Pato raro	<i>Tringa flavipes</i>	Patitas amarillas menor
		<i>Phalaropus fulicarius</i>	Falaropo pico grueso
		<b>Familia Laridae</b>	
		<i>Larus dominicanus</i>	Gaviota dominicana
		<i>Larus pipixcanus</i>	Gaviota de Frankling
		<b>Familia Cuculidae</b>	
		<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Guardacaballo
		<b>Familia Fumariidae</b>	
		<i>Phaeocephalus melanops</i>	Totbreco
		<b>Familia Tyrannidae</b>	
		<i>Tyrcocephalus rubinus</i>	Turtupilin
		<i>Tachycineta thalassina</i>	Siete colores ce a Tctoria
		<b>Familia Hirundinidae</b>	
		<i>Notochelidon cyanocephala</i>	Santa rosita
		<b>Familia Motacillidae</b>	
		<i>Amphispiza bilineata</i>	Chichine
		<b>Familia Icteridae</b>	
		<i>Sturnella bellicosa</i>	Huanchocho
		<b>Familia Passeridae</b>	
		<i>Passer domesticus</i>	Gorrion europeo

**3.8.2.3. Ambiente Humano.-** Según el censo del INEI del 2007, el 100% de la población del Callao vive en el área urbana, lo cual evidencia el carácter predominantemente urbano de la Región, pero además muestra que la relación campo-ciudad se desliga de los aspectos de residencia.

En el Callao aún se conserva algunas áreas destinadas a la producción agrícola, específicamente áreas o zonas colindantes con el Terminal Aéreo Nacional e Internacional, sin embargo la existencia de estas áreas no está asociado a la residencia de población en la propia zona, por ser una zona netamente de producción agrícola.

Además este carácter "urbano" que muestra la Provincia Constitucional del Callao se refleja en la expansión metropolitana que atravesó la Provincia, asimismo permitió una rápida transformación de las condiciones de habitabilidad, una dotación de mayores servicios urbanos – apreciado mas adelante en el abordaje de los aspectos de equipamiento y servicios – pero este carácter "urbano" se desarrolló en diversos grados de consolidación, y a pesar de presentar en la actualidad el deterioro de algunas zonas estas no afectan la condición urbana de la absoluta mayoría de la población.

**3.8.2.4. Densidad poblacional.-** La densidad poblacional es una variable que se considera como la relación entre población y territorio, que se establece a partir del número de habitantes por kilómetro cuadrado, ver Tabla 3.4. "Densidad Poblacional en la Provincia Constitucional del Callao por Distritos según Censo INEI 1972 - 2007"

Este indicador evidencia un comportamiento diferenciado para el Distrito Callao Cercado que muestra un promedio de 9,110.4 habitantes por km<sup>2</sup>. Considerando este indicador sobre todo para aquellos lugares donde predomina características físicas de hacinamiento y tugurización como es el caso de las barriadas o vecindarios ubicados en las zonas más antiguas de Callao Cercado.

Los distritos que presentan mayor densidad poblacional son el Distrito La Perla, que muestra 22,435.6 hab./km<sup>2</sup> y el Distrito Carmen de la Legua-Reynoso con 19,746.7 hab./km<sup>2</sup>, y Bellavista con 16,483.1 hab./km<sup>2</sup> que

se configura como problema posteriormente, debido a que estos distritos ya no muestran posibilidades de expansión espacial urbana.

En el caso de distritos como La Punta (5,826.7 hab./km<sup>2</sup>) y Ventanilla (3,779.9 hab./km<sup>2</sup>) muestran una baja densidad poblacional.

Lo anterior puede explicarse a partir del patrón de ocupación y los eventos que los han afectado, históricamente, como el surgimiento de la ciudad como puerto y los desplazamientos de la población, producto de desastres naturales como los que llevaron a la creación de Bellavista, la posterior ocupación del territorio configuraron el Distrito de La Punta para segmentos altos de la población, al igual que en el caso de La Perla (Perla Alta, sobre todo); así como los flujos poblacionales internos y externos que llevaron a densificar distritos como Carmen de la Legua - Reynoso, principalmente externos como los que vienen llevando de manera intensa al crecimiento de Ventanilla, aún cuando el considerable tamaño del distrito muestra una densidad baja, pero que se incrementará en los próximos años, pese a que el área de habitación y expansión urbana es también limitado.

**3.8.2.5. Caracterización de la Densidad Poblacional de la Provincia Constitucional del Callao.-** Esta caracterización de la densidad poblacional se puede entender de la siguiente forma:

a. La densidad poblacional de la Provincia Constitucional del Callao, puede caracterizarse en baja densidad, media densidad y alta densidad, lo que permite tipificar a los distintos territorios de acuerdo con la concentración de la población en cada una de las zonas o conglomerados sociales.

b. Se puede encontrar una baja densidad poblacional en zonas como la Faja Industrial Marítima y el área agrícola, Parque Porcino, Ex – Fundo Oquendo y la Faja Industrial del cordón fabril de la Av. Argentina, situación que estaría determinada por una baja concentración de habitantes por el tipo predominante de actividad económica en dichas zonas (manufacturera, pecuaria, agrícola).

c. Presentan densidad media las zonas como Márquez, Ventanilla Baja y Alta, Ciudad Satélite Santa Rosa y Urbanización Naval, por ser zonas que tienen un patrón de ocupación más reciente y los niveles de

concentración poblacional derivan de la ocupación antigua, como la Faja industrial formada por la Av. Oscar R. Benavides (Ex – Colonial), Callao Cercado y el Puerto, el tipo de actividad económica hace predominante la movilización de población temporal. En el caso de La Punta es debido a los factores demográficos que conllevan a la pérdida de población en los últimos decenios.

d. La densidad es alta, en aquellas zonas donde se ha producido un crecimiento explosivo de la población, con intensos flujos migratorios externos como las zonas de Pachacútec, Kenyi Fujimori y Mi Perú en Ventanilla; La Perla, Bellavista y Carmen de la Legua - Reynoso. En tanto en Callao Cercado, su baja densidad poblacional distrital, diferencialmente concentra su mayor población en algunas zonas como Dulanto, Sarita Colonia, Bolognesi y Los Ferroles dentro del Callao Cercado, en las cuales los niveles de concentración son altos con el costo de la tugurización y el hacinamiento como factores de deterioro urbano, Ex – Fundo Bocanegra entre otras zonas de asentamiento poblacional ver Cuadro 3.3. "Caracterización de Densidad Poblacional de la Provincia Constitucional del Callao identificada por zonas y distritos" y Figura 3.24. "Densidad Poblacional".

El Callao no sólo ha alcanzado ser centro de actividades y negocios, sino también generar centralidad en la economía nacional y metropolitana, desarrollándose en una posición privilegiada sobre un escenario global, determinado por una fuerte concentración de su plataforma logística de comercio exterior, fuerzas gravitacionales que impone la presencia del puerto y aeropuerto, que asociados a un conjunto de servicios nos determinan un escenario importante de transporte multimodal, integrados a mercados metropolitanos regionales y globales y al propio encadenamiento de servicios del comercio exterior, tales como los terminales de almacenamiento y/o carga, centros de frío, empaquetadoras, depósitos aduaneros, concesionarios postales, agencias navieras, empresas de carga, cadenas de suministro, transporte de carga.

El Callao no sólo destaca por el nivel de sus operadores logísticos, sino también por el desarrollo de la industria manufacturera entre las que

destacan importantes empresas, como: Tasa, Diamante, Ajinomoto, Alicorp y Cogorno, Paramonga, Paraíso, fábricas de lana, fundiciones y astilleros, etc. ver Figura 3.25. “Grandes Equipamientos e Infraestructuras”, y Figura 3.26. “Actividades Económicas Predominantes”.

A ello se aúna el desarrollo de las plantas de refinación de petróleo, centros de almacenamiento y distribución de los productos derivados del petróleo, la Central Térmica de Ventanilla y estación Terminal del Gas Natural, generando así el primer Cluster energético a nivel nacional.

En este mismo escenario, resaltan los diferentes nodos de centralidad, las áreas de atracción, especializadas y de mayor dinamismo económico. La concentración, asociación, complementación y desenvolvimiento de los mercados urbanos de los bienes transables y no transables en la provincia, han generado centros o subcentros, núcleos de dinamismo económico, de diferentes tipologías y tamaños que se desarrollan en un contexto de plena asociación al gran mercado metropolitano, tales como:

- Centro fundacional: Histórico, comercial y servicios administrativos.
- Núcleo de servicios múltiples metropolitanos y nacionales: Hospital Carrión – San Juan, Hospital ESSALUD, Universidad, Colegios Secundarios, Coliseo, Estadio, Parque Zonal, Cementerios.
- Núcleo logístico, comercio exterior aeroexportador: centro comercial aeroexportador, Lima Cargo City.
- Centro de comercio y distribución metropolitano – pesquero.
- Cluster energético: petróleo, Gas Licuado, energía y gas natural.
- Corredor de servicios turísticos de calidad y alto estándar: Real Felipe – La Punta.
- Aglomeración Industrial Argentina.
- Aglomeración Industrial Faucett.
- Aglomeración Industrial Gambetta.

Consolidación progresiva de los corredores económicos industriales, que asociados a los centros de atracción y concentración económica están permitiendo cierta especialización con función económica en el territorio provincial, tales como:

- Un Callao Norte especializado en el sector energético y de economías domésticas.
- Un Callao Central especializado en actividades industriales y de operadores logísticos del comercio exterior.
- Un Callao Sur especializado en servicios terciarios (turísticos y comerciales) e industrial sobre la Av. Argentina.

El conjunto de procesos, el entorno y dinámicas de las actividades económicas que se desarrollan en el puerto están propiciando un nuevo desarrollo, configurando un espacio de atracción y consolidando un territorio único en la vida económica del Callao y la metrópoli en su conjunto, el gran polígono de oportunidades económicas, plataforma logística que se consolida progresiva y aceleradamente en el área central de la Provincia Constitucional del Callao, teniendo como vértices el Terminal Portuario, El Parque Internacional de Industria y Comercio (frontera y límite con la Provincia de Lima) y la Refinería la Pampilla.

**3.8.3. La Industria Pesquera de Aceite y Harina en el Callao.-** En la actualidad la actividad pesquera nacional, en la que El Callao desempeña un papel fundamental, atraviesa un momento decisivo; es tiempo de renovar la flota y volver a las industrias más conscientes de la ecología, para evitar la contaminación del mar con los desperdicios producidos por la fabricación de la harina de pescado.

De esta manera, la industria pesquera volverá a ser competitiva, al mismo tiempo que evitará el uso indiscriminado de los recursos, como ocurre con la anchoveta.

La producción pesquera según tipo de consumo en el Callao, es representativa respecto a la producción expresada en los otros centros pesqueros del país, experimentando en el período 1990 – 2006 un crecimiento promedio anual del 5.8%, muy por encima del crecimiento experimentado por la producción nacional, que fue del 0.1 % promedio anual.

El Callao representó, en el año 2006 el 6.7% de la producción pesquera nacional, nivel de participación que ha venido progresivamente incrementándose en la presente década. A nivel nacional, según el período de análisis los picos de producción pesquera más alta fueron en

los años 1994 y 2000 ver Cuadro 3.4. "Desembarque de recursos marítimos, en la Provincia Constitucional del Callao 1990 – 2006 (TM Bruta)", con un nivel de desembarque de 12.1 y 10.6 millones de TM en el año.

En éste período, la producción pesquera chalaca mantiene el reflejo productivo del nivel nacional, alcanzando su mayor pico productivo el año 2000, en el que representó el 6.5 % de la producción nacional, determinado por la mayor producción y nivel de desembarque de recursos marítimos para consumo humano indirecto.

En la actividad pesquera es manifiesta la priorización de la pesca para el consumo humano indirecto, para industrializar y exportar harina y aceite de pescado, que la de consumo humano directo, la que está produciendo una creciente escasez de recursos hidrobiológicos, especialmente de las especies como el jurel, sardinas, caballas, que son muy apreciadas por la población.

La producción pesquera que le significó al Callao un mayor nivel de desembarque, está compuesta por recursos marítimos de consumo humano directo, en más del 90 % del desembarque total, a excepción de los años 1990, 1992 y 2006, en el que el volumen de pesca de consumo humano directo se incrementó a la cuarta parte del volumen total del Callao.

Las empresas de mayor representatividad en la Provincia Constitucional son 6, todas ellas localizadas en el distrito del Callao.

En el Callao las plantas de harina de pescado se han concentrado en la zona de Los Ferroles, Av. Prolongación Centenario, donde realizan operaciones para el procesamiento de recursos hidrobiológicos a través de sus plantas de enlatado.

Pero el territorio está sufriendo seriamente por la contaminación de su subsuelo y suelo y la presencia de asentamientos irregulares y de serias limitaciones en sus condiciones de habitabilidad e integración saludable a la ciudad.

El real potencial productivo empresarial lo podemos apreciarlo en el cuadro adjunto, en el cual se tiene la cadena completa de la industria pesquera del Callao, con 24 unidades empresariales.

Estas empresas son unas de las más importantes del país, destacadas por su oferta exportable, tales como TASA y Diamante, esta última representa la segunda fuerza exportadora en la región, con plantas de procesamiento en varias ciudades del país:

Callao (2), Samanco (3), Paracas (1), Puerto Supe (1).

Si bien el distrito del Callao – Cercado logra alojar a la mayoría de estas empresas de la cadena productiva, especialmente concentradas en su área central de la provincia, algunas empresas se localizan en Ventanilla, ver Cuadros 3.5. "Establecimientos Industriales Pesqueros, Plantas de harina y Aceite de Pescado" y Cuadro 3.6. "Plantas Pesqueras en la Provincia Constitucional del Callao, Extracción y Procesamiento Pesquero: Enlatado, Curado, Congelado, Harina".

En cuanto a la actividad de pesca artesanal y sus infraestructuras, ha ido progresivamente perdiendo posición y dominio al interior del Terminal Portuario del Callao, sin haberse procurado su desarrollo de manera independiente y apropiada para evitar los actuales conflictos a lo que ha llegado por la inacción, en la presente década.

**3.8.4. Auditoría de Gestión Ambiental del Ministerio de la Producción, Industria y Pesquería<sup>6</sup>.**- Se ha determinado que es necesario fortalecer el control y monitoreo de los efluentes de la industria pesquera, posterior a la fecha que se emitieron los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de la Actividad Pesquera de Consumo Humano Indirecto —transformación de la materia prima, anchoveta (*Engraulis ringens*) y anchoveta blanca (*Anchoa nasus*) principalmente, en harina de pescado—; en especial, del efluente denominado "agua de bombeo" el mismo que es considerado como el efluente que ejerce mayor impacto por alterar la calidad acuática del cuerpo receptor; más aún si tenemos en cuenta que durante al año 2009, el volumen de descarga de materia prima ascendió a 5'830,863 Toneladas Métricas Brutas (correspondiendo al Callao 565,276 TMB) y, que la proporción de agua de mar requerida para la descarga es de 2 a 1, es decir, 2 m<sup>3</sup> de agua de mar por tonelada de pescado ver Cuadro 3.7

6- El control y la auditoría de Bahías marinas, Auditoría de Gestión Ambiental en la Bahía del Callao, Resolución de Contraloría N° 356-2003-CG publicada el 22 de Octubre del 2003



"Perú: Desembarque de Recursos Marítimos para Consumo Humano Indirecto Según Puertos, 2000 – 09"

Asimismo, del análisis efectuado a los valores consignados en los reportes de monitoreo correspondientes al período 2009, reportados por las empresas industriales pesqueras, ubicadas en la zona denominada Los Ferroles en el Callao, en concordancia con la R. M. N° 003-2002-PE de 01.Enero.2002, se advirtió que con relación a los parámetros DBO<sub>5</sub>, Aceites y Grasas y SST, los valores no muestran una constante en el tiempo. Si bien es cierto que la calidad del efluente muestreado podría variar en función del estado de conservación y de las características de la materia prima descargada. También se puede inferir que, pese a que las empresas están obligadas a contar con equipos de tratamiento de agua de bombeo, no han implementado "un control al final del tubo" de sus vertimientos; de tal manera que, pese a existir los LMP, dichos parámetros podrían mantener un nivel máximo, si existen empresas que elaboran harina Premium de alta calidad.

Además, con relación a la supervisión en el cumplimiento de los compromisos ambientales asumidos por las empresas industriales manufactureras y pesqueras en sus PAMA's y EIA's, se ha evidenciado un débil accionar por parte de los órganos de línea competentes del Produce, con el consecuente riesgo de contaminación por los efluentes de las industrias (manufactureras y pesqueras), debido a las características de los contaminantes de sus vertimientos, tales como mercurio, plomo, arsénico, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Aceites y Grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), entre otros. Respecto a la evaluación y aprobación de los documentos de gestión ambiental (DAP's, PAMA's y EIA's) de las industrias manufactureras, se advirtió que han existido demoras en los procesos de evaluación, existiendo entonces debilidades en la capacidad de respuesta por parte de la Autoridad Sectorial; habiéndose identificado un vacío en el D.S. N° 019-97-ITINCI – Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades de la Industria Manufacturera, por cuanto no se establecieron los plazos perentorios para la evaluación del levantamiento de observaciones presentadas por las empresas manufactureras.

Asimismo, se ha revelado la necesidad de profundizar la evaluación de dichos documentos de gestión ambiental, al haberse detectado situaciones que debieron ser advertidas y consideradas como observaciones a los mismos, ante esta situación y en merito a la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente y el Protocolo de Monitoreo de Efluentes Líquidos y Cuerpo Marino Receptor, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 003 – 2002 – PE, se establece el Decreto Supremo N° 010 – 2008 – Produce (30 de abril 2008), por el cual se aprueban los Límites Máximos Permisibles (LMP) para la Industria de Harina y Aceite de Pescado y Normas Complementarias.

**3.8.5. Contaminación del litoral por residuos líquidos.-** Uno de los principales problemas ambientales es la contaminación de la bahía del Callao, a lo largo del litoral del Callao encontramos diferentes fuentes contaminantes entre las cuales podemos mencionar: colectores domésticos, descargas industriales, las desembocaduras del río Rímac y Chillón, etc. Sumándose a esto tenemos el Terminal Marítimo del Callao por su intenso tráfico y sus actividades de carga y descarga de minerales, petróleo y derivados de crudo.

Podemos afirmar que los desechos líquidos de la Provincia Constitucional del Callao que se descargan al mar son producidos por actividades, preponderantemente domésticas e industriales, sin ningún o inadecuado tratamiento. Estas descargas se realizan en forma directa o indirecta por la red de alcantarillado o la red fluvial, además de otros efluentes directos al mar, Cuadro 3.8. "Registro Nacional de Vertederos Sector Callao", de este cuadro, podemos apreciar que existen 3 efluentes "domésticos" (entre emisores y colectores) y 26 efluentes industriales registrados en el Registro Nacional de Vertederos. La industria química representa un 31% de las empresas ubicadas en el Callao y existen fuertes descargas domésticas e industriales de los ríos Rímac y Chillón.

