



## Plan de manejo de residuos de pescado para el Puerto Pesquero Artesanal de Coquimbo

Fish residue management plan for the Craft Fishing Port of Coquimbo

**Autores:** Gabriela Banegas Vizúete<sup>1</sup>  
Ernesto Cortés Pizarro<sup>2</sup>  
Osvaldo Fosado Téllez<sup>3</sup>

**Dirección para correspondencia:** [gbanegasvizuete@gmail.com](mailto:gbanegasvizuete@gmail.com)

Recibido: 2017-12-13

Aceptado: 2018-06-02

### Resumen

En Chile, el Puerto Pesquero Artesanal de la ciudad de Coquimbo es usado como el principal centro de desembarque de la región. Una de las principales actividades que se realiza es el eviscerado y limpieza de pescados, cuyo resultado es la generación de un gran volumen de residuos. Estos son almacenados durante el día en contenedores plásticos con escurridores, ubicados en el patio del Puerto. Debido a que no están bajo una cubierta, estos están expuestos a la radiación solar, por tanto su descomposición se acelera, favoreciendo la generación de malos olores y atrayendo moscas por el escurrimiento de sangre. Dichos residuos son utilizados para la fabricación de harina de pescado, pero cuando estos no son retirados sistemáticamente, se dispone que sean arrojados al mar. En el presente trabajo se plantean dos propuestas de manejo para los residuos: la elaboración de compost y el diseño de un proceso para la adecuada recolección, segregación, transporte, tratamiento y disposición final de los mismos.

**Palabras clave:** pescado eviscerado; residuos de pescado; compost; recursos hidrobiológicos; viruta.

<sup>1</sup> Fundación UVirtual - Centro de Excelencia, Chile.

<sup>2</sup> Escuela de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente. Universidad Católica del Norte, Chile.

<sup>3</sup> Facultad de Agronomía / Instituto de Postgrado. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

## Abstract

In Chile, the Artisanal Fishing Port of the city of Coquimbo is used as the main landing point for the region. One of the main activities is the evisceration and cleaning of fish, which results in the generation of a large volume of waste. This waste is stored during the day in plastic containers with colanders, located in the backyard of the Port. Because it is not covered, the waste is exposed to solar radiation, accelerating its decomposition and therefore generating bad odors and attracting flies. Although the waste is used for the production of fish flour, it is also thrown into the sea, because it is not constantly removed from the port. In the present work, two waste management proposals are presented: the elaboration of compost and the design of a process for the adequate collection, segregation, transport, treatment and final disposal of the waste.

**Keywords:** gutted fish; fish waste; compost; hydrobiological resources; chips.

## Introducción

Uno de los sectores productivos de importancia en Chile, lo constituyen las Caletas de Pescadores, que por esencia son un sistema patrimonial de paisajes culturales, algunos de los cuales son integrables entre sí como parte de rutas turísticas y como una fuente patrimonial que debe ser relevada y conservada (Ingeniería Alemana S.A., 2010). El Puerto Pesquero Artesanal de la ciudad de Coquimbo históricamente posee una gran demanda de recursos hidrobiológicos, generado por pescadores del sector y sus alrededores. Es usado como el principal centro de desembarque de la región de Coquimbo, lo cual trae consigo, la generación de una gran cantidad de residuos orgánicos, producto del proceso de eviscerado y limpieza de pescados que se comercializan dentro del puerto. Dichos residuos son almacenados en contenedores con desagüe (ubicados en el patio del puerto sin un techado), con el propósito de acumularlos durante el día, para su posterior traslado en la noche, a la planta productora de harina de pescado.