Los monitoreos desarrollados a cargo de DIGESA, 2008, muestra el panorama actual sobre vertimientos industriales y domésticos resumidos en los cuadros siguientes Cuadro 3.9. "Catastro de Vertimientos Industriales en el Callao" y Cuadro 3.10. "Catastro de Vertimientos de

Efluentes Domésticos en el Callao". En el Callao existen 21 Empresas que vierten sus efluentes en los principales Recursos Hídricos (Mar y Ríos) del Callao, ver Figura 3.27. "Inventario de Vertimientos Industriales". Mientras los puntos de descarga de estos efluentes y el área de influencia se pueden ver respectivamente en las Figuras 3.28. "Puntos de Vertimientos de Efluentes en el Callao" y 3.29. "Mapa de Riesgo por Vertimientos de Aguas Residuales", la zona de influencia de los vertimientos como podemos apreciar se irradia prácticamente a toda la franja del litoral marino.

Buscando evaluar las condiciones en que se encuentra impactado el medio marino por las diferentes descargas contaminantes vertidas en él, el Instituto del Mar del Perú - IMARPE desarrolla informes progresivos, boletines, informes internos, etc., sobre contaminación marina sí como viene monitoreando los diferentes parámetros físico y químicos para los distintos puntos del litoral del Callao (temperatura, sólidos solubles totales (SST), pH, oxígeno, sulfuros, aceites y grasas, etc.). De los muestreos realizados frente a las playas de Oquendo y Ferroles, donde se ubican las diversas industrias químicas, el muelle pesquero y efluentes urbanos durante setiembre del 2008, se registraron en el ambiente marino litoral del Callao, concentraciones de Oxígeno disuelto entre 1.5 Y 1.9 ml/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno 55.9 y 70.04 mg/L, Grasas y Aceite entre 110 y 145.2 ppm y Sólidos suspendidos entre 50 y 65 ppm valores muy por encima de los límites máximos permisibles (LMP) que propone la Ley de Aguas en el Perú, y otras legislaciones de América Latina; sin embargo las concentraciones de Fosfatos y Nitritos se encuentran dentro de los estándares de productividad para las aguas costeras frías (ACF) del Mar Peruano<sup>7</sup>; asimismo, los sedimentos marinos del área de estudio registraron 98,41 % de arenas y 1,59 % de fango (arcillas y limos), ver Figura 3.30. "Concentración de Clorofila Superficiales", Figura 3.31. "Distribución de Coliformes totales", Figura 3.32. "Distribución de Estéreo cocos Fecales".

7- Zuta y Guillén. Oceanografía de las Aguas Costera del Perú, Dpto de Oceanografía. Boletín IMARPE, Vol. 2 N° 5, Callao, Perú, pág. 193-196, 1970

## CAPITULO IV MATERIALES Y METODOS

### 4.1. Diseño Experimental.-

**4.1.1. Relación entre las variables de Investigación.-** La investigación realizada fue netamente experimental, en ese sentido existe una relación del tipo Causa – Efecto, por lo que las variables están íntimamente relacionadas, según la relación:

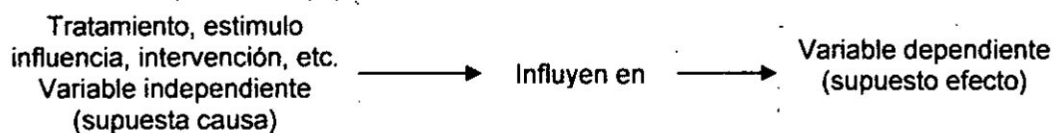
**Variable Independiente "X" → Variable Dependiente "Y"**

Dado que durante el experimento una variable independiente afectan una o más variables dependientes, específicamente para nuestro trabajo como lo hemos planteado en nuestra Hipótesis de partida o de investigación: **"La aplicación de enzimas permitirá optimizar el proceso de recuperación de grasas y aceites de los efluentes de la industria de harina y aceite de pescado previos a su disposición final"** hipótesis en la cual se presentan los dos tipos de variables con sus respectivos indicadores:

<b>Variable Independiente: X =</b>	Dosis Enzimática
<b>Indicadores:</b>	
Dosis o Cantidad de enzima, (mg/L)	X <sub>1</sub>
<b>Variable Dependiente: Y =</b>	Optimización del proceso de recuperación de grasas y aceites
<b>Indicadores:</b>	
% de humedad de los aceites y grasas, (% H)	Y <sub>1</sub>
% de Sólidos Totales, % ST	Y <sub>2</sub>
Grasa, (ppm, ó mg/L)	Y <sub>3</sub>
SST no grasos, (ppm, ó mg/L)	Y <sub>4</sub>
STD, (ppm, ó mg/L)	Y <sub>5</sub>

Los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control, como lo apreciamos en el esquema<sup>8</sup>:

8- ROBERTO HERNADEZ SAMPIERI y Otros. Metodología de la Investigación, México. Cuarta Edición. Editorial Mc Graw Hill, Interamericana de México S.A., 2006, Pág. 160



Para el desarrollo del trabajo de Investigación, hubo que utilizar el equipo de Pruebas de Jarras con cuatro vasos de 1 Litro, pruebas realizadas bajo un mismo protocolo, manteniendo fijos el gradiente de mezcla y la aireación, mientras la Dosis Enzimática (**Variable Independiente**), se convino en cambiarla en forma ascendente de manera que se pudieran comparar para cada juego de pruebas sus efectos, siendo estas dosis por vaso las siguientes:

<b>Vasos</b>	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Dosis ppm</b>	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00

De modo que para cada uno de los vasos se mantuvo la misma dosis, en cada una de las pruebas y como resultado de ello había de demostrarse a la vista de los valores de los indicadores de la **Variable Dependiente** al obtener la caracterización de los efluentes tratados (Límites Máximos Posible), para su disposición final, para lo cual hubo necesidad de medir el valor de la variable dependiente a través de sus indicadores para ver el efecto que tiene la variable independiente sobre ella.

**4.1.2. Tipos de Investigación.-** Existen muy diversos tratados sobre las tipologías de la investigación, las controversias para aceptar las diferentes tipologías sugieren situaciones confusas en estilos, formas, enfoques y modalidades. En rigor, y desde un punto de vista semántico, los tipos son sistemas definidos para obtener el conocimiento. Algunos autores establecen diversas tipologías, una síntesis de los tipos mostrados por diferentes autores se presentan, con la intención de sistematizar y especificar el tipo de nuestro trabajo de Investigación:

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

Según las variables:

**Experimental.**  
Cuasi experimental.  
Simple y compleja.

Según la fuente de información: Investigación documental.  
**Investigación de Campo.**

Según la extensión del estudio: Investigación censal.  
**Investigación de caso.**  
Encuesta

Según el nivel de medición y análisis de la información:  
**Investigación cuantitativa.**  
Investigación cualitativa.  
Investigación cuali-cuantitativa.  
Investigación descriptiva. Investigación explicativa.

Según las técnicas de obtención de datos:  
Investigación de alta y baja estructuración.  
Investigación participante.  
**Investigación participativa.**  
Investigación proyectiva.  
Investigación de alta o baja interferencia.

Según su ubicación temporal: Investigación histórica.  
**Investigación longitudinal o transversal**  
Investigación dinámica o estática.

Según el objeto de estudio: Investigación pura.  
**Investigación aplicada.**

Como lo definiéramos inicialmente nuestro trabajo de investigación realizado fue del tipo experimental, tipología que se deduce a partir de las variables, en la que la variable independiente incidirá sobre la variable dependiente (manipulada), la que fuera medida a través de sus indicadores, % de aceite y grasas recuperadas entre otros, y además, para ello se sometieron la Muestra problema (efluentes del proceso industrial de Harina y Aceite de pescado) a las Prueba de Jarras (Jar Test), en la que la variable independiente hipotéticamente será una de las causas que genero el supuesto cambio en las variables dependientes en este caso sobre el efluente, lo que se evidenció al evaluar los valores de sus indicadores durante todas las observaciones realizadas. Las otras tipologías pudieron definirse en forma sistematizadas de acuerdo a

la clasificación que se muestra, y cuyas tipologías las hemos resaltado en negritas.

**4.1.3. Diseño de la investigación.-** Una vez que precisáramos el planteamiento del problema, se definió el alcance inicial de nuestra investigación, formulando la hipótesis, procedimos a diseñar nuestra investigación, que nos permita demostrar la hipótesis planteada, además de cubrir los objetivos específicos fijados:

- Caracterizar los efluentes generados por la Industria de Harina y Aceite de Pescado.
- Evaluar a nivel de laboratorio, el proceso DAF para recuperación de grasas y aceite, de los Efluentes previos a su disposición final.
- Determinar el efecto de las enzimas en el proceso DAF de recuperación de grasas y aceites.
- Determinación de la eficiencia del proceso de recuperación.

En síntesis nuestra investigación del Tipo Experimental dentro de esta tipología que para algunos autores como el caso de Cambell y Stanley<sup>5</sup>, quienes dividen los diseños experimentales en tres clases:

- a) preexperimentos,
- b) experimentos "puros", y
- c) cuasi experimentos.

Teniendo como referencia esta clasificación, nuestro trabajo de investigación se encuadra dentro del diseño preexperimental, con preprueba – posprueba, el mismo se efectuó con el uso de las pruebas de Jarras a nivel de laboratorio, en la que a un grupo se le aplica una prueba previa al estímulo (tratamiento experimental), después se le administra el tratamiento y finalmente se le aplica una prueba posterior al estímulo, según el esquema siguiente:

**G                    0<sub>1</sub>    X    0<sub>2</sub>**

En este diseño conocimos un punto de referencia inicial (**0<sub>1</sub>**) para ver que nivel tenía el grupo (**G**) en la variable dependiente ante del estímulo o dosis (**X**) y posteriormente que nivel (**0<sub>2</sub>**) alcanza luego del tratamiento.

5- Campbell, D.T. y Stanley, J.C. (1966). Experimental and quasi-experimental design for research. Nueva York: Rand McNally & Cia (trad. cast.: Buenos Aires, Amorrortu, 1978)

#### **4.1.4. Operacionalización de variables.-**

Para demostrar y comprobar la hipótesis anteriormente formulada, hubo la necesidad de operacionalizarla a través de sus variables, y de los indicadores de cada una de ellas, es así que a través de la relación causa – efecto, sometido el efluente a las pruebas de Jarras, se evaluó la Variable Dependiente: Y (Optimización del proceso de recuperación de grasas y aceite), a través de las pruebas experimentales, en las que se realizaron las observaciones necesarias para conocer cuantitativamente el valor de cada uno de los indicadores de la variable dependiente, es decir la caracterización del efluente antes de ser sometido a la Pruebas de Jarra y luego de la aplicación de la dosis de enzimas, durante la Prueba de Jarras, que permita obtener la mejor dosis de enzima luego de evaluarse cada muestra obtenida del efluente luego de la prueba y obtener el nuevo valor del indicador de la Variable Dependiente, es decir de: % de humedad de los aceites y grasas, ( $Y_1$ ), % de Sólidos Totales, % ST ( $Y_2$ ), Grasa, ( $Y_3$ ), SST no grasos, ( $Y_4$ ) y STD, ( $Y_5$ ).

**4.2. Materiales y Equipos.-** Los materiales y equipos que se han utilizado, han dependido del tipo de trabajo:

**4.2.1. Trabajo de Gabinete.-** Para el estudio realizado se utilizó:

- Una computadora Pentium IV, con Software Microsoft Office, Autocad 2004 y SPSS 14.
- Impresora Canon Pixma IP 1200.
- Cámara Digital MIRAY 5.0 Mega Pinceles.
- Material y útiles de oficina.
- Material Bibliográfico, Libros, trabajos realizados, revistas, normas de calidad etc.

**4.2.2. Trabajo de Campo.-** Para el estudio se utilizó:

- Cámara Digital MIRAY 5.0 Mega Pinceles.
- Potenciómetro de campo (HANNA) para medición de pH, termómetro, botellas de vidrio y de plástico de un litro, baldes de plástico de 20 litros, cajas conservadoras, equipo de muestreo.
- Camioneta doble cabina Toyota Hi Lux., se viajó a la ciudad de Marcona y se trajeron las muestras en la camioneta.



**4.3.3. Trabajo de Laboratorio.-** Equipos diversos de laboratorio, tales como: Balanza analítica, estufa, peras de decantación, Desecadores con silicagel, botellas para determinación de DBO, Conductímetro, Potenciómetro, Refrigeradora, material de vidrio, reactivos. Equipo de Pruebas de jarras, para cuatro jarras de un litro, acondicionado de un compresor para aireación y difusores de micro burbujas.

#### **4.3. Métodos.-**

**4.3.1. Técnicas de recopilación de datos.-** Para el desarrollo del presente trabajo se ha utilizado información muy diversa, tanto de trabajos realizados, por diferentes investigadores los mismos que se ilustran en el Marco Teórico, así como las experiencias realizadas por la Cía. Advanced BioCatalytics Corporation en el uso de sus Enzimas, las cuales se mencionan en la parte Referencial, siendo este tipo de información de carácter Documental.

Por otro lado para poder cuantificar el caudal de los efluentes generados en la Planta de Harina y Aceite de pescado, se aforaron todas las descargas o puntos existentes que se derivan al colector principal previo a su disposición directamente al mar Bahía del Callao en ella se registraron un total de tres puntos de aforo para igual número de puntos de descarga, es decir el 100 % de los puntos existentes.

Para la determinación de los parámetros de calidad del efluente se realizó un muestreo aleatorio compuesto, tomándose un tamaño de muestra correspondiente a 25 lts (se considera que efluente de la planta es homogénea durante el proceso, el volumen es suficiente para realizar hasta tres pruebas de jarras), de muestra que se llevo al laboratorio de la planta para las pruebas de jarras,

**4.3.2. Técnicas Estadísticas.-** Se utilizo el programa estadístico denominado **Statistical Package for the Social Sciences**, (SPSS), programa para Windows 2008,

**4.3.3. Técnicas de Laboratorio.-** Para determinar los parámetros de calidad se utilizaron, los métodos normalizados para análisis de aguas potables y residuales, dados por APHA, AWWA WPCF (Standard Methods) for the examination of water and wasterwater 19 edición. 1995. y asimilados por INDECOP, y otros, como se presenta a continuación:

- a. **Análisis de Humedad.**- Método de la Estufa de Aire, referencias, Instituto Nacional de Normalización, NCh 841 of 78, Official Methods of Analysis. A.O.A.C. 15th Edition 1990.
- b. Los **Sólidos Totales.**- Método Normalizado y Publicado por APHA, AWWA, asimilado por el INDECOPI, con código 2540-B, Método Gravimétrico.
- c. **Grasas.**- Método Soxhlet, referencias, Official Methods of Analysis A.O.A.C. 15th Edition, U.S.A. (1990); Método Normalizado y Publicado por APHA, AWWA, asimilado por el INDECOPI, con código 5520 - D, Método por Extracción.
- d. Los **Sólidos Suspendidos Totales no Grasos.**- Método Normalizado y Publicado por APHA, AWWA, asimilado por el INDECOPI, con código 5540 – D, Método Gravimétrico.
- e. **Salinidad.**- Método Normalizado y Publicado por APHA, AWWA, asimilado por el INDECOPI, con código 2520 – B, Método Conductividad Eléctrica.
- f. Los **Sólidos Totales Disueltos.**- Método Normalizado y Publicado por APHA, AWWA, asimilado por el INDECOPI, con código 5540 – C, Gravimétrico.

**4.3.4. Pruebas de Jarras a nivel de Laboratorio.**- Con el fin de conocer la eficiencia de la aplicación de las Enzimas en la recuperación de de las grasas y aceites en los efluentes de la industria de harina y aceite de pescado, se utilizo un equipo cuatro jarras de 1 litro de capacidad, Para la realización de los ensayos se utilizo el equipo esquemáticamente indicado en la Figura 3.7. “Equipo de “Jar-test”, con paletas planas tipo “Phips & Bird” con un sistema mecánico que asegura la misma velocidad de giro en cada eje, y velocidad de rotación controlada mediante un variador electrónico, y una bomba de aire con capacidad de 10 L/min de aire de saturación. La presión de saturación en todos los casos se mantenía constante en 6 kg/cm<sup>2</sup>, (85.3 psi).

En todos los casos se efectuaron inicialmente ensayos piloto batch a escala de laboratorio, con el objetivo básico de verificar la viabilidad

**“El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao”**

del proceso para el adecuado tratamiento de los efluentes considerados, para lo cual se ensayaron la dosificación de la enzima (*Accell® AC 101*), en diferentes dosis de trabajo, así como también se evaluó la incidencia del pH en la eficiencia del proceso, entre otros parámetros. Para una primera parte solo se sometió la muestra de Agua de Descarga o de Bombeo (la misma que ingresa al DAF de planta), pero esta se sometió en el equipo piloto sin dosificación de reactivo, con el fin de evaluar el rendimiento del equipo y después comparar los resultados con las muestras sometidas con diferentes dosis de enzimas (*Accell®, AC 101*).

## CAPITULO V RESULTADOS

**5.1. Características de los Efluentes previos al tratamiento.-** Como se explico en el Marco Teórico o Historia del Arte, el efluente que se genera en la planta de proceso de Harina y Aceite de Pescado, esta constituido por la mezcla de tres efluentes propiamente dicho, tales como el agua de bombeo, la sanguaza y el agua de cola, estos tres efluentes se juntan, de tal manera que previos a su disposición final son derivados al DAF para su tratamiento, tratamiento que permite la recuperación de Grasas y Aceites, pero este tratamiento no logra una recuperación total, de modo que el residual entre otros como el de Grasas y Aceite tiende a rebasar más de una vez el Limite Máximo Permisible, (Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE), como se podrá apreciar en el Cuadro 5.10 "Características del Efluente de la Planta de Harina y Aceite de Pescado previo a Ingresar al DAF".

**Cuadro 5.10.**

**"Características del Efluente de la Planta de Harina y Aceite de Pescado previo a Ingresar al DAF"**

Parámetros					
% Humedad	% Sólidos Totales	Grasa (ppm)	SST no Grasos (ppm)	% Salinidad	Sólidos Totales Disueltos (ppm)
94.58	5.42	3700	3660	3.16	15240
Limite Máximo Permisible		20	100	-	-

Como se aprecia la concentración de Grasa y SST, sobrepasan fácilmente el Limite Máximo Permisible de estos indicadores para la disposición final de los efluentes en la Bahía del Callao según el D.S. N° 010-2008-PRODUCE, lo que justifica el tratamiento de estos efluentes, con el fin de contravenir la referida norma y por otro lado la recuperación de producto valioso Aceite y Sólidos (Harina).

**5.2. Características de los Efluentes con tratamiento sin enzimas.-** El efluente sometido a la prueba de Jarras se recolecto desde la línea que se conduce al DAF, el mismo cuya característica inicial corresponde a lo precisado en el Cuadro 5.10. "Características del Efluente de la Planta

“El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao”

de Harina y Aceite de Pescado previo a Ingresar al DAF”, pero una vez sometido al protocolo de la prueba de jarras, en la que no se adiciona enzima, se genera espumas por acción del aire y agitación, en estas espumas se adhiere las grasas y aceites, (estas espumas son retenidas en el caso del DAF, en la cual se recupera las grasas y sólidos), en las cantidades y porcentajes que se señalan en el Cuadro 5.11. “Características del Efluente de la Planta de Harina y Aceite de Pescado luego de su tratamiento en la Prueba de Jarras”

**Cuadro 5.11.**  
**“Características del Efluente de la Planta de Harina y Aceite de Pescado luego de su tratamiento en la Prueba de Jarras”**

Cantidad de grasa que ingresa por muestra de 1000ml	EN LAS ESPUMAS			EN EL LIQUIDO			
	% Humedad	% Grasa	% Sólidos Totales	% Humedad	% Sólidos Totales	Grasa (ppm)	% Salinidad
3.700 g	61.36	34.92	38.64	94.86	5.14	2270	3.16
		1.292 g				2.270 g	

**5.3. Características de los Efluentes Tratadas con enzimas.-** Se efectuaron tres pruebas o corridas con el efluente de la Planta de Harina y Aceite de Pescado, utilizándose un volumen de muestra previamente caracterizado como el que se muestra en el Cuadro 5.10., las pruebas se realizaron el día 14 de enero de 2010, se dosificaron dosis crecientes de enzimas (AC – 101- Enzimas Cítricas) para un total de 8 vasos de 1 litro por prueba, de modo que el vaso 1º, actuaba como blanco (no se dosificaba enzimas), dosificándose a partir del segundo vaso, dosis de 2 ppm hasta concluir en el octavo vaso con una dosis de 14 ppm, como se indica en el Cuadro 5.12. “Protocolo de la Prueba de Jarras para demostración de la dosis optima”

**Cuadro 5.12.**  
**“Protocolo de la Prueba de Jarras para demostración de la dosis optima”**

Vasos	1	2	3	4	5	6	7	8
Dosis ppm	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00

El primer vaso sin dosis, representaría o simularía la situación del DAF, ver la Figura 5.32. “Vista que corresponde al DAF de la Fabrica de Harina y Aceite de Pescado que se ubica en la Bahía del Callao”, de la planta que opera en el Tratamiento de los efluentes sin aplicación de ningún producto.

Como resultado de estas pruebas de jarras se obtuvieron los valores de cada uno de los indicadores de cada una de las variables, que nos permitió demostrar la hipótesis.

Los resultados de las pruebas se observan en el Cuadro 5.13. “Resultados de las pruebas de Evaluación de la dosis de Enzimas”

De la revisión de los resultados podemos determinar que en el 4º Vaso para una dosis de 6.00 ppm de enzimas, la eficiencia de recuperación de grasas asciende a 62%, frente a la muestra en blanco que corresponde al 1º Vaso, que solo alcanza 39% de la recuperación, situación que apreciamos en la Figura 5.33. “Dosis de Enzimas (ppm) Vs. Recuperación de Grasas (%)”, mientras en la Figura 5.34. “ Dosis de Enzimas (ppm) Vs. Incremento de la Recuperación de Grasas (%)”, podemos deducir que para una dosis de 6.00 ppm de enzimas se alcanza un incremento de 23% sobre el alcanzado por la muestra en blanco, es decir sin dosis de enzimas.

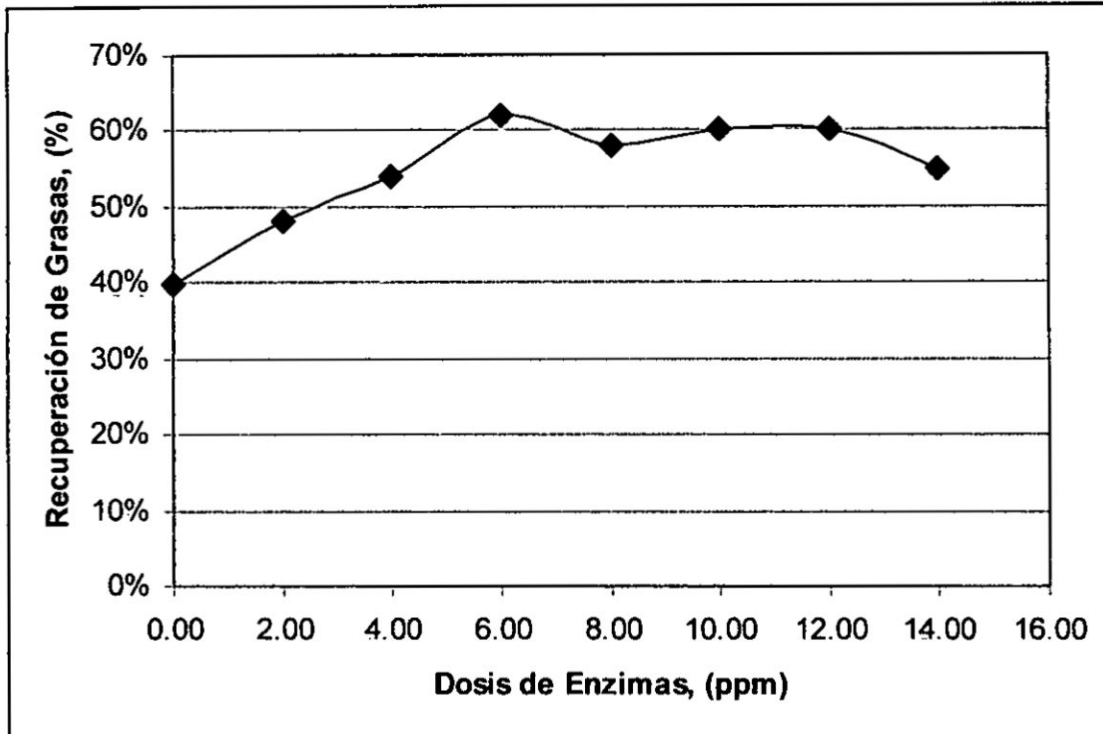
**Cuadro 5.13.**

**“Resultados de las pruebas de Evaluación de la dosis de Enzimas”**

Ensayos	Vasos	Muestra	Espumas Formadas			Líquido al Fondo del Vaso						
			% Humedad	% Grasa	% Sólidos Totales	% Humedad	% Sólidos Totales	Grasa (ppm)	Sólidos Suspendidos No Grasos (ppm)	Sólidos Totales No Grasos y Graso (ppm)	Sólidos Totales Disueltos (ppm)	% Salinidad
<b>Resultados</b>	1°	0.00 ppm	61.36	34.92	38.64	94.86	5.14	2270	3530	5800	14000	3.16
	2°	2.00 ppm	59.67	37.65	40.33	94.94	5.06	1930	2810	4740	14260	3.16
	3°	4.00 ppm	62.05	33.73	37.95	94.99	5.01	1710	3250	4960	13540	3.16
	4°	6.00 ppm	65.83	30.62	34.17	95.00	5.00	1420	3100	4520	13880	3.16
	5°	8.00 ppm	23.75	74.27	76.25	94.92	5.08	1570	3430	5000	14200	3.16
	6°	10.0 ppm	32.83	64.61	67.17	95.03	4.97	1480	1170	2650	15450	3.16
	7°	12.0 ppm	29.38	69.32	70.62	95.01	4.99	1490	1210	2700	15600	3.16
	8°	14.0 ppm	23.48	74.85	76.52	94.90	5.10	1690	1110	2800	16600	3.16
Ensayos	Vasos	Muestra	Cantidad de grasa que ingresa por muestra 1000ml	Cantidad de SST no graso que ingresa por muestra 1000ml	Cantidad de espuma producida por balance humedad	Cantidad líquido producido por balance humedad	Cantidad de grasa que se encuentra en el efluente	Eficiencia recuperación grasa	Incremento en la recuperación grasa	Cantidad de SST no grasos que se encuentra en el efluente	Eficiencia recuperación SST no grasos	Incremento en la recuperación SST no grasos
<b>Resultados</b>	1°	0.00 ppm	3.70 g	3.66 g	8 g	992 g	2.26 g	39%	0%	0.36 g	90%	0%
	2°	2.00 ppm	3.70 g	3.66 g	10 g	990 g	1.92 g	48%	9%	0.28 g	92%	2%
	3°	4.00 ppm	3.70 g	3.66 g	12g	990 g	1.68 g	54%	15%	0.32 g	91%	1%
	4°	6.00 ppm	3.70 g	3.66 g	14 g	986 g	1.40 g	62%	23%	0.30 g	92%	2%
	5°	8.00 ppm	3.70 g	3.66 g	4 g	996 g	1.56 g	58%	19%	0.34 g	91%	1%
	6°	10.0 ppm	3.70 g	3.66 g	8 g	992 g	1.46 g	60%	21%	0.12 g	97%	7%
	7°	12.0 ppm	3.70 g	3.66 g	6 g	994 g	1.48 g	60%	21%	0.12 g	97%	7%
	8°	14.0 ppm	3.70 g	3.66 g	4 g	996 g	1.68 g	55%	15%	0.12 g	97%	7%

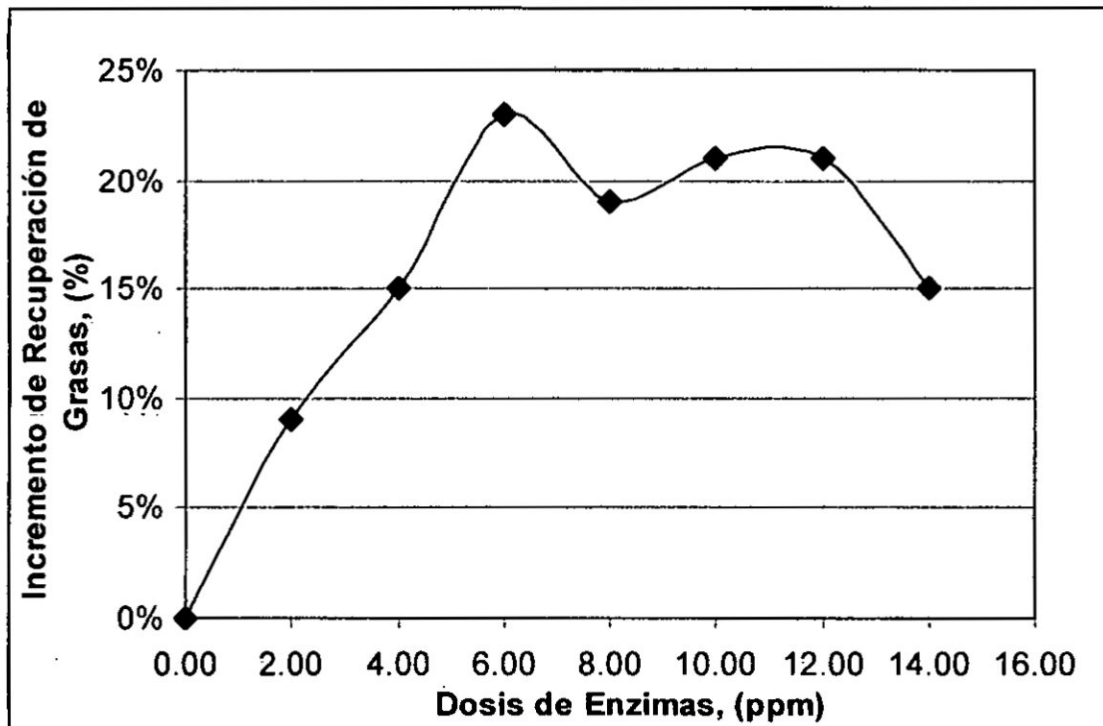
“El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao”

**Figura 5.33.**  
**Dosis de Enzimas (ppm) Vs. Recuperación de Grasas (%).**



Elaboración propia

**Figura 5.34.**  
**Dosis de Enzima (ppm) Vs. Incremento de la Recuperación de Grasas (%)**



Elaboración propia



## CAPITULO VI

### DISCUSIÓN

Los resultados de la prueba de jarras conducida en el laboratorio de Pesquera Diamante, Planta Callao, y cuyo resumen se muestran en el Cuadro 5.13. "Resultados de las pruebas de Evaluación de la dosis de Enzimas", son excelentes desde el punto de vista de que evidencian claramente una respuesta-dosis de la Enzima AC-101 tanto para la recuperación de la grasa como de los sólidos suspendidos no grasos. Por lo tanto, es conveniente señalar el cambio porcentual, o mejoría, derivado del uso del producto.

- 6.1.** Por ejemplo, del Cuadro 5.13., el contenido graso de la muestra no tratada cayó de 3700 ppm a 2270 ppm lo que representa un 38.65 %, mientras la muestra tratada con una dosis de 6 ppm cayó de 3700 ppm a 1420 ppm, o sea 61.62%. El incremento porcentual en la recuperación de grasa es entonces 61.62 % dividido por 38.65 %, que significa un incremento de 59.43 %.
- 6.2.** De otro lado, el contenido de sólidos suspendidos de la muestra no tratada cayó de 3660 ppm a 3530 ppm lo que representa un 3.55 %. La muestra tratada con 6 ppm cayó de 3660 ppm a 3100 ppm ósea 15.30 %. El incremento porcentual en la recuperación de sólidos suspendidos es entonces 15.30 % dividido por 3.55 %, que significa un incremento de 330.77 %.
- 6.3.** Es más, el contenido de sólidos suspendidos de la muestra tratada con 10 ppm cayó de 3660 ppm a 1170 ppm, o sea 68.03 %. El incremento porcentual en la recuperación de sólidos suspendidos es entonces 68.03 % dividido por 3.55 %, que significa un incremento de 1916.33 %.

Para determinar los ahorros potenciales utilizando los resultados de la prueba de jarras, tendríamos que asumir que la grasa y sólidos suspendidos en el ingreso son indicativos de aquellos que normalmente veríamos en planta. Basándonos en los resultados de la prueba referida, y basándonos en un flujo de 750 metros cúbicos por hora de agua de bombeo, podemos determinar la

cantidad aproximada de grasa y sólidos suspendidos que pueden ser recuperados por hora de operación del sistema secundario.

- 6.4.** En línea con lo señalado, utilizando una tasa de tratamiento de 6 ppm del producto de AC-101 para la recuperación de grasa, los resultados de la prueba indican un aumento en la tasa de recuperación:

$$750 \frac{m^3}{hr} \times 3.7 \frac{gr}{L} \times 1000 \frac{L}{m^3} \times \frac{kg}{1000gr} \times \frac{Ton}{1000kg} = 2.775 \frac{Ton}{hr}$$

De los 2.775 ton de grasa por hora que se deriva al DAF, se podrían recuperar 62%, es decir 1.7205 ton de grasa por hora, frente a los 1.082 ton por hora cuando no se dosifica enzimas, lo que equivale a 0.64 ton de grasa por hora recuperada. Utilizando una tasa de tratamiento de 10 ppm, el aumento en la tasa de recuperación de grasa permanecería aproximadamente la misma a 0.600 toneladas por hora, pero la tasa de recuperación de sólidos suspendidos aumentaría en 1.77 toneladas por hora desde 0.12 toneladas por hora a un nivel de 1.89 toneladas por hora.

- 6.5.** Si se considera que, de ser aplicables a escala industrial los resultados de estas pruebas, se recobrarían adicionalmente cada año en 2000 horas de operación de la Planta Callao, unas 1200 toneladas de aceites de pescado, y 3540 toneladas de sólidos, que a razón de 4.30 toneladas de pescado por una tonelada de harina, se convertirían a 823 toneladas de harina. A los precios promedio de Julio 2010 proporcionados por el ministerio de pesquería, de aproximadamente US\$800.00/Ton para aceites de pescado y de US\$ 1,500.00/Ton. para harinas de pescado, los valores correspondientes serían de US\$ 960.000.00 (por concepto de Aceite de pescado) y US\$ 1'234,500.00 (por concepto de Harina recuperada), siendo el total recuperado de US\$ 2'194,500.00 anuales.
- 6.6.** A la recuperación adicional de sólidos y aceite de pescado, significaría que habría una reducción considerable de la contaminación del mar por el efluente del tanque DAF evitándose posibles sanciones de parte de DIGESA y / o del Ministerio del Ambiente.

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1. Conclusiones:

7.1.1. Los efluentes generados por la Industria de Harina y Aceite de Pescado esta constituido por tres efluentes, el agua de bombeo, la sanguaza y el agua de cola, estos mezclados adquieren la siguiente característica:

Humedad:	94.58 %
Sólidos Totales:	05.52 %
Grasa:	03.7 g/L
Sólidos Suspendidos Totales:	03.66 g/L
Salinidad:	03.16 %
Sólidos Totales Disuelto:	15.240 g/L

7.1.2. Los efluentes tratados a nivel de laboratorio sin aplicación de enzimas, simulando la situación del DAF de planta, obtuvo la siguiente caracterización: Contenido de grasa 3.7 g/L.

#### En las Espumas:

Humedad:	61.36 %
Grasa:	34.92 %
Sólidos Totales:	38.64 %

#### En el Líquido:

Humedad:	94.86 %
Sólidos Totales:	05.14 %
Grasa:	02.270 g/L
Salinidad:	03.16 %

7.1.3. El efecto logrado por la dosificación de las enzimas en las pruebas de jarras para la simulación el proceso DAF de recuperación de grasas y aceites, se obtuvo el siguiente resultado, para una dosis de 6 ppm de enzimas:

#### En las Espumas formadas:

Humedad:	65.83 %
Grasa:	30.62 %
Sólidos Totales:	34.17

#### En el Líquido al fondo del vaso:

Humedad:	95.00 %
----------	---------

Sólidos Totales: 05.00 %  
Grasa: 1420 ppm  
Sólidos Suspendidos no grasos: 3100 ppm  
Sólidos Totales no grasos y grasos: 4520 ppm  
Sólidos Totales Disueltos: 13880 ppm  
Salinidad: 03.16 %

**7.1.4.** La eficiencia de recuperación por efecto de la dosificación de las enzimas en las pruebas de jarras para la recuperación de grasas y aceites, a partir de una muestra que inicialmente contenía 3.70 g/L de grasas, 3.66 g/L de SST no grasos, se obtuvieron los siguientes resultado para una muestra sin dosificación y otra que recibió la dosificación de 6 ppm de enzimas:

Muestra sin dosificación:

Cantidad de espuma producida:	8 g
Cantidad de líquido producido por balance de humedad:	992 g
Cantidad de grasa que se encuentra en el efluente:	2.26 g
Eficiencia de recuperación de grasa:	39.0 %
Incremento en la recuperación de grasa:	0.0 %
Cantidad de SST no grasos en el efluente:	0.36 g
Eficiencia recuperación SST no grasos:	90.0 %
Incremento en la recuperación SST no grasos:	0.0 %

Muestra con dosificación (6 ppm):

Cantidad de espuma producida:	10 g
Cantidad de líquido producido por balance de humedad:	986 g
Cantidad de grasa que se encuentra en el efluente:	1.40 g
Eficiencia de recuperación de grasa:	62.0 %
Incremento en la recuperación de grasa:	23.0 %
Cantidad de SST no grasos en el efluente:	0.30 g
Eficiencia recuperación SST no grasos:	92.0 %
Incremento en la recuperación SST no grasos:	2.0 %

**7.2. Recomendaciones:**

**7.2.1.** La experiencia realizada en la dosificación de enzimas en el tratamiento de los efluentes provenientes de la industria de harina y aceite de

pescado, y de los resultados obtenidos, nos permite recomendar el uso en las unidades DAF, dado que al reducir la tensión superficial por su característica surfactante se generan mayor número, de micro burbujas y por ende incrementar la recuperación de grasas y aceites, por un lado, mientras por otro lado este efecto también a su vez permite concentrar los Sólidos Totales y con ello la recuperación de Harinas.