Así un promedio de doce horas de almacenamiento, ocasiona una breve descomposición de los residuos de pescados, debido al aumento de temperatura en el interior de los contenedores, que varía de 18 °C a 24 °C; consecuentemente se produce el escurrimiento de sangre y generación de malos olores. Además, el traslado de los residuos a la fábrica no es frecuente (entre 4 y 5 días a la semana), dada la falta de organización y coordinación por parte del dueño de la misma con sus trabajadores, por lo que la administración del Puerto, se ve en la obligación de verter los residuos en el mar. Asimismo, el camión recolector de la empresa encargada de retirar los residuos de la urbe, TASUI S. A., no retira este tipo de residuo, dado su alto contenido de humedad. Esta práctica se la ha llevado a cabo durante años, por lo que sus consecuencias denotan una significativa afectación negativa al medio ambiente, al Turismo del sector y a sus pobladores (SERPLAC IV Región de Coquimbo, 2006).

En este contexto, se considera que la gestión de dichos residuos, no es idónea, por lo cual, el presente estudio plantea como objetivo general elaborar un plan de manejo que contenga actividades de recolección, segregación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos de pescado generados en el Puerto. Como objetivos específicos se plantea recopilar información, realizar un diagnóstico del manejo actual de los residuos, identificar, cuantificar, clasificar y caracterizar los mismos. La presente propuesta surge de la necesidad de evitar el desarrollo de posibles focos infecciosos, malos olores y daños ambientales irreversibles.

## **Metodología**

### *Recopilación de información*

Se efectuaron entrevistas a los integrantes de la administración del puerto y al propietario de la planta productora de harina de pescado (encargado de retirar los residuos de pescado). Se revisó el *marco Legal y Regulatorio* relacionado con el estudio, así como también, la normativa existente para referencia metodológica de muestreos y requerimientos de la calidad de la materia prima para compostar.

### *Diagnóstico del manejo actual de los residuos de pescado*

Se ejecutó cuatro salidas de campo previas, para el reconocimiento del área de estudio, observación del manejo de residuos de pescado y caracterización de los componentes ambientales. Se elaboró un análisis FODA del manejo de los residuos, en base a los documentos de apoyo, la información aportada por los integrantes del lugar y la observación directa realizada durante las salidas de campo. Se desarrolló un árbol de problemas, mediante un taller de trabajo con los responsables directos, basado en el análisis de las debilidades del manejo de los residuos, por parte de la administración. Se tomó en cuenta el aporte realizado por los encargados directos del manejo residuos y sus generadores.

### *Identificación, cuantificación, clasificación y caracterización de los residuos de pescado*

Se estableció un muestreo continuo de 31 días, con la finalidad de valorar la cantidad de residuos generados en un mes y a diario, en la sala de eviscerado y en el área de venta de pescado. La unidad muestral está representada por los contenedores de recolección de residuos de pescado, de los cuales se determinó el peso y el volumen. Se identificó el número de contenedores resultantes de la jornada matutina, para consecutivamente proceder a pesar cada uno de ellos, utilizando una balanza digital de grúa industrial, marca Grantech, correas sujetadoras y una grúa (perteneciente al puerto). Se pesó una vez al día los residuos, en horas de la tarde (14h00 – 15h30). Los contenedores se nombraron de la siguiente manera:

- *#Contenedores A*: Número de contenedores correspondientes a los residuos generados por los vendedores de pescado ubicados en el patio interior del puerto.

- *#Contenedores B*: Número de contenedores correspondientes a los residuos generados en la sala de eviscerado del puerto.

Se pesó el contenedor vacío (W1) y se determinó el volumen (V). Luego se pesó el recipiente lleno (W2) y por diferencia se obtuvo el peso del residuo (W).