- 7.2.2.** Es conveniente la dosificación de eximas, dado que las mismas son catalizadoras del proceso de biodegradación de la materia orgánica, lo que permite reducir la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), y con ello contribuye a mejorar la calidad del efluente para su disposición final y por ende reducir la Contaminación Ambiental por este concepto.
- 7.2.3.** La presencia de los DAF, en el tratamiento de los efluentes generados en las plantas de pesqueras de fabricación de harina y aceites de pescado, ha sido concebida con la finalidad de recuperar grasas y aceites, así como sólidos, es decir materia prima, sin embargo estas no recuperan al 100% estos materiales, cuyas concentraciones no recuperadas superan los LMP, ahora exigidos por el Decreto Supremo N° 010-2008-Produce del 30 de Abril del 2008, por ello es necesario que se implementen plantas completas para tratar los efluentes previos a su disposición final, dado que entre otros elementos la Demanda Bioquímica de Oxígeno, ( $DBO_5$ ), es sumamente alta.
- 7.2.4.** La gran utilidad de las enzimas en los procesos de tratamiento de deságües en procesos biológicos, por ser sustancias biocatalizadores, justifican que se desarrolle investigaciones que permitan su obtención industrial y con ello maximizar su uso.

## CAPITULO VIII REFERENCIALES

1. ACHOUR, M., KHELIFI, O., BOUAZIZI, I., y HAMDY, M. Design an integrated bioprocess for the treatment of tuna processing liquid effluents. Process Biochemistry. 2000, Vol. 35:1014–1017.
2. AFONSO, M.D., y BORQUEZ, R. Nanofiltration of wastewaters from the fish meal industry. Desalination. 2002, Vol. 151: 131–138.
3. AN, H., y VISESSANGUAN, W. Recovery of enzymes from seafood processing wastes. En N.F.Haard y B.K. Simpson (Eds.), Seafood Enzymes. Utilization and influence on postharvest seafood quality. 2000, (pp. 641–664). New York: Marcel Dekker, Inc.
4. ASBJORN, G. Enzymes and bioactive peptides from fish waste related to fish silage, fish feed and fish sauce production. Journal of Aquatic Food Product Technology. 2004, Vol. 13: 3–11.)
5. AURREKOETXEA, G., y PERERA, M.N. Aprovechamiento de recursos pesqueros infrautilizados para la obtención de alimentos mejorados para el cultivo de peces. Boletín Instituto Español de Oceanografía. 2002. Vol. 18: 87–93.
6. AZAD, S.A., VIKINESWARY, S., RAMACHANDRAN, K.B., y CHONG, V.C. Growth and production of biomass of *Rhodovulum sulfidophilum* in sardine processing wastewater. Letters in Applied Microbiology. 2001. Vol. 33: 264–268.
7. BECHTEL, P.J. Properties of stickwater from fish processing byproducts. Journal of Aquatic Food Product Technology. 2005. Vol. 14: 25–38.
8. CASTILLO, P., RAO, R., & LIUZZO, J. Potential of acid activated clay in the clarification of menhaden stickwater. Journal of Environmental Science and Health. 1987. Vol. 4: 471–489.
9. CASTILLO-YÁÑEZ, F.J., PACHECO-AGUILAR, R., GARCÍA-CARREÑO, F.L., y NAVARRETE-DEL TORO, M.A. Characterization of acidic proteolytic enzymes from Monterey sardine (*Sardinops sagax caerulea*) viscera. Food Chemistry. 2004. Vol. 85: 343–350.

10. CASTILLO-YÁÑEZ, F.J., PACHECO-AGUILAR, R., GARCÍA-CARREÑO, F.L., NAVARRETE-DEL TORO, M.A., y FÉLIX-LÓPEZ, M. Purification and biochemical characterization of chymotrypsin from the viscera of Monterey sardine (*Sardinops sagax caerulea*). Food Chemistry. 2006. Vol. 99: 252–259
11. CIVIT, E.M., PARÍN, M., y LUPÍN, H.M. Recovery of protein and oil from fishery bloodwater waste. Water Research. 1982. Vol. 16: 809–814.
12. DEL VALLE, J., y AGUILERA, J. Physicochemical characterization of raw fish and stickwater from fish meal production. Journal of Science Food and Agriculture. 1991. Vol. 54: 429–441.
13. DEL VALLE, J., y AGUILERA, J. Recovery of liquid byproducts from fish meal factories: A review. Process Biochemistry. 1990. Vol. 25: 122–131.
14. DIJKSTRA, H.P., GERARD, P.M., VAN, K., y VAN-KOTEN, G. The use of ultra - and nanofiltration techniques in homogeneous catalyst recycling. Accounts of Chemical Research. 2002. Vol. 35: 798–810.
15. GILDBERG, A. Enzymatic processing of marine raw materials. Process Biochemistry. 1993. Vol. 28: 1–15.
16. GIORNO, L., y DRIOLI, E. Biocatalytic membrane reactors: Applications and perspectives. Trends in Biotechnology. 2000. Vol. 18: 339–349.
17. GONZÁLEZ, J.F. Wastewater treatment in the fishery industry. FAO Fisheries technical 1996. pp 355. Roma: FAO.
18. GUERRERO, L., OMIL, F., MÉNDEZ, R., y LEMA, J. Protein recovery during the overall treatment of wastewaters from fish-meal factories. Bioresource Technology. 1998. Vol. 63: 221–229.
19. HART, O. y SOUIRES, R.C. The role of membrane technology in industrial water and wastewater management. Desalination. 1985. Vol. 56: 69–87.
20. HONG, K.N., y MEYERS, S.P. Crawfish chitosan as a coagulant in recovery of organic compounds from seafood processing streams. Journal of Agricultural. and Food Chemistry. 1989. Vol. 37: 580–583.
21. HUBER TECHNOLOGY INC. Wastewater treatment in the fish processing industry. Company-owned wastewater treatment plant with biological step. Bodenmais, Germany, 1997.

22. JACOBSEN, F., & RASMUSSEN, O. Energy savings through enzymatic treatment of stickwater in the fishmeal industry. Process Biochemistry. 1984. Vol. 19:165– 169.
23. JACOBSEN, F. Effect of enzymatic treatment of stickwater on evaporator capacity and fouling. Process Biochemistry. 1985. Vol. 20: 103–108.
24. KARRICK, N.L. Fishmeal quality, Industrial fishery technology (pp. 253–259). New York: Reinhold Publications Co. 1963.
25. LIM, J., KIM, T., y HWANG, S. Treatment of fishprocessing wastewater by co-culture of *Candida rugopelliculosa* and *Brachionus plicatilis*. Research note. Water Research. 2003. Vol. 37: 2228–2232.
26. MAMERI, N., ABDESSEMED, D., BELHOCINE, D., LOUNICI, H., GAVACH, C., SANDEAUX, J., y SANDEAUX, R. Treatment of fishery washing water by ultrafiltration. Journal of Chemical Technology y Biotechnology. 1996. Vol. 67: 169–175.
27. MARTÍNEZ, A., y SERRA, J.L. Proteolytic activities in the digestive tract of anchovy (*Engraulis encrasicolus*). Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 1989. Vol. 93: 61–66.
28. MILLER, J.D., HUPTKA, J., NIEWIADOMSKI, M., FLORES, B.B., y MORSE, M. Advanced wastewater treatment for the fish processing industries near Ensenada, Baja California. México: Universidad Autónoma de Baja California, Proyecto número W-00-3. 2001. pp. 1–28.
29. No, H.K., y Meyers, S.P. Crawfish chitosan as a coagulant in recovery of organic compounds from seafood processing streams. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1989<sup>a</sup>. Vol. 37: 580–583.
30. No, H.K., y Meyers, S.P. Recovery of amino acids from seafood processing wastewater with a dual chitosan-based ligand-exchange system. Journal of Food Science. 1989<sup>b</sup>. Vol. 54: 60–62.
31. PRAKASH, P., y SENGUPTA, A. (2003). Selective recovery from water treatment plant residuals using donnan membrane process. Environment Science Technology. 2003. Vol. 37: 4468–4474.



32. RUSTAD, T. Utilization of marine by-products. Electronic Journal of Environmental Agricultural and Food Chemistry. 2003. Vol. 2: 458–463.
33. SMILEY, S., CRAPO, C., REPPOND, K.D., y PRINYAWIWATKUL, W. Biochemical and functional properties of herring (*Clupea harengus*) byproduct hydrolysates. Journal of Food Science. 2003. Vol. 68: 2196–2200.
34. SATHIVEL, S., BECHTEL, P.J., BABBITT, J., PRINYAWIWATKUL, W., NEGGULESCU, I.I., y REPPOND, K.D. Properties of protein powders from arrowtooth flounder (*Atheresthes stomias*) and herring (*Cuplea harengus*) byproducts. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2004. Vol. 52: 5040–5046.
35. SATHIVEL, S., BECHTEL, P.J., BABBITT, J.K., PRINYAWIWATKUL, W., y PATTERSON, M. Functional, nutritional, and rheological properties of protein powders from arrowtooth flounder and their application in mayonnaise. Journal of Food Science. 2005. Vol: 70: 57–63.
36. SATHIVEL, S., y BECHTEL, P.J. Properties of soluble protein powders from Alaska pollock (*Theragra chalcogramma*). International Journal of Food Science and Technology. 2006. Vol. 41: 520–529.
37. SCHAFFELD, G., BRUZZONE, P., ILLANES, A., CUROTTO, M., y AGUIRRE, C. Enzymatic treatment of stickwater from fishmeal industry with the protease from *Curcubita fiscifolia*. Biotechnology Letters. 1989. Vol. 11: 521–522.
38. SHAHIDI, F., y JANAK, K. Y. Enzymes from fish and aquatic invertebrates and their application in the food industry. Trends in Food Science & Technology, 2001. Vol. 12: 435–464.
39. TCHOBANOGLOUS, G., BURTON, F., y STENSEL, H. Wastewater Engineering, Treatment and reuse. 4th ed. New York: McGraw Hill. 2003.
40. TOMA, R., y MEYERS, S. Isolation and Chemicals evaluation of protein from shrimp cannery effluent. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1975. Vol. 23: 632–635.
41. WELSH, F. W., y ZALL, R. R. Fish scales: A coagulating aid for the recovery of food processing wastewater colloids. Process Biochemistry, 1980 Ene/Feb, pp 14–23.

**"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"**

- 42. WINTGENS, T., GALLENKEMPER, M., y MELIN, T. Endocrine disrupter removal from wastewater using membrane bioreactor and nanofiltration technology. Desalination. 2002. Vol. 146: 387–391.**
- 43. WU, T.Y., MOHAMMAD, A.W., ANUAR, N., y RAHMAN, R.A. Potential use of nanofiltration membrane in treatment of wastewater from fish and surimi industries. Songklanakarin Journal Science Technology. 2002. Vol. 24: 977–987.**

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

## CAPITULO IX

### APÉNDICE

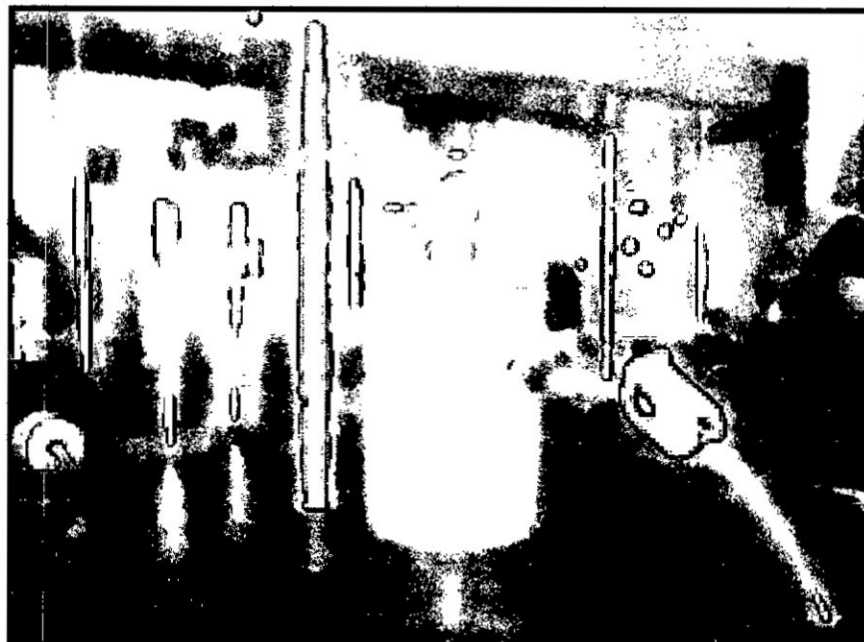
**Tablas:**

**Tabla 3.1. "Alternativas Tecnológicas para el Tratamiento de Efluentes de la industria de Harina y Aceites de Pescado"**

DESCARGA/BOMBEO		
TAMIZADO		
RECIRCULACIÓN		
SEPARACIÓN DE PROTEÍNAS Y GRASAS	Flotación Precipitación Centrifugación Ultra filtración	
ALTERNATIVAS DE ACABADO	Digestión anaeróbica Tratamiento aeróbico Emisario	
DESTINO MATERIA ORGÁNICA RECUPERADA	Proceso	
	Descarte	Relleno Sanitario, Fertilizante
SISTEMAS DE DESCARGA		
PROCESO		
RECIRCULACIÓN		
ENFRIAMIENTO		
SEPARACIÓN DE GRASAS	Flotación, Electroflotación	
EMISARIO		
LAVADO		
ALTERNATIVAS	Decantación	
	Digestión anaeróbica	
	Evaporación/Tratamiento de grasas	
DESTINO DE SÓLIDOS	Fertilizantes, Relleno Sanitario	

**Figuras:**

**Figura 3.4. "Vista que nos muestra el efluente generado en planta"**



"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

Figura 3.5. "Vista que nos muestra el efluente tratado en el DAF"



Figura 3.6. "Diagrama de Flujo de Planta de Tratamiento DAF"

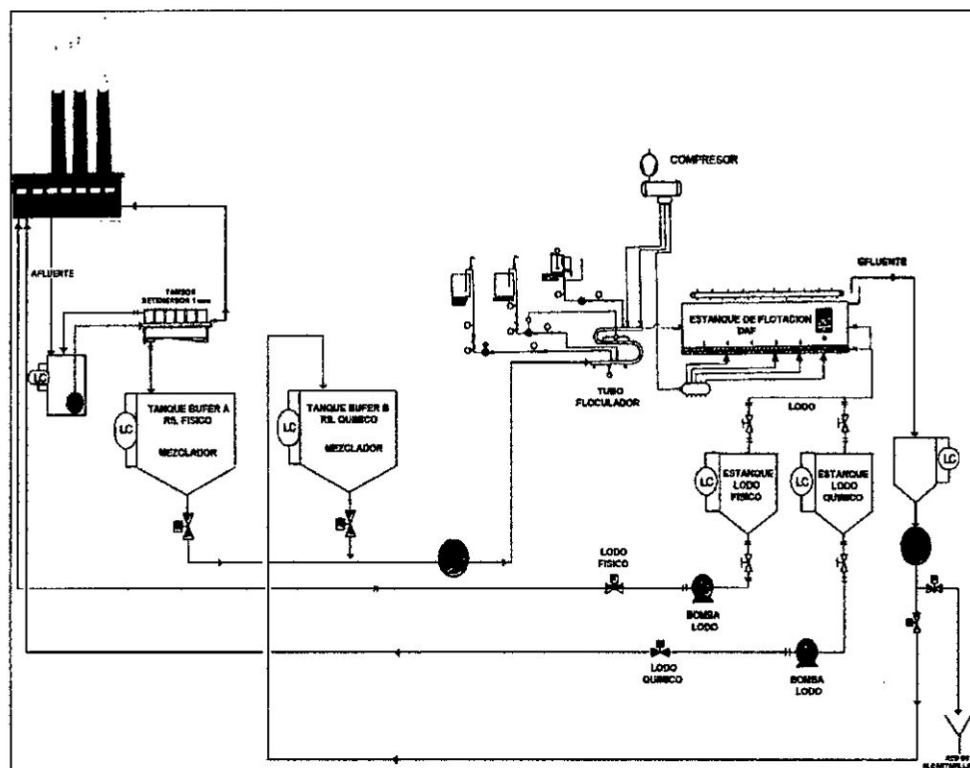
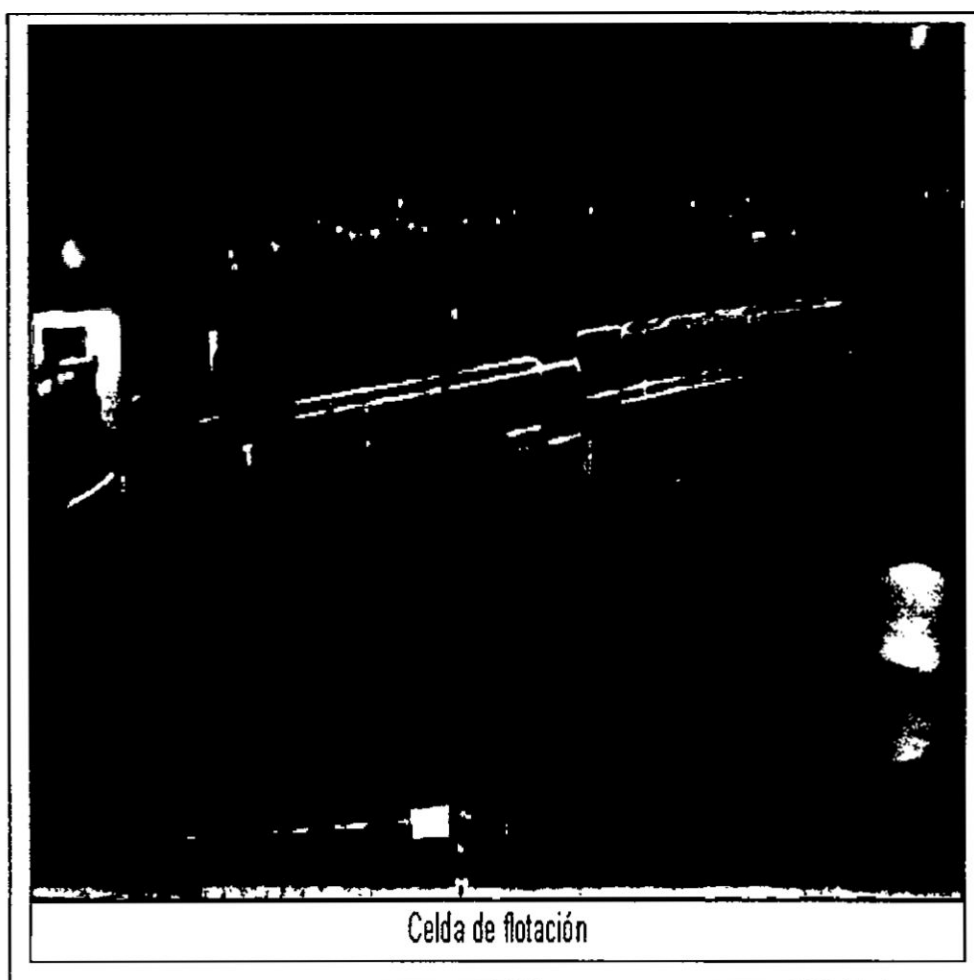


Figura 3.7. "Equipo de "Jar-test"



Figura 5.32. "Vista que corresponde al DAF de la Fabrica de Harina y Aceite de Pescado que se ubica en la Bahía del Callao"



## CAPITULO X

### ANEXOS

#### Tablas:

**Tabla 3.2. “Límites Máximo Permisibles de los Efluentes para su Vertimiento al Mar”**

Parámetros Contaminantes	I	II	III	Método de Análisis	Formato
	Límites Máximo Permisibles de los Efluentes que serán vertidos dentro de la zona de Protección Ambiental Litoral (a)	Límites Máximo Permisibles de los Efluentes que serán vertidos fuera de la zona de Protección Ambiental Litoral (a)	Límites Máximo Permisibles de los Efluentes que serán vertidos fuera de la zona de Protección Ambiental Litoral (b)		
Aceites y Grasas	20 mg/L	$1.5 \times 10^3$ mg/L	$0.35 \times 10^3$ mg/L	Standart Methods for Examination of Water, 20 <sup>th</sup> . Ed. Method 5520D. Washington; Equipo Automático Extracor Soxhlet	Los valores consisten en el promedio diario de un mínimo de tres muestras de un compuesto según se establece en la Resolución Ministerial N° 003-2002-PE
Sólidos suspendidos Totales (SST)	100 mg/L	$2.5 \times 10^3$ mg/L	$0.70 \times 10^3$ mg/L	Standart Methods for Examination of Water, 20 <sup>th</sup> . Ed. Part. 2540D. Washington	
pH	6 - 9	5 - 9	5 - 9	Protocolo de Monitoreo aprobado por Resolución Ministerial N° 003 - 2002-PE	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	≤ 60 mg/L	(c)	(c)	Resolución Ministerial N° 003 - 2002-PE (d)	

(a) La zona de Protección Ambiental Litoral establecida en la presente norma es para uso pesquero.

(b) De obligatorio cumplimiento a partir de los 2 años posteriores a la fecha en que sean exigibles los LMP señalados en la columna anterior.

(c) Ver Segunda Disposición Complementaria y Transitoria.

(d) El protocolo de Monitoreo será actualizado.

**Fuente: Decreto Supremo N° 010 – 2008 – PRODUCE del 30 de abril de 2008**

**Tabla 3.3. “Formaciones vegetales según tipo de ecosistema”**

En Humedales:	En Valles:	En Desierto:	En Zona Marino - Continental:
• Salicornial	• Gramíneas	• Tilansiales	• Comunidad de algas de orilla
• Gramadal	• Asteráceas	• Especies xerofíticas	
• Vega de ciperáceas	• Poáceas		
• Totoral	• Fabaceas		
• Zona arbustiva			
• Cuerpos de agua			

**Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial**

“El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao”

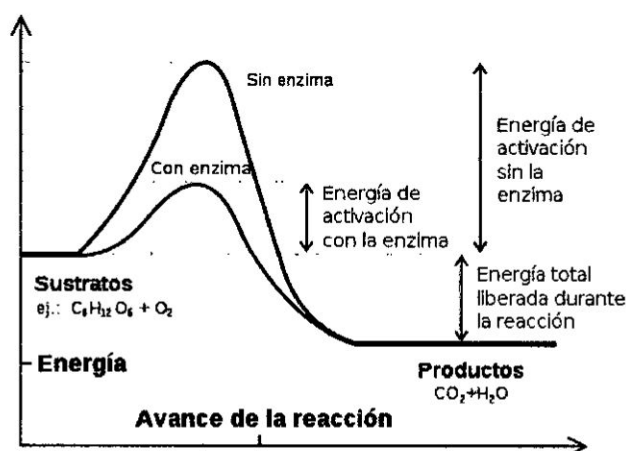
**Tabla 3.4. “Densidad Poblacional en la Provincia Constitucional del Callao por Distritos según Censo INEI 1972 - 2007”**

Distrito	1972	1981	1993	2007
Provincia Constitucional del Callao	2,185.5	3,016.8	4,352.5	5,966.0
Callao	4,349.9	5,831.2	8,100.1	9,110.4
Bellavista	8,711.4	14,733.3	15,716.0	16,483.1
Carmen de la Legua Reynoso	12,284.4	18,217.5	17,994.8	19,746.7
La Perla	12,149.1	16,957.8	21,512.7	2122,435.6
La Punta	8,929.3	8,305.3	8,653.3	5,826.7
Ventanilla	228.3	252.3	1,285.3	3,779.9

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1972, 1981, 1993 y 2007.

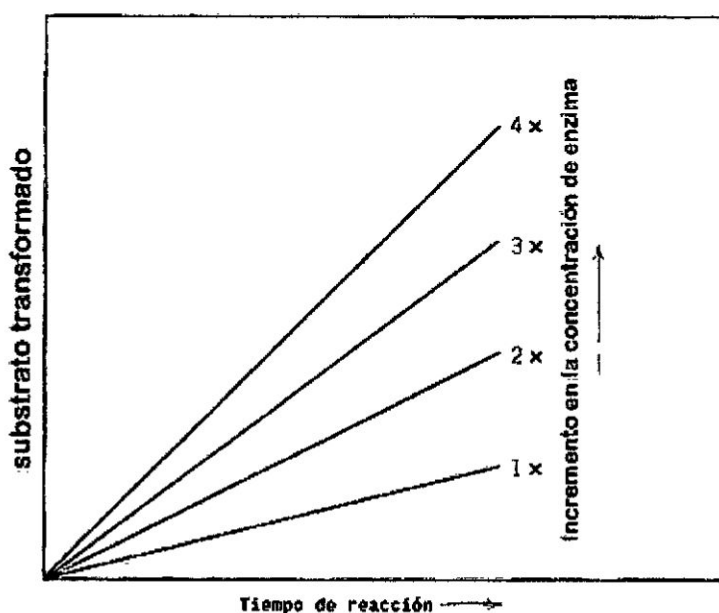
**Figuras:**

**Figura 3.1. Reacción catalizada por una Enzima**



Fuente: Ferguson, S. J. (2002). Bioenergetics 3 (3rd edición). San Diego: Academic

**Figura 3.2. “Efecto de la Concentración de enzima sobre la velocidad de reacción”**



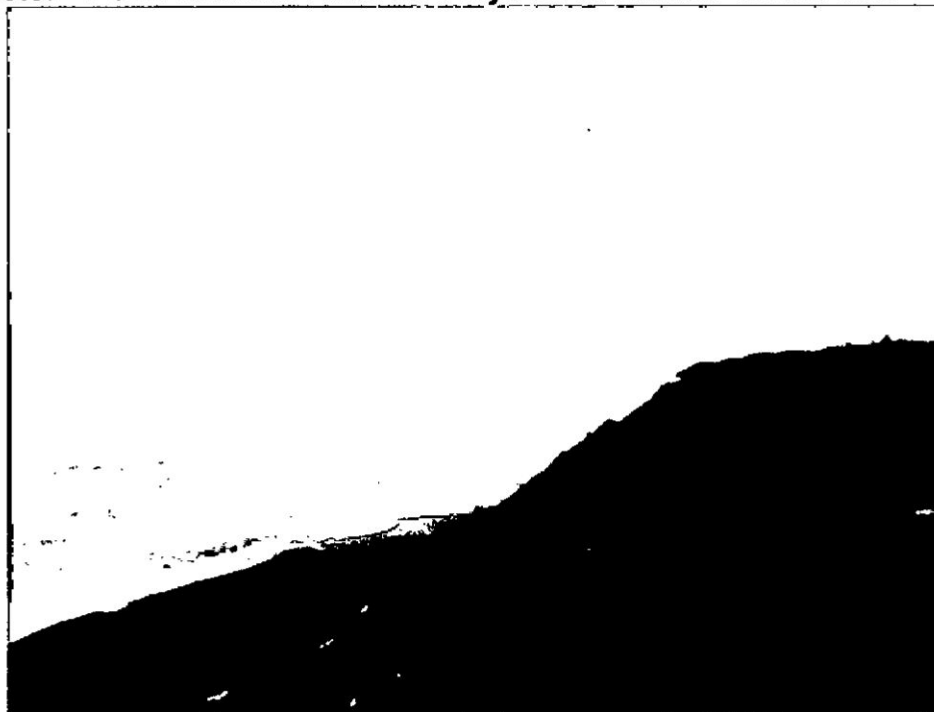
Fuente: Ferguson, S. J. (2002). Bioenergetics 3 (3rd edición). San Diego: Academic





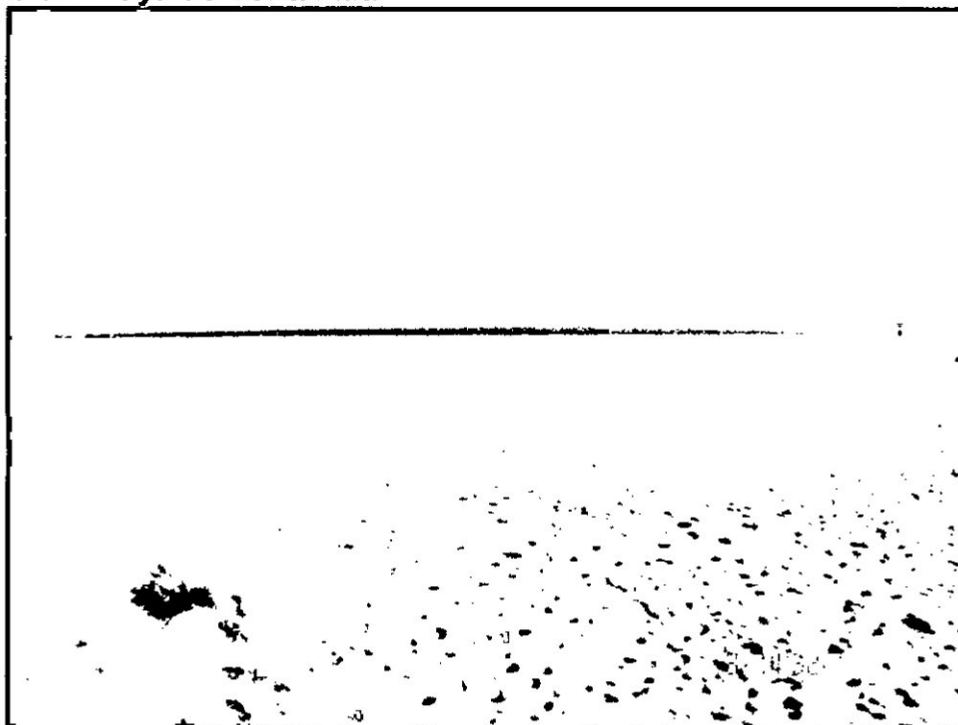
"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

**Figura 3.5. "Perfil Costero Zona de Playa en el Distrito de la Perla"**



**Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial**

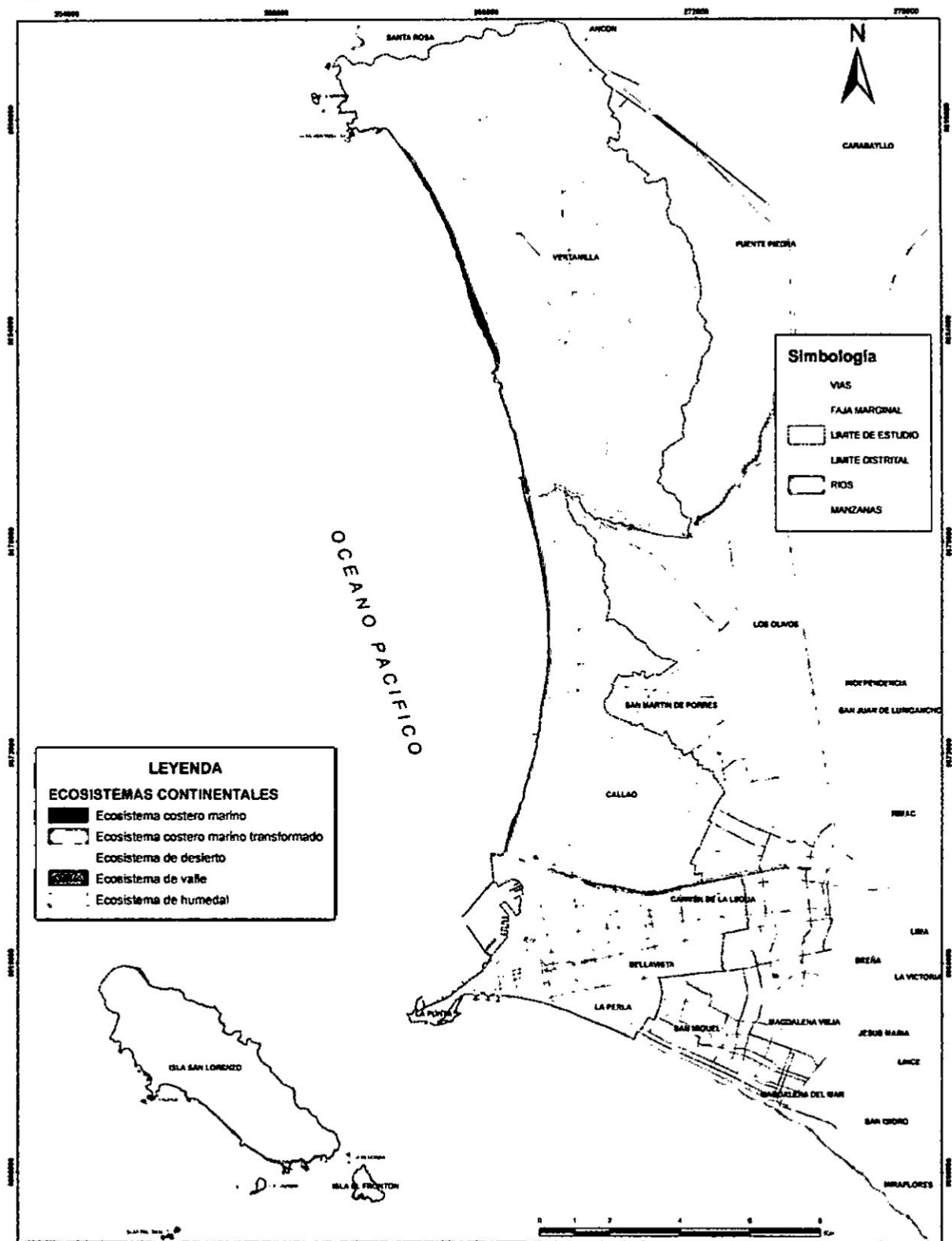
**Figura 3.6. "Playa de Ventanilla"**



**Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial**

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

Figura 3.7. "Ecosistemas Continentales"



Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

**Figura 3.8. "Manchal de Herbaceas"**



Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial

**Figura 3.9. "Comunidad de Musgos"**



Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial

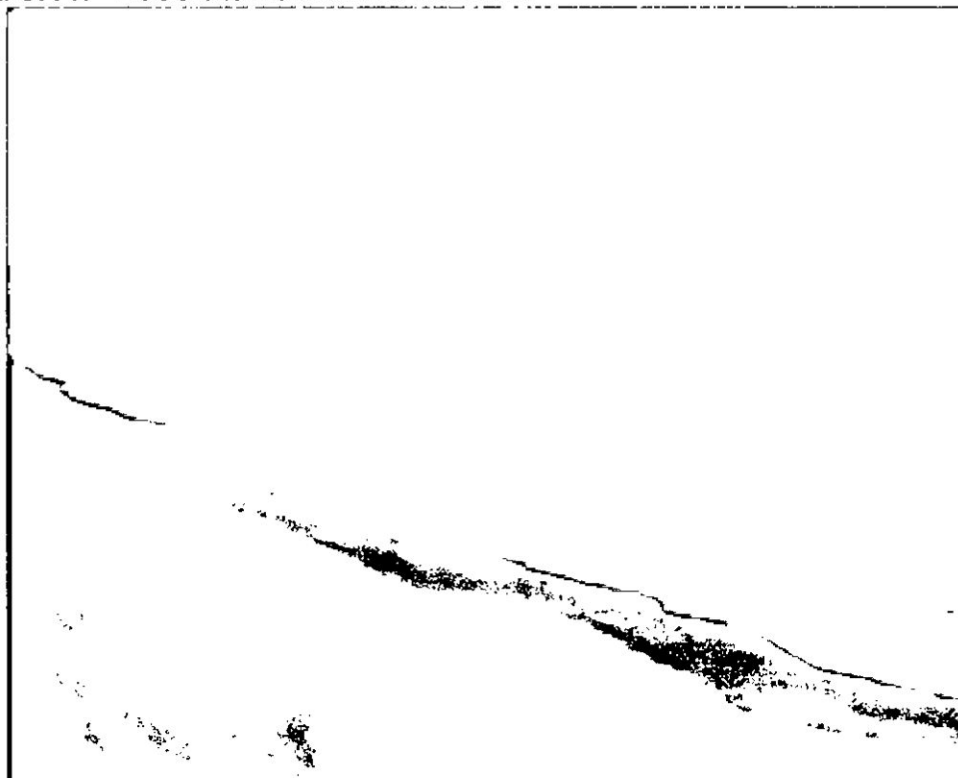
"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