La metodología de clasificación y caracterización, se basó en las estadísticas de desembarque artesanal elaboradas por el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) de la ciudad de Coquimbo, cuyos datos se revisan y seleccionan para considerar la frecuencia de especies capturadas y su peso en toneladas. Estos datos se usan como base para apoyar la observación y verificación de las especies evisceradas depositadas en los contenedores. Se realizó la caracterización de los residuos de pescado, basada en una revisión bibliográfica. Se analizó las diferencias de producción de los residuos entre los días de la semana, a través de un análisis descriptivo e inferencial que permitió diseñar la estrategia de manejo diaria. La hipótesis nula valora la homogeneidad entre los diferentes días de la semana, es decir, no existe diferencias significativas entre las medias de la producción de los residuos de pescado los días de la semana ( $H_0 = \mu_L = \mu_M = \mu_X = \mu_J = \mu_V = \mu_S = \mu_D$ ) contra una hipótesis alternativa de que existe diferencia significativa entre alguna de las medias de la producción de los de los residuos de pescado entre los días de la semana ( $H_a = \text{Algún } \mu_i \neq \mu_j / i \neq j$ ). Para los supuestos de Homocedasticidad y de Normalidad se utilizó la prueba de Levene y Shapiro Wilk respectivamente.

#### *Criterios para el diseño del Plan de Manejo*

A partir de la información recopilada en las etapas anteriores, se identificaron los puntos críticos que se debe abordar en el Plan de Manejo.

Los criterios generales a tomarse en cuenta para plantear una gestión integral de los residuos de pescado en el Puerto incluyen:

- Cumplimiento de las normas sanitarias, ambientales y estándares técnicos vigentes;
- Condiciones higiénicas, laborales y de seguridad apropiados, en la recolección y disposición final de los residuos de pescado;
- Protección del ambiente;
- Alternativas de manejo realizables.

## **Resultados**

### *Recopilación de información*

Hay un manejo inadecuado de los residuos resultantes del eviscerado de pescado, su disposición final se ve comprometida, ya que no hay un retiro constante de los mismos por parte de la Planta productora de harina de pescado. Debido al alto nivel de humedad del residuo (> 40%) (Espinal, 2016), se rechaza el traslado de los mismos por parte de la empresa recolectora de residuos TASUI S. A. y por tanto son depositados en el mar. Los residuos en

mención provienen de la sala de eviscerado y de los vendedores ubicados en el patio del Puerto. Existen además indisciplinas por parte de los dichos comerciantes, ya que en muchas ocasiones se los ha observado vertiendo directamente, los residuos de pescado en el mar.

#### *Diagnóstico del Manejo actual de los residuos de pescado generados en el área de estudio*

Para corroborar la información obtenida en las entrevistas, se procede a realizar el diagnóstico, abarcando los siguientes aspectos:

#### *Caracterización de los principales generadores de residuos de pescado*

Se identificó:

- *Área de venta de pescado:* Los vendedores se encuentran instalados en el patio del Puerto, con sus respectivos carros de aluminio (en total 10). A pesar de que la administración del Puerto ha establecido que se debe realizar el eviscerado de pescado en la sala dedicada a esos fines, los vendedores siguen realizando dicha actividad en sus puestos de trabajo.
- *Sala de eviscerado:* Está totalmente equipada para realizar este proceso. Aquí se genera la mayor parte de residuos de pescado.

*Forma de organización y administración del aseo:* La organización del puerto está a cargo del administrador asignado, quien delega funciones y trabaja conjuntamente con el coordinador del lugar. Las funciones de aseo de las instalaciones del puerto se organizan de la siguiente manera: El patio y sus exteriores, limpia una persona; sala de eviscerado y cámara de enfriamiento limpian ocho personas.

*Sistema de recolección y transporte:* Los residuos son retirados del puerto, por el propietario de la Planta productora de harina de pescado, en un horario indefinido que varía entre las 16h00 y 21h00.

*Disposición final:* Los residuos son destinados a la fabricación de harina de pescado, pero no son retirados periódicamente del puerto. Dado que son residuos con alto contenido de humedad, éstos no pueden ser trasladados al vertedero municipal (Corporación Regional de Desarrollo Productivo Región Coquimbo, 2017), lo cual determina que se tome la decisión de verter los residuos al mar. La planta productora no cuenta con las condiciones sanitarias y requerimientos necesarios para su funcionamiento. El retiro de los residuos no tiene ningún costo.

*Análisis FODA del manejo de los residuos de pescado:* Se considera como bases para su elaboración, las entrevistas realizadas a los responsables directos del manejo.