**Figura 3.10. "Detalle de musgo sobre sustrato rocoso"**



**Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial**

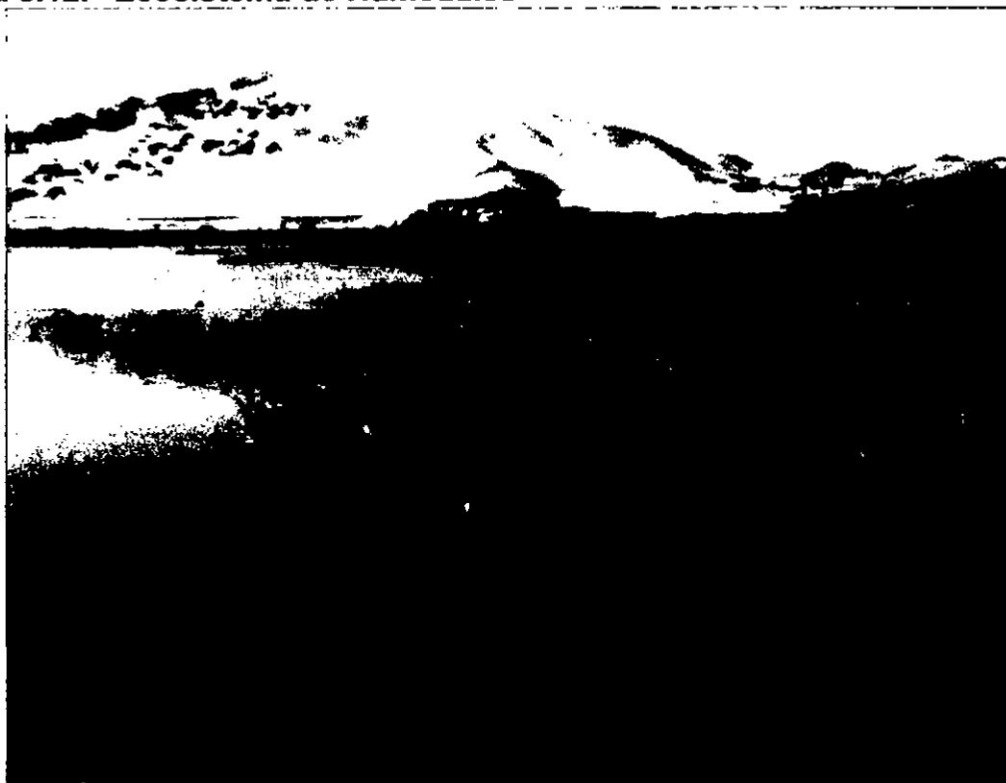
**Figura 3.11. "Ecosistema marino costero"**



**Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial**

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

**Figura 3.12. "Ecosistema de Humedales"**



Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial

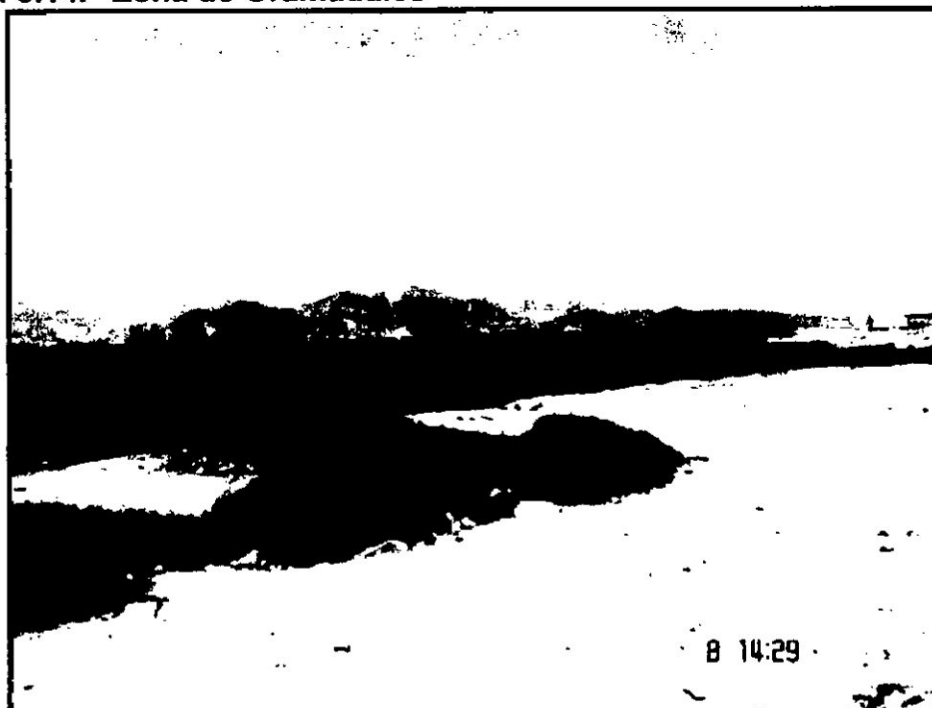
**Figura 3.13. "Otra vista de los Humedales salobres"**



Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

**Figura 3.14. "Zona de Gramadales"**



Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial

**Figura 3.15. "Vista río Chillón"**



Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

**Figura 3.16. "Vista río Rimac"**



Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial

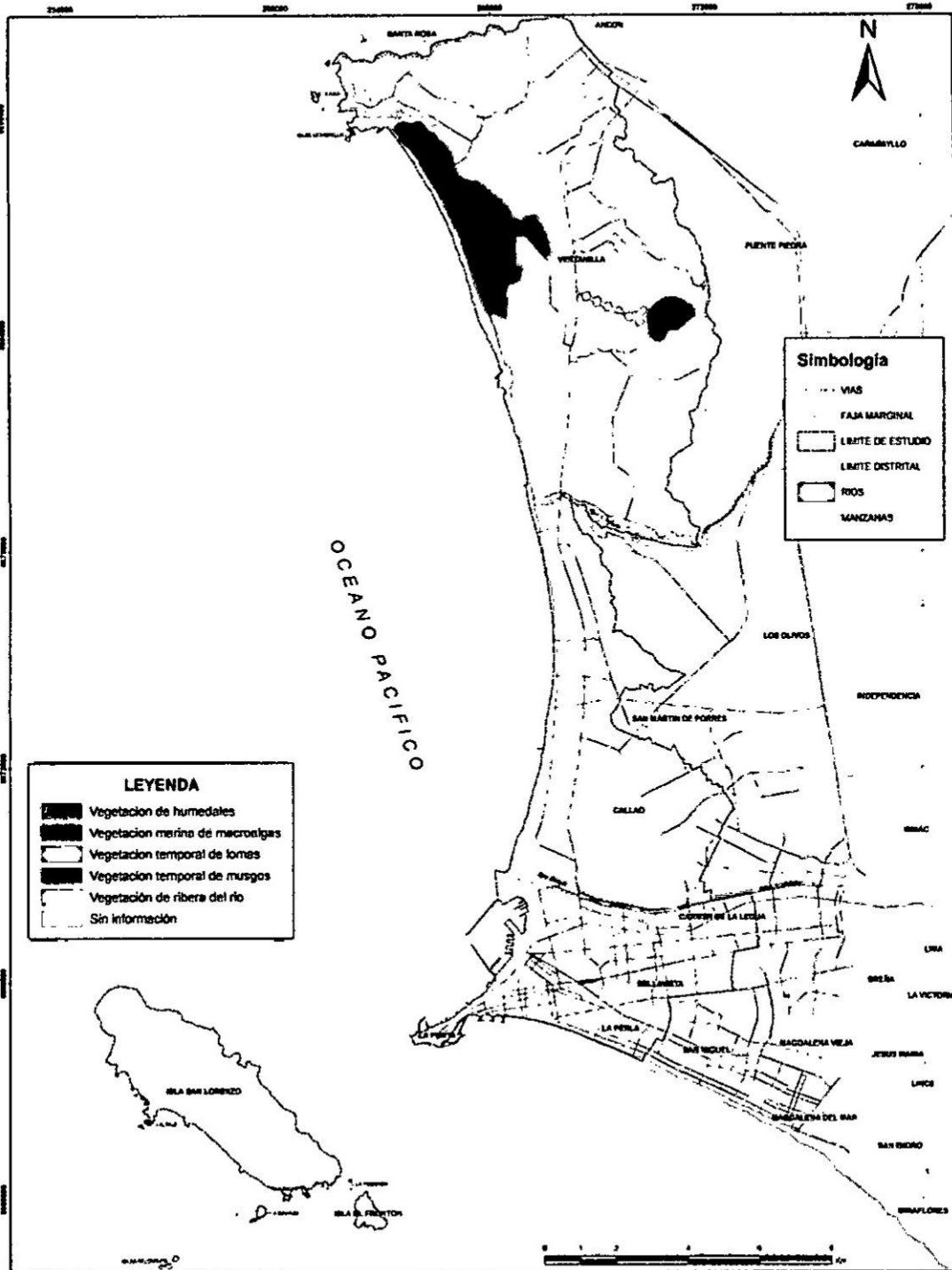
**Figura 3.17. "Contaminación de los delta de los ríos"**



Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

Figura 3.18. "Distribución de la Vegetación Continental Silvestre y Temporal"



Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial



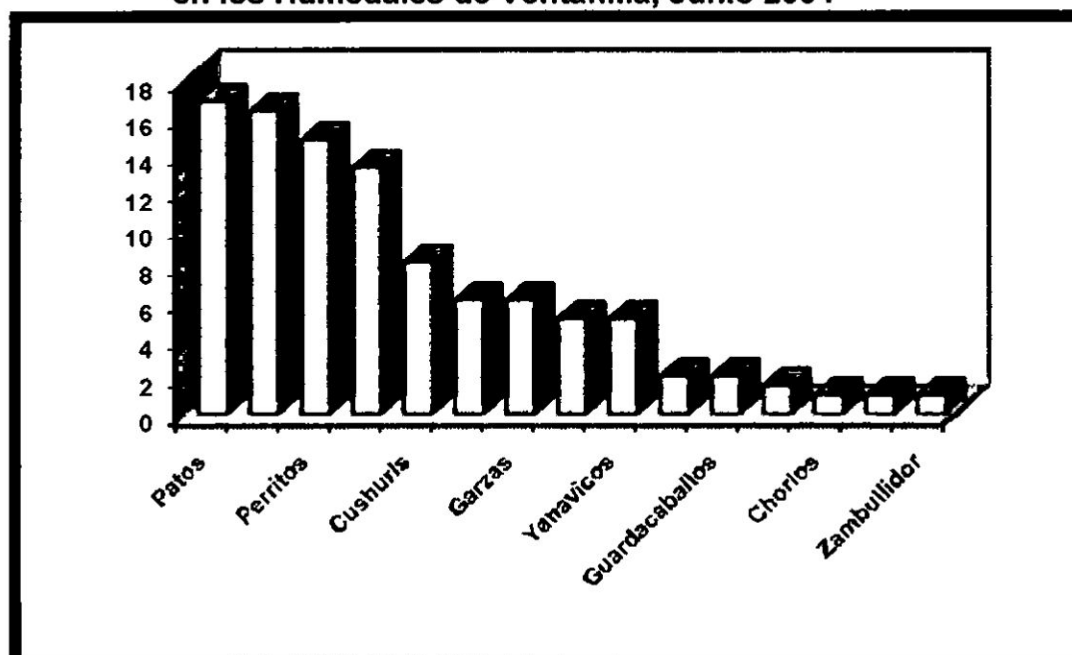
"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

Figura 3.21. "Botadero en las riveras de los Ríos"



Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial

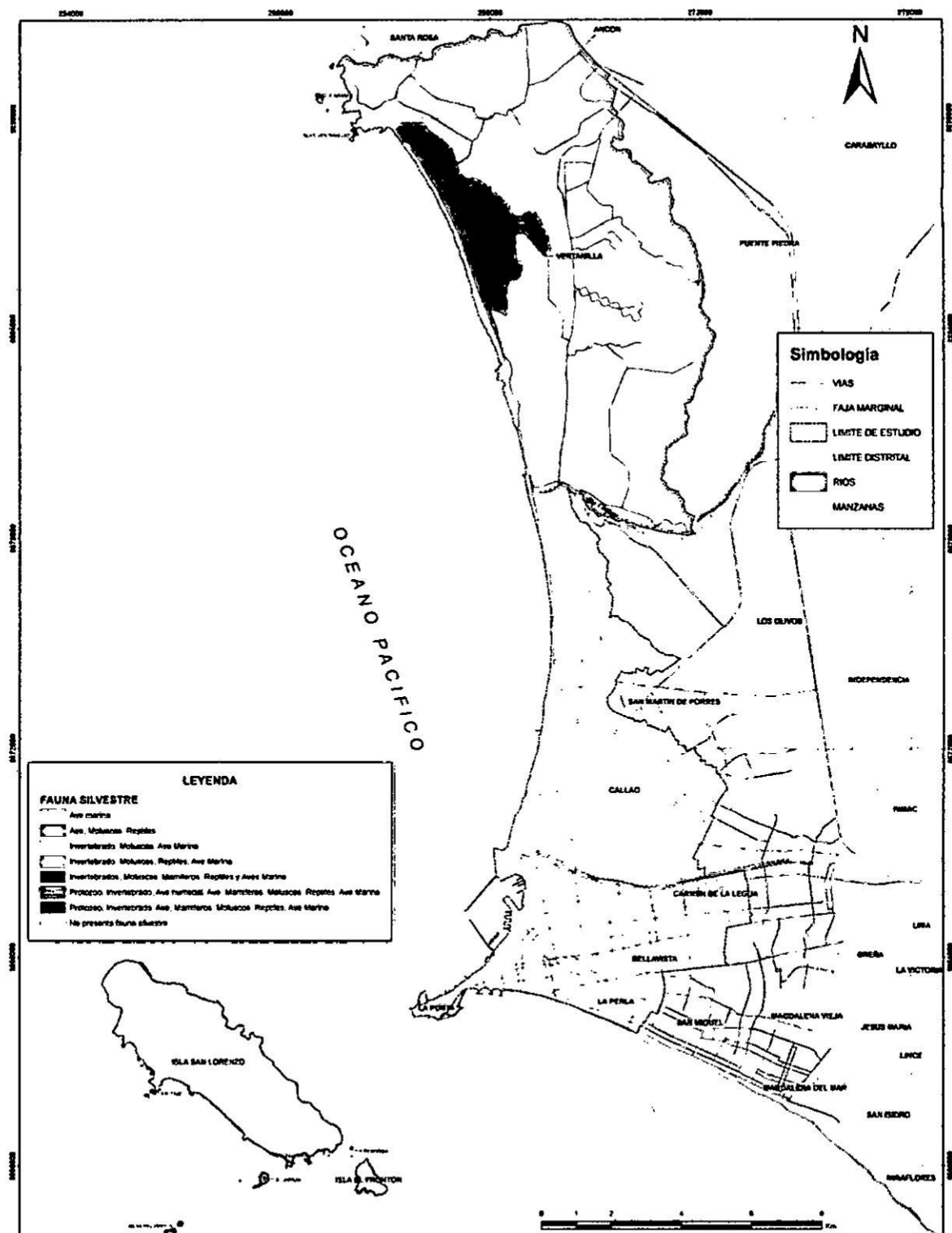
Figura 3.22. "Abundancia en porcentajes por grupos de aves registradas en los Humedales de Ventanilla, Junio 2004"



Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

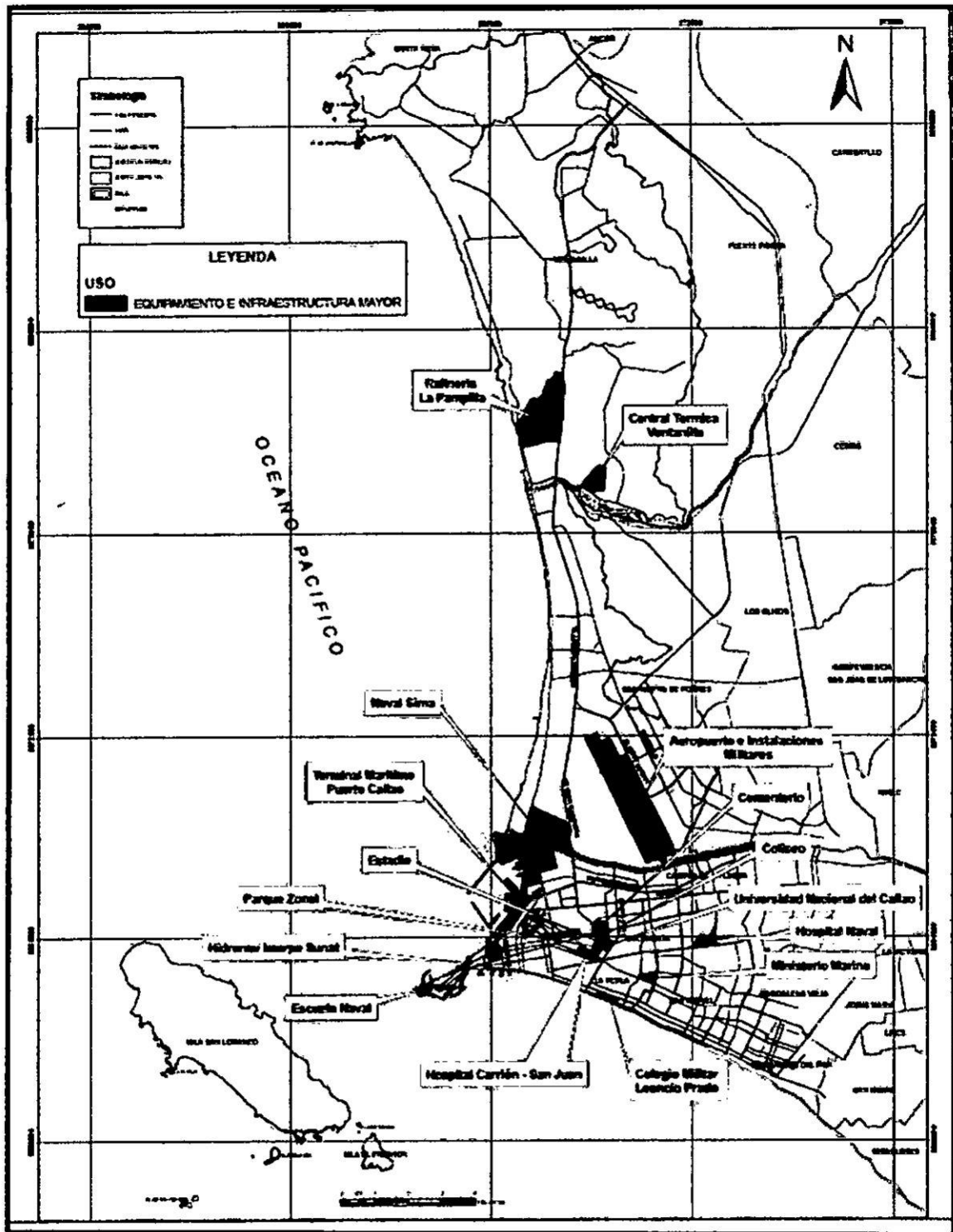
Figura 3.23. "Distribución de la Fauna Silvestre Continental"



Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

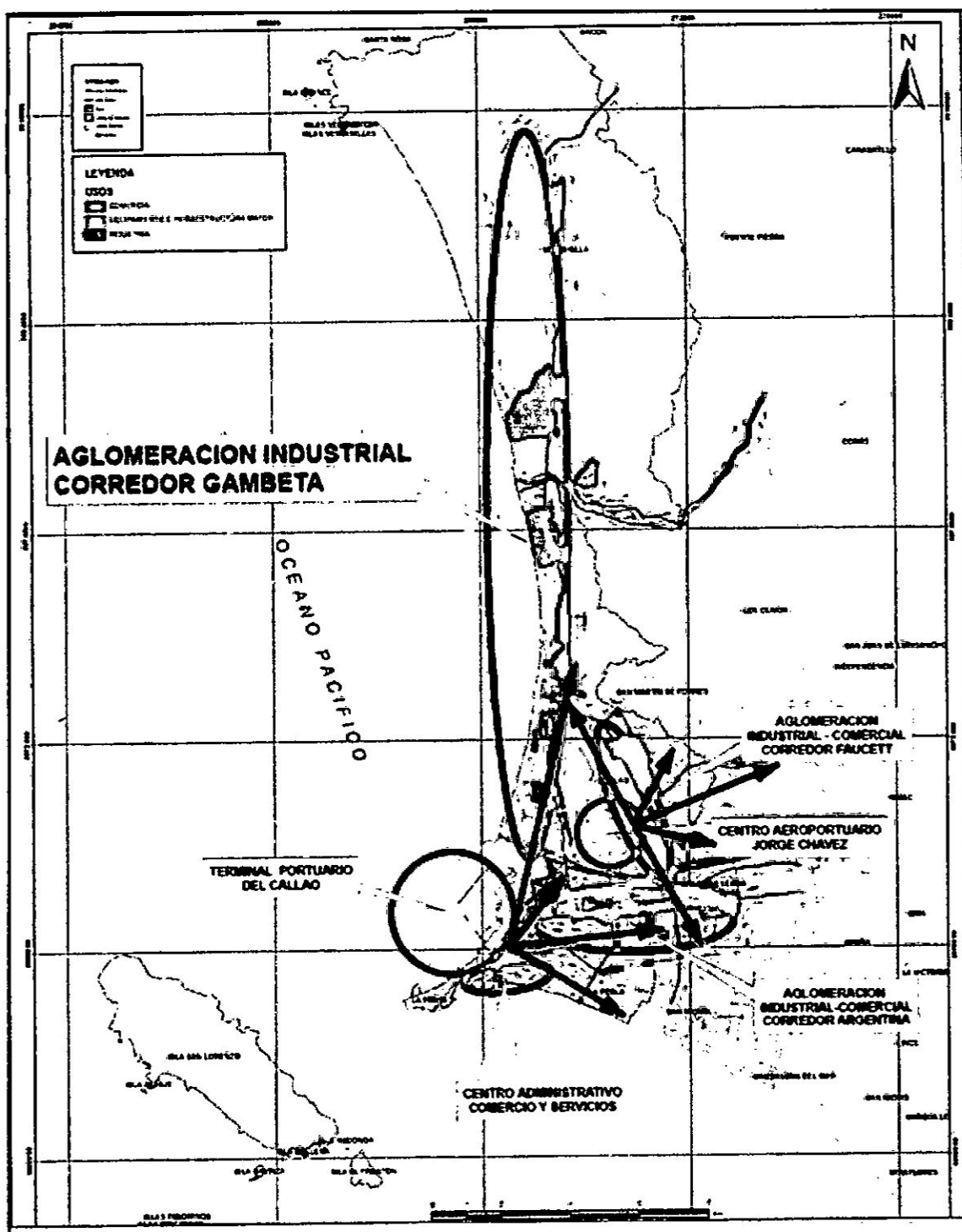
Figura 3.25. "Grandes Equipamientos e Infraestructuras"



Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

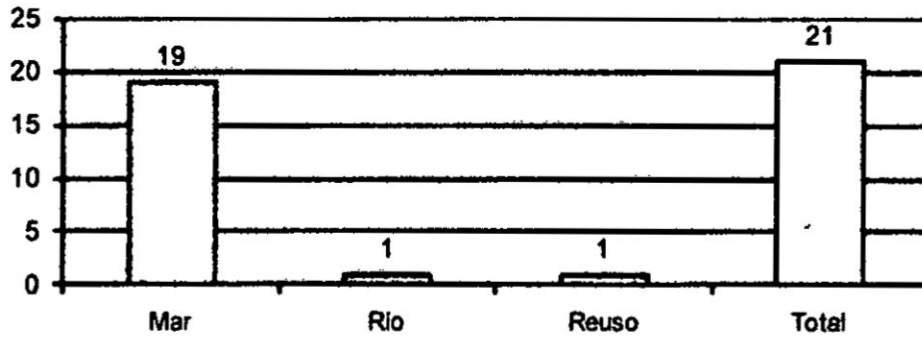
Figura 3.26. "Actividades Económicas Predominantes"



Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial

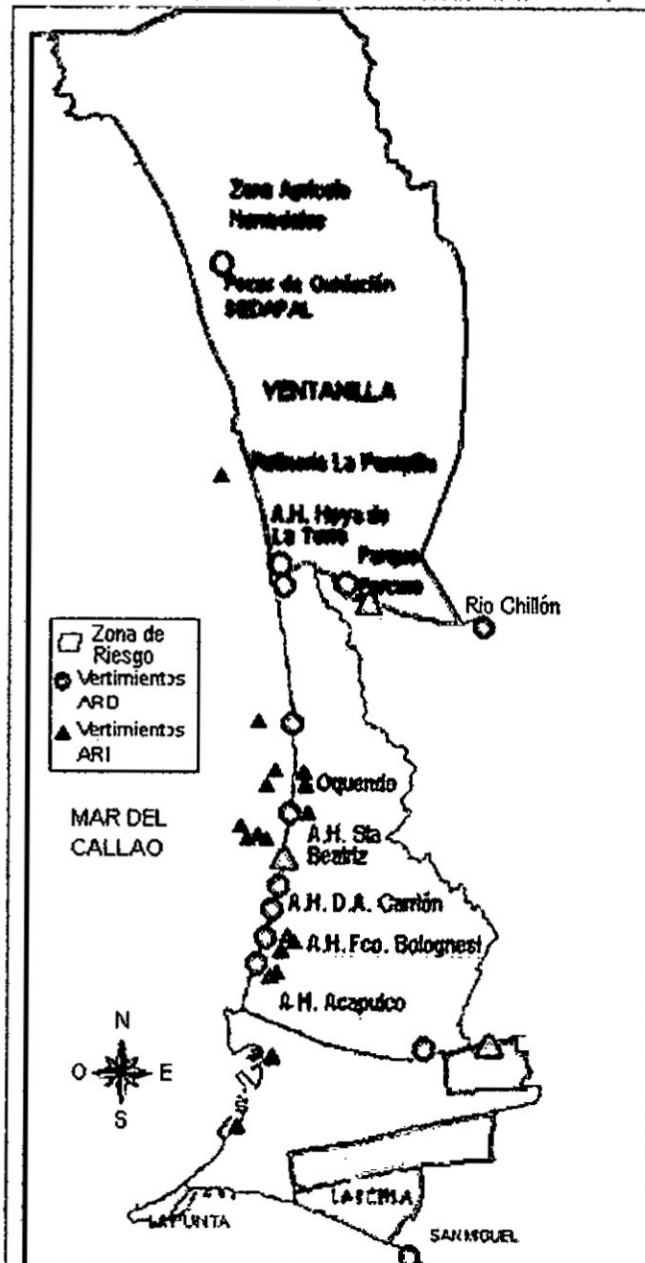
"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

**Figura 3.27. "Inventario de Vertimientos Industriales"**



Elaboración: Equipo Técnico de la ZEE y POT de la Región Callao – 2008

**Figura 3.28. "Puntos de Vertimientos de Efluentes en el Callao"**

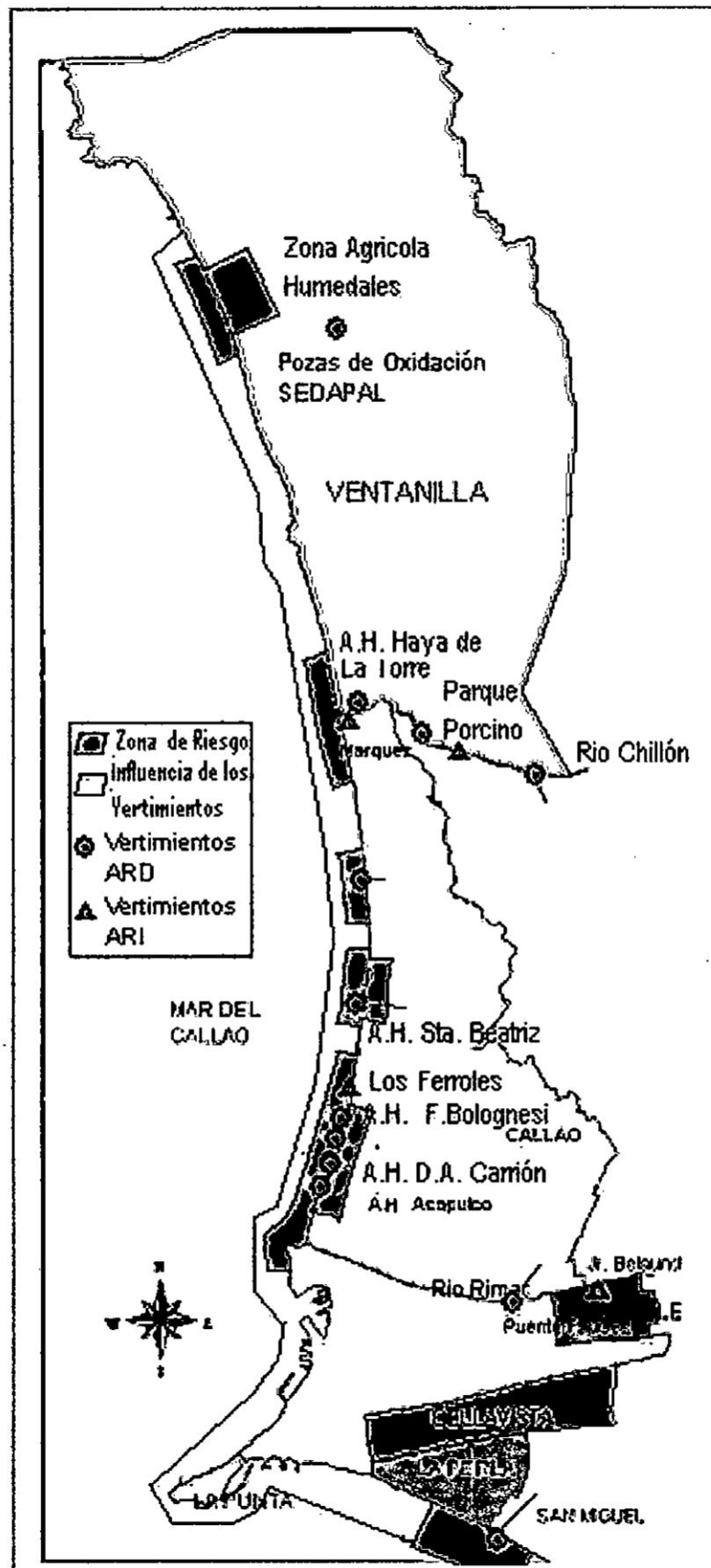


ARD : Aguas Residuales Domésticas, ARI : Aguas Residuales Industriales.

Fuente: DISA Callao, 2008.

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

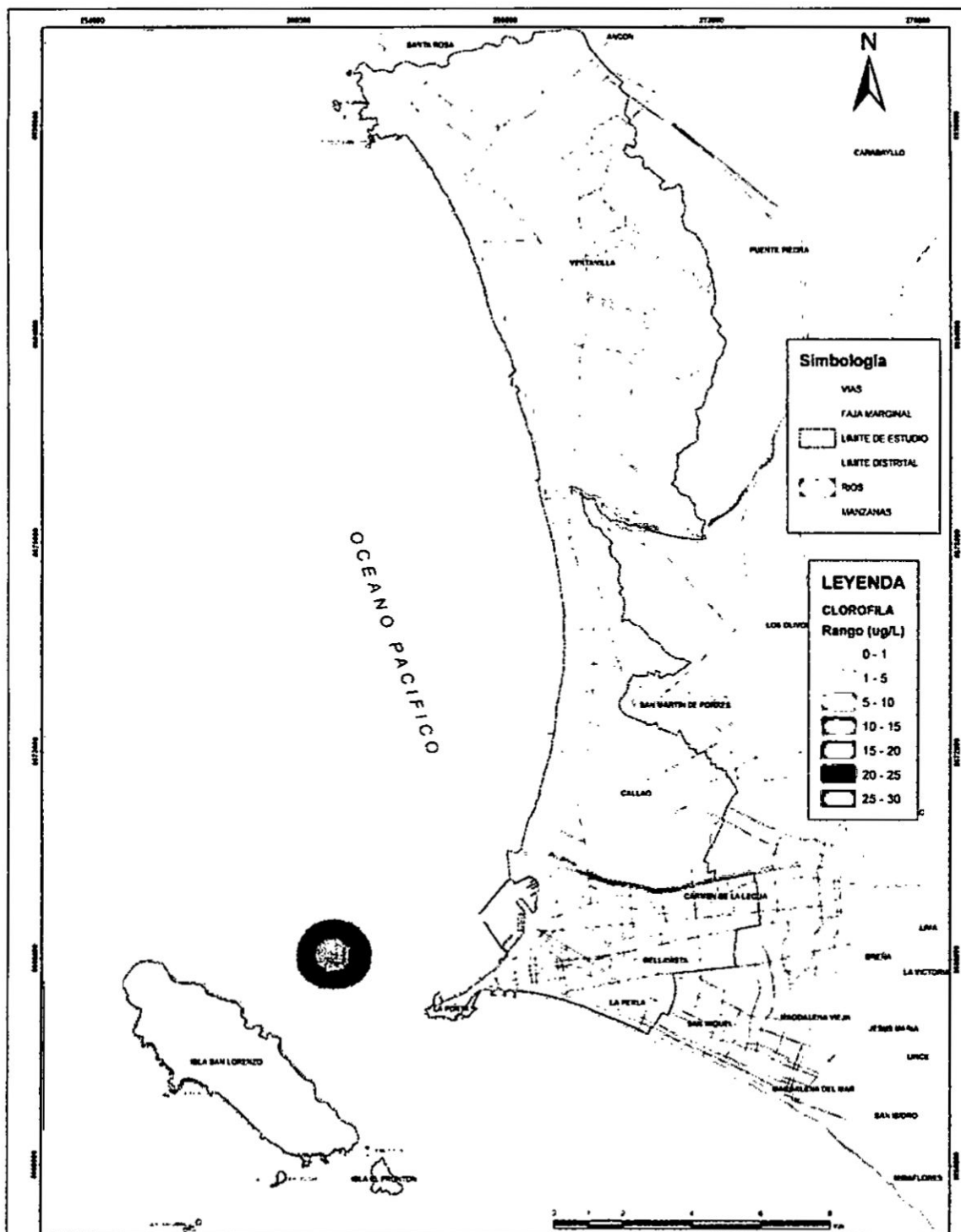
Figura 3.29. "Mapa de Riesgo por Vertimientos de Aguas Residuales"



Fuente: DISA Callao, 2008.

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

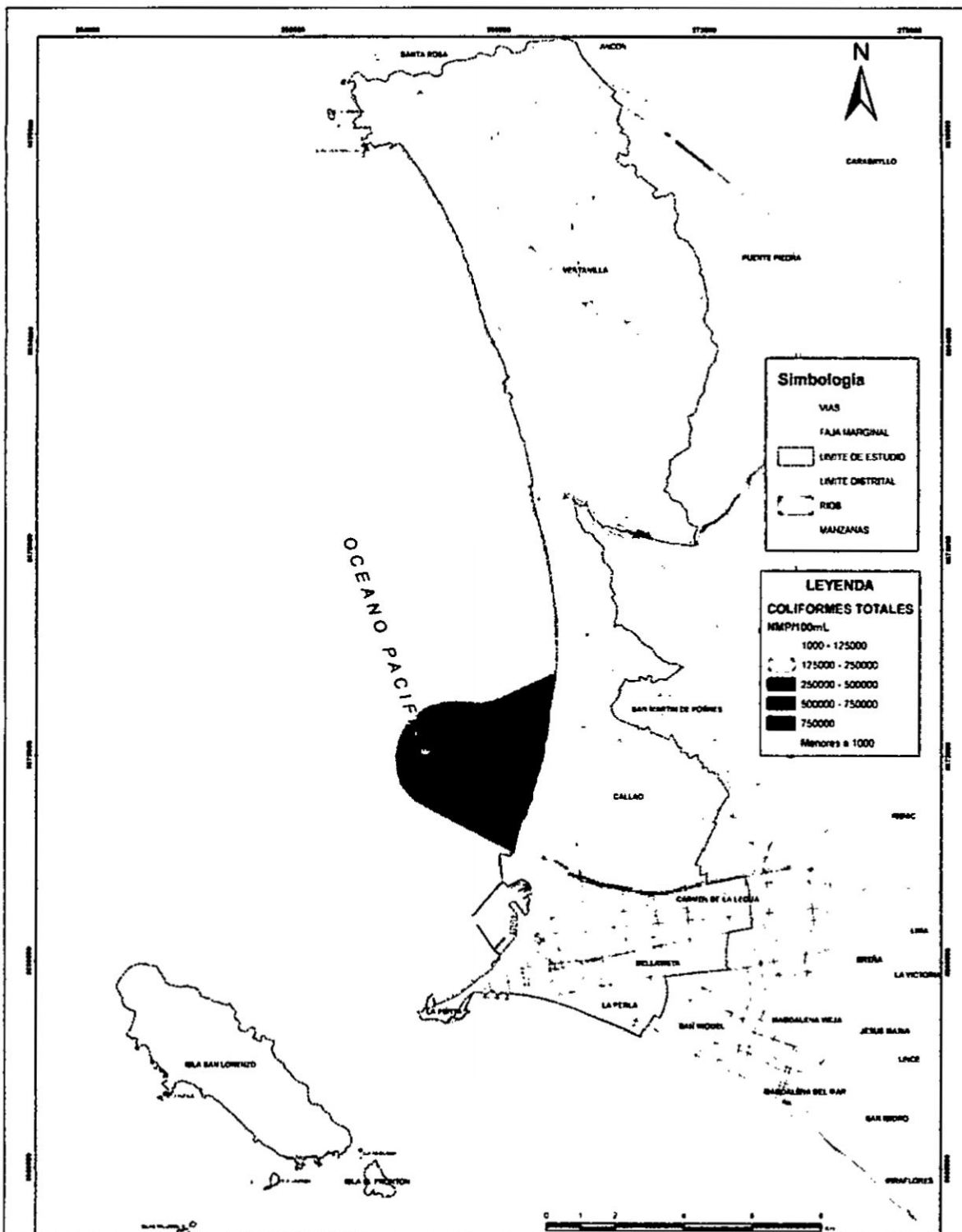
Figura 3.30. "Concentración de Clorofila Superficiales"



Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

Figura 3.31. "Distribución de Coliformes totales"