Fortalezas:

- Buena predisposición por parte del Administrador del Puerto, para fortalecer el manejo de los residuos de pescado.

- Existe una buena apertura por parte de los integrantes del Puerto para la ejecución de proyectos ambientales, ya sea por parte de consultores privados o Universidades.
- La capacidad de almacenamiento para los residuos de pescado, es adecuada.

#### Oportunidades:

- A través de las Organizaciones sindicales y federaciones que se han formado en torno a la pesca artesanal, existe la posibilidad de conseguir beneficios con mayor valor agregado para el Puerto, promoviendo relaciones con servicios del estado y otras organizaciones para desarrollar proyectos e iniciativas.
- Interés de los visitantes por las actividades productivas ejecutadas en el Puerto, transformándolo en un potencial atractivo turístico de la zona.
- Interés por parte de las autoridades competentes para desarrollar programas de capacitación en educación ambiental y manejo de residuos.

#### Debilidades:

- Falta de un Plan de Manejo para los residuos de pescado.
- Escasas alternativas identificadas para la disposición final de los residuos de pescado.
- Capacitaciones esporádicas a los usuarios e integrantes del Puerto, en temas referentes al manejo adecuado de los residuos.
- Desconocimiento de los impactos ambientales que generan los residuos de pescado que son vertidos al mar.
- Falta de capacitación y apoyo por parte de las entidades públicas pertinentes, al propietario de la empresa encargada del retiro de los residuos de pescado.

#### Amenazas:

- A nivel nacional el sector pesquero presenta permanentes rivalidades internas.
- No hay vertederos municipales adecuados para residuos con un alto porcentaje de humedad.
- Mayor conciencia y valoración de aspectos ambientales por parte de los turistas.
- Como la mayor parte del litoral, el Puerto Pesquero también se encuentra expuesto a riesgos propios de la naturaleza como temporales, terremotos y Tsunami.
- Opciones y capacidad limitada de receptores finales de los residuos de pescado asociados al puerto.

Árbol De Problemas: Se realiza el análisis de las causas del problema y se estructura como se indica en la figura No.1