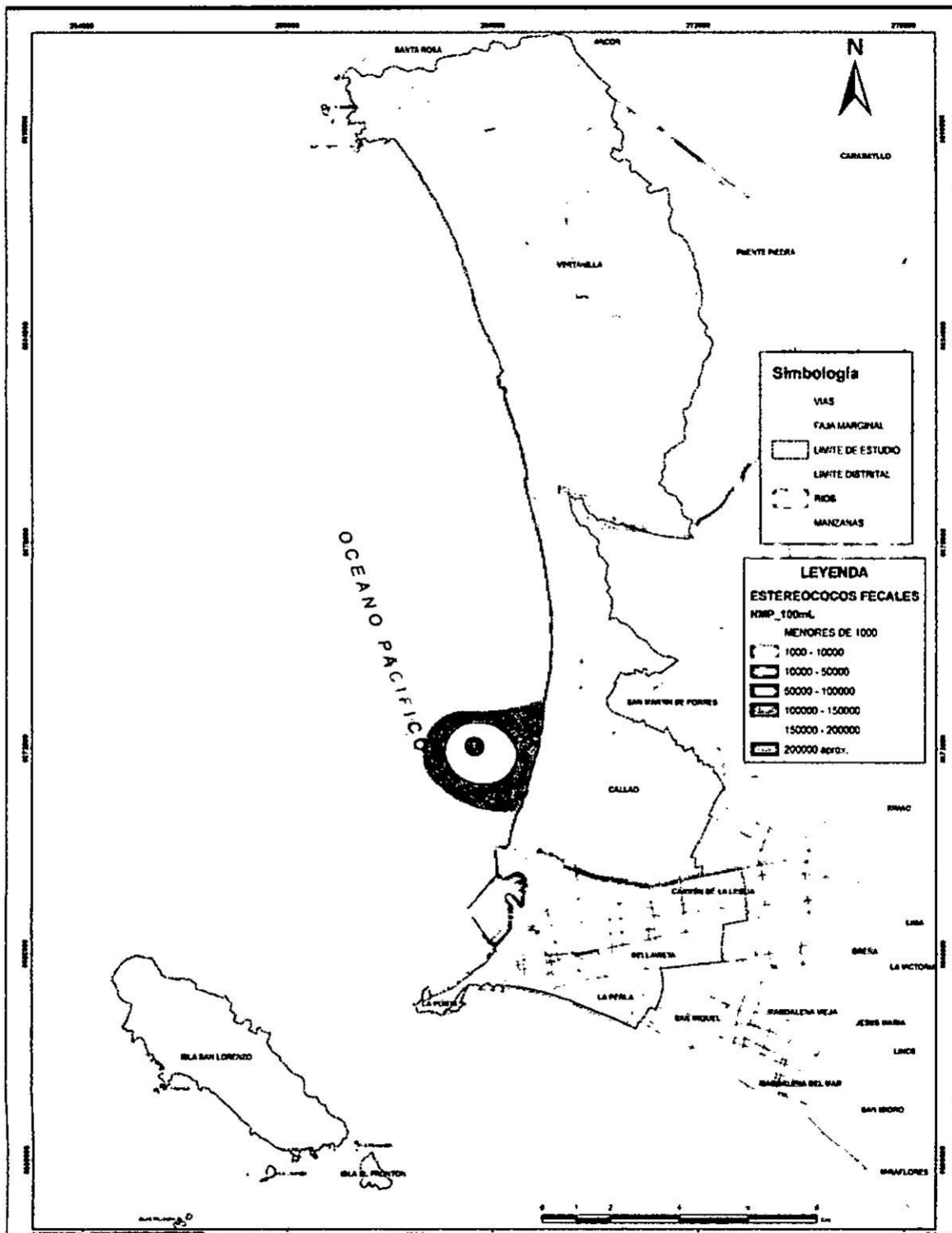


Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial



"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

Figura 3.32. "Distribución de Estéreo Cocos Fecales"



Fuente: MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - Gobierno Regional Callao - Oficina de Acondicionamiento Territorial

**Cuadros:**

**Cuadro 3.1. Activadores Metálicos**

Elemento	Enzima Activada
Zn <sup>++</sup>	Deshidrogenasas, anhidrasa carbónica, ARN y ADN polimerasas.
Mg <sup>++</sup>	Fosfohidrolasas, RUBISCO, fosfotransferasas, fosfatasas.
Mn <sup>++</sup>	Arginasas, peptidasas, quinasas.
Mo	Nitratoreductasa, nitrogenasa.
Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	Citocromos, catalasas, ferredoxina, peroxidasas, nitritoreductasa.
Cu <sup>2+</sup>	Citocromo oxidasa, tirosinasa, ácido ascórbico oxidasa, plastocianina
Ca <sup>2+</sup>	1,3 b glucan sintetasa, calmodulina.
K <sup>+</sup>	Piruvato fosfoquinasa, ATPasa.
Co	Vitamina B <sub>12</sub> hallada en microorganismos y animales, pero no en plantas. Importante en la fijación simbiótica de nitrógeno.
Ni	Ureasa.

Fuente: Ferguson, S. J. (2002). Bioenergetics 3 (3rd edición). San Diego, Academic

**Cuadro 3.2. Reducción de la Energía de activación, (Ea)**

Reacción	Energía de activación (Kcal*mol <sup>-1</sup> )
a) el peróxido de hidrógeno se descompone en: $H_2O_2 \longrightarrow H_2O + O_2$	18
b) el hierro catalítico (Fe) realiza la reacción $H_2O_2 \longrightarrow H_2O + O_2$	13
c) el platino catalítico (Pt) realiza la reacción : $H_2O_2 \longrightarrow H_2O + O_2$	12
d) la catalasa una enzima hepática la realiza $H_2O_2 \longrightarrow H_2O + O_2$	5

Fuente: Ferguson, S. J. (2002). Bioenergetics 3 (3rd edición). San Diego, Academic

“El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao”

**Cuadro 3.3. “Caracterización de Densidad Poblacional de la Provincia Constitucional del Callao identificada por zonas y distritos”**

DENSIDAD	ZONA	Distrito/Ubicación
Baja (≤ 400 hab. / Ha.)	Faja Industrial marítima y área agrícola Parque Porcino y alrededores Ex fundo Oquendo y alrededores Faja Industrial Av. Argentina	Callao Este Ventanilla Este Callao Este Callao
Media (401 a 800 hab. / Ha.)	Márquez Ventanilla baja y Alta Urb. Naval Ciudad Satélite La Punta Faja industrial Av. Colonial, Callao Centro y Puerto	Callao Este Ventanilla Ventanilla Este Ventanilla Este La Punta Callao
Alta (≥ 801 hab. / Ha.)	Pachacútec Mi Perú Kenya Fujimori y alrededores La Perla Bellavista Carmen de la Legua - Reynoso Dulanto Sarita Colonia, Bolognesi y Los Ferroles Bocanegra	Ventanilla Ventanilla Ventanilla Este La Perla Bellavista Carmen de la Legua - Reynoso Callao Callao Callao

Fuente: INEI, XI Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2007.

Elaboración: Equipo Técnico de la ZEE y POT de la Región Callao- 2008

**Cuadro 3.4. “Desembarque de recursos marítimos, en la Provincia Constitucional del Callao 1990 – 2006 (TM Bruta)”**

Años	TOTAL		CONSUMO HUMANO DIRECTO		CONSUMO HUMANO INDIRECTO	
	TMB	%	TMB	%	TMB	%
1990	189967	100,0	24234	12,76	165733	87,24
1991	190331	100,0	18479	9,71	171852	90,29
1992	125269	100,0	21056	16,81	104213	83,19
1993	212457	100,0	18039	8,49	194418	91,51
1994	252932	100,0	17330	6,85	235602	93,15
1995	193952	100,0	9593	4,95	184359	95,05
1996	85383	100,0	3522	4,12	81861	95,88
1997	199273	100,0	4675	2,35	194598	97,65
1998	213986	100,0	15187	7,10	198799	92,90
1999	396951	100,0	15177	3,82	381774	96,18
2000	698112	100,0	13731	1,97	684381	98,03
2001	368959	100,0	18274	4,98	348685	95,02
2002	462702	100,0	10633	2,30	452069	97,70
2003	282767	100,0	25099	8,88	257668	91,12
2004	645421	100,0	20661	3,20	624760	96,80
2005	629268	100,0	23515	3,74	605753	96,26
2006	469953	100,0	75121	15,98	394832	84,02

Nota: En 1997, la información corresponde solo a empresas privadas.

Fuente: Ministerio de la Producción- Vice ministerio de Pesquería, Compendio estadístico 2007. INEI. Elaboración: Equipo Técnico de la ZEE y POT del Gobierno Regional del Callao – 2008.

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

**Cuadros 3.5. "Establecimientos Industriales Pesqueros, Plantas de harina y Aceite de Pescado"**

Nº	DENOMINACION 6 RAZON SOCIAL	DISTRITO
1	CORPORACION DEL MAR S.A.	Callao
2	GRUPO SINDICATO PESQUERO DEL PERÚ S.A.	Callao
3	MAQUIMAR S.A.	Callao
4	PESQUERA CAPRICORNIO S.A.	Callao
5	PESQUERA DIAMANTE S.A.	Callao
6	TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS S.A.(TASA)	Callao

Fuente: Produce, Publicaciones Julio 2006.

Elaboración: Equipo Técnico de la ZEE y POT del Gobierno Regional del Callao – 2008.

**Cuadro 3.6. "Plantas Pesqueras en la Provincia Constitucional del Callao, Extracción y Procesamiento Pesquero: Enlatado, Curado, Congelado, Harina"**

EMPRESA	REPRESENTANTE	DISTRITO
Agroempaques S.A.	Delgado Espinoza Javier Mario	Callao
Pesquera Diamante S.A.	Valdivieso Sánchez Juan Luis	Callao
Alimentos Exóticos S.A.C.	Juan Orlando Bacigalupo Del Busto	Callao
Alimentos Finos Del Pacífico S.A.	Valenzuela Mejia Carlos A.	Callao
Alimentos Los Ferrolles S.A.	Raúl Fernando Meza Gonzalo	Callao
Conservas Unidas S.A.	León Crevoisier Jeffrey Hugo	Callao
Conservera Amazonas S.A.	Zumaeta Díaz Luis Marino	Callao
Conservera Callao Y Derivados S.A.	Sanguinetti Figari Alberto	Callao
Corporación Del Mar S.A.	Jaime Alfredo Valentín Carrón	Callao
Frutos Del Mar S.A.C.	Joaquín Payco Alberto	Callao
Instituto Tecnológico Pesquero Del Perú (Planta II)	Neira Granda Juan Manuel	Callao
Inversiones Perú Pacífico S.A.	Cuadros Arenas José Gregorio*	Callao
Maquimar S.A.	Herbozo Pérez Costa Carlos Alberto (Liquidador)	Callao
Pesquera Capricornio S.A.	Mandriotti Castro Giovanni Néstor	Callao
Tecnologica De Alimentos S.A.	Pinillos Gonzales Carlos Julio	Callao
Universidad Nacional Del Callao	Mori Paredes Manuel Alberto	Callao
Universidad Nacional Federico Villarreal	León Espinoza Luis Alberto	Callao
Gam Corp S.A.	Arenas Linares Félix Gregorio	Callao
Overseas Business Corporation S.A.	Azuma Suzuki Luis	Callao
Pesquera Andesa S.A.C.	Tirado Melgar Diego	Callao
Ransa Comercial S.A.	Torrico Infantas Sergio Enrique	Callao
Fábrica De Conservas Corona S.A.		Carmen de la Legua
Rosaimar S.A.	Crevoisier Viacava Rosa Angélica	Ventaniña
Agrohidro E.I.R.L.	Cheng Zapata Juan Alberto	Ventaniña

Fuente: VICEMINISTERIO DE PESQUERIA – PRODUCE, Publicaciones Julio 2006.

Elaboración: Equipo Técnico de la ZEE y POT del Gobierno Regional del Callao – 2008.

**Cuadro 3.7. "Perú: Desembarque de Recursos Marítimos para consumo humano Indirecto, según puertos, 2000 – 2009"**

Puerto	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Total</b>	<b>9 912 484</b>	<b>7 208 028</b>	<b>6 158 816</b>	<b>5 347 007</b>	<b>5 810 614</b>	<b>6 628 704</b>	<b>5 696 643</b>	<b>5 068 029</b>	<b>6 168 474</b>	<b>5 830 863</b>
Paleta	706 561	591 829	387 089	588 659	374 408	193 601	107 119	247 999	182 304	51 529
Parachique	365 582	142 082	167 895	300 158	267 354	199 468	98 255	150 294	138 925	78 269
Bayóvar	250 071	213 124	198 763	345 617	440 787	293 422	153 551	196 008	169 213	181 286
Chicama	1 012 550	715 079	653 735	1 160 219	1 226 455	574 552	697 587	821 412	719 997	479 375
Salaverry	11 152	624	149	-	1 186	-	3 514	464	332	-
Chimbote	1 635 960	1 542 508	1 179 544	793 804	1 596 845	1 292 300	920 430	1 011 300	948 321	867 901
Coishco	493 341	535 200	444 344	332 845	543 106	427 308	356 437	331 096	302 272	390 256
Casma	212 494	208 132	167 984	108 944	237 973	147 479	69 153	26 539	44 779	-
Samanco	59 945	117 486	41 181	57 004	176 354	172 758	127 790	103 199	126 867	186 963
Huarmey	120 996	138 502	140 029	110 937	229 832	253 832	171 190	154 894	202 309	277 126
Culebras	71 338	94 507	70 163	43 853	77 535	75 929	39 559	35 197	23 566	-
Supe	435 870	349 043	402 236	151 831	505 531	629 151	351 540	335 764	389 130	355 938
Végueta	428 977	331 638	324 532	117 248	402 410	439 186	216 921	213 981	240 633	225 412
Huacho	266 075	182 050	217 148	86 534	184 746	228 291	140 027	144 351	172 672	118 472
Chancay	1 093 107	580 043	711 325	251 773	752 504	786 457	493 921	429 937	423 485	375 835
Callao	684 381	348 685	452 069	257 668	624 760	605 753	394 832	391 350	410 309	565 276
Pucusana	-	21 131	22 252	-	-	-	-	-	-	-
Tambo de Mora	508 602	184 122	337 861	103 958	178 942	311 693	174 713	188 099	308 587	290 893
Pisco/San Andres	1 112 251	501 478	867 009	331 767	261 618	940 053	481 946	354 854	492 305	817 702
Atico	55 056	34 848	151 583	8 801	61 759	233 438	119 067	139 125	130 562	168 510
La Planchada	19 685	52 043	91 075	20 782	40 470	197 173	146 653	131 832	171 023	96 954
Quilca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13 733
Mollendo	37 712	44 036	66 192	8 681	29 270	72 525	90 149	99 118	59 582	34 307
Matarani	60 235	60 661	154 088	21 348	50 258	111 627	79 379	106 782	88 662	49 269
Ilo	270 513	219 174	908 569	144 576	546 511	442 708	461 810	472 434	420 639	205 857

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

**Cuadro 3.8. "Registro Nacional de Vertederos Sector Callao"**

Tipo de industria	Nº de empresas	%
Minería	1	3.4
Pesquería	3	10.34
Alimentaria	2	6.9
Habilitaciones Urbanas (doméstico)	3	10.34
Petrolera	3	10.34
Química	9	31.03
Papelera	3	10.34
Textil	1	3.4
Otros	4	13.9
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>	<b>100%</b>

Fuente: Digesa

**Cuadro 3.9. "Catastro de Vertimientos Industriales en el Callao"**

Nº	Empresa	Ubicación	Distrito	Disposición
1	SUD-CHEMIE PERU	Calle 9 N° 296 Urb. - Industrial Oquendo	Callao	Mar del Callao
2	Corporación del Mar S.A.	Av. Prtg. Centenario N° 2576	Callao	Mar del Callao
3	REPSOL YPF	Carretera Ventanilla S/N	Ventanilla	Mar del Callao
4	Sudamericana de Fibras	Av. Néstor Gambeta N° 8815	Callao	Canal - Mar
5	COGORNO S.A.	Jr. Constitución N° 413	Callao	Mar del Callao
6	Tecnológica de Alimentos S.A.Norte	Av. Néstor gambeta Km 14.1- Márquez	Callao	Mar del Callao
7	QUIMPAC S.A.	Av. Néstor Gambeta N° 8585	Callao	Mar del Callao
8	Ajinomoto del Perú S.A.	Av. Néstor gambeta N° 7003	Callao	Reuso - Mar del Callao
9	AGA S.A.	Mz IK Lote 5 Calle 9 S/N Oquendo	Callao	Reuso
10	TRALSA	Mz. H-5 Zona Oquendo	Callao	Mar del Callao
11	PESQUERA DIAMANTE S.A.	Av. Prtg. Centenario N° 1956 - Los Ferroles	Callao	Mar del Callao
12	Tecnológica de Alimentos S.A. Sur	Av. Prtg. Centenario N° 1954 - Los Ferroles	Callao	Mar del Callao
13	Pesquera Capricornio S.A.	Av. Prtg. Centenario N° 2620 - Los Ferroles	Callao	Mar del Callao
14	Alimentos Finos del Pacífico S.A.C.	Av. Prtg. Centenario Cdra. 24 Los Ferroles	Callao	Mar del Callao
15	Frutos del Mar S.A.C.	Av. Prtg. Centenario N° 600 - A.H. Fco. Bolognesi	Callao	Canal - Mar
16	Alimentos Exóticos S.A.C	Av. Prtg. Centenario N° 602 - A.H. Fco. Bolognesi	Callao	Canal- Mar
<b>Nº</b>	<b>Empresa</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Distrito</b>	<b>Disposición</b>
17	Conservas Unidas S.A.C.	Av. Centenario N° 570 - A.H. Fco. Bolognesi	Callao	Canal - Mar
18	Pesquera Andesa S.A.C.	Psje. Don Oscar N° 150 A.H. Acapulco	Callao	Canal - Mar
19	SIMA	Av. Contralmirante Mora N° 1102	Callao	Mar del Callao
20	Agropecuaria LOCK S.R.L	Parque Porcino	Ventanilla	Río Chillón
21	Alternativas Proteicas del pacífico S.A.C.	Psje. Don Oscar N° 155 A.H. Acapulco	Callao	Canal - Mar

Fuente: DISA Callao, 2008.

"El uso de Enzimas para Optimizar el Proceso de Recuperación de Grasas y Aceites de los Efluentes que genera la Industria de Harina y Aceite de Pescado – Pesqueras ubicadas en la Bahía del Callao"

**Cuadro 3.10. "Catastro de Vertimientos de Efluentes Domésticos en el Callao"**

<b>Nº</b>	<b>Colectores</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Distrito</b>	<b>Disposición</b>
1	Colector Antiguo Centenario	A.A. H.H. Sarita Colonia / Tiwinza	Callao	Mar del Callao
2	Colector Nuevo Centenario	A.A. H.H. Francisco Bolognesi	Callao	Mar del Callao
3	Colector Bocanegra	A.A.H.H. Daniel Alcides Carrión	Callao	Mar del Callao
4	Canal de Regadío	A.A. H.H. Daniel Alcides Carrión	Callao	Mar del Callao
4	Colector Comas	Ex. Fundo Oquendo	Callao	Mar del Callao
5	Colector Márquez	Márquez	Callao	Río Chillón / Mar
6	Colector N 6	Playa Rímac	Callao	Río Rímac

Elaboración: Equipo Técnico de la ZEE y POT de la Región Callao – 2008.