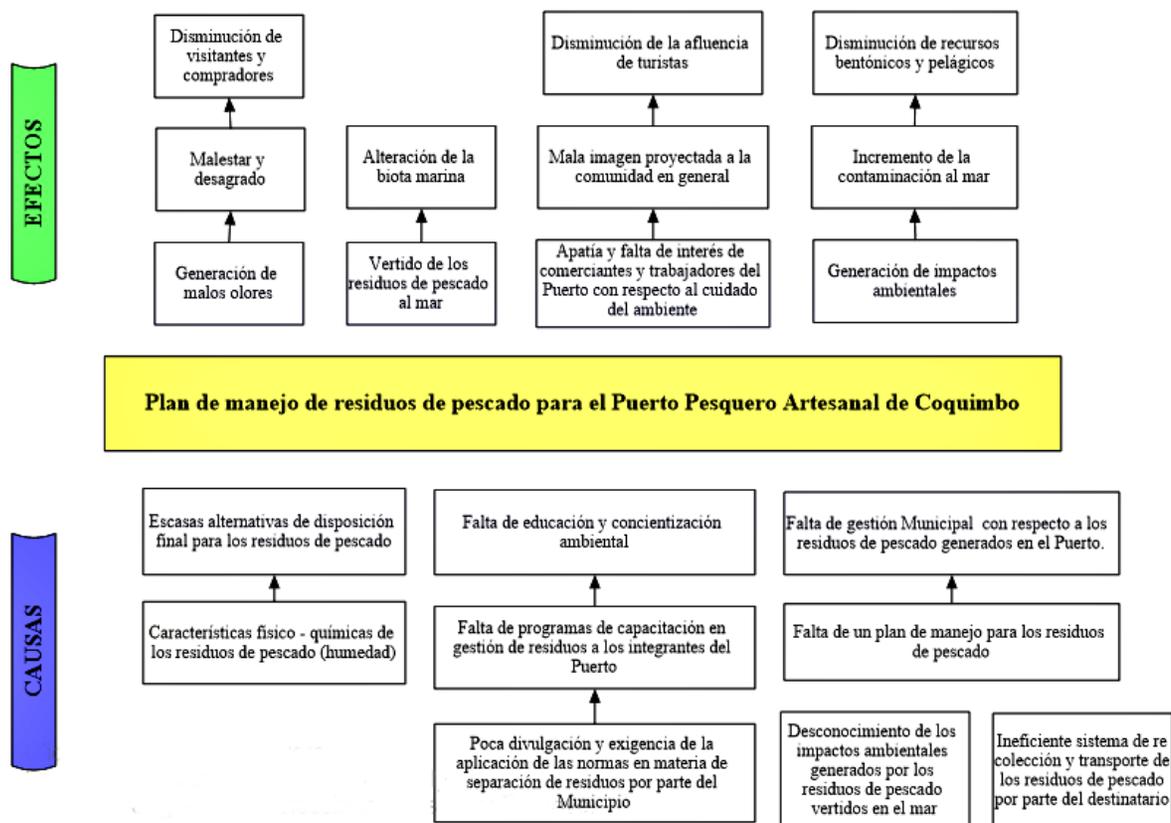


Figura 1. Árbol de problemas del manejo de los residuos de pescado del Puerto Pesquero Artesanal de la ciudad de Coquimbo.

*Identificación, cuantificación, clasificación y caracterización de los residuos de pescado*

*Identificación y Cuantificación:* Se procedió a realizar el pesaje de los residuos generados durante 31 días de muestreo. El total fue de 31 699 kg, con un promedio de 1022,6 kg, generados diariamente y una desviación estándar igual a 733,2 kg.

*Clasificación y Caracterización:* Se revisó las estadísticas de desembarque artesanal del Puerto, elaboradas por SERNAPESCA. Se consideró las especies más representativas y frecuentes capturadas, resultando que el desembarque de Anchoqueta (*Engraulis ringens*) representa un mayor volumen de captura, seguido del Jurel (*Trachurus murphyi*), cuyo comportamiento ha sido regular durante este tiempo. En cuanto a la Caballa (*Scomber japonicus*), existe un desembarque representativo de este recurso pero menor a las dos especies mencionadas anteriormente. Para fines del presente estudio, se tomó en cuenta los residuos de eviscerado de las especies de peces depositadas en los

contenedores, las cuales se identificaron en los días de muestreo y se tiene que el 39% corresponde a Anchoveta, 33% a Jurel y el 28% a Caballa. En cuanto a la determinación de las principales características, se las realizó bibliográficamente y se tomó en cuenta las especies identificadas durante procesos de muestreo. Se incluyen datos referentes al contenido de metales pesados, como referencia para realización del compost, lo cual se detalla a continuación (Tabla 1):

Tabla 1: Caracterización de las especies de peces frecuentes en el Puerto.

Parámetro	Anchoveta ( <i>Engraulis ringens</i> )	Jurel ( <i>Trachurus murphyi</i> )	Caballa ( <i>Scomber japonicus</i> )
pH	6,0	6,7	5,3
C/N %	4,3	4,9	4,5
Humedad	75,2	74,7	73,14
Fósforo (mg)	276,0	239,0	244,0
Potasio (mg)	241,4	360,0	360,0
Calcio(mg)	77,1	65,0	43,0
Magnesio (mg)	31,3	31,0	40,4
Cobre(mg)	2,1	0,8	0,9
Sodio (mg)	78,0	64,0	47,8
Hierro(mg)	3,04	1,0	1,0
Yodo (mg)	-	48,0	10,0
Zn (ppm)	-	0,29	-
Selenio (mg)	-	47,0	-
Cadmio (mg)	-	-	0,2
Plomo (ppm)	-	-	0,3

Fuente: Adaptado de IMAPRE – ITP (2005), Moreno (2016), Illera, Seoane y López (2015)

#### *Análisis Estadístico:*

*Comparación de cantidad de residuos de pescado generados por día:* Se excluye del análisis el día Lunes, debido a que en dicho día no se realiza procesamiento.

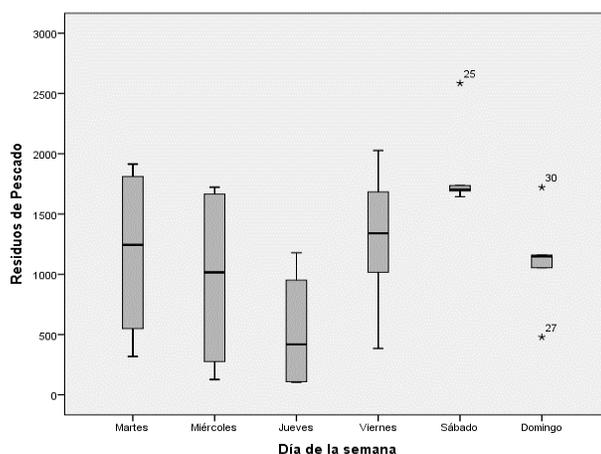


Figura 2: Comportamiento de la cantidad de residuos de pescado generados a diario.

Un análisis descriptivo de los mismos sugiere que no existen diferencias significativas entre la cantidad de residuos generados diariamente (Figura 2), no obstante se procede a pruebas analíticas para la comparación de los residuos promedios generados.

Se verifican los supuestos para la realización de una prueba paramétrica de Análisis de Varianza (ANOVA), dentro de los cuales se encuentran los supuestos de Homocedasticidad y de Normalidad. Para el primero de los casos se utilizó la prueba de Levene, la cual sugiere homogeneidad de varianzas ( $p\text{-level} = 0.121 > \alpha = 0.05$ ), sin embargo, los resultados de la prueba de Shapiro Wilk sugieren el incumplimiento de la normalidad los días sábados ( $p\text{-level} < \alpha = 0.05$ ) tal como se muestran en la tabla 3:

Tabla 2: Prueba de Normalidad

	Día de la semana	Shapiro-Wilk	
		Estadístico	gl Sig.
Residuos de Pescado	Martes	,910	4 ,482
	Miércoles	,845	4 ,209
	Jueves	,866	4 ,284
	Viernes	,984	5 ,953
	Sábado	,633	5 ,002
	Domingo	,930	5 ,596

Fuente: Salida del software SPSS.

Este análisis nos lleva a la necesidad de utilizar una prueba no paramétrica, específicamente un Test de Kruskal-Wallis (Tabla 4)

Tabla 3: Estadísticos de contraste<sup>a,b</sup>

	Residuos de Pescado
Chi-cuadrado	8,579
gl	5
Sig. asintót.	,127

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Día de la semana

Fuente: Salida del software SPSS.

Como se puede observar esta prueba corrobora el hecho de no existir diferencias significativas entre las cantidades medias de desechos de pescado entre los días de la semana, lo que sugiere que la estrategia a utilizar puede ser independiente del día de que se trate, esto genera un comportamiento medio diario ( $\text{Kg} \cdot \text{día}^{-1}$ ) que se resume en el siguiente intervalo de confianza  $]1188,63 \pm 267,27[$  ( $1-\alpha=0,95$ ), elemento este que se debe tener en cuenta para la generación del plan de manejo.

### *Criterios de diseño para el Plan de Manejo*

La información recopilada, el análisis FODA y el árbol de problemas elaborado, indican que los puntos críticos son el manejo de residuos de pescado y la disposición final de los mismos. En este contexto se definen los criterios para la elaboración del Plan de manejo:

#### *Mejoramiento del manejo de los residuos de pescado*

Se tienen dos alternativas viables:

- *Fabricación de la Harina de Pescado*

Se debe dar estricto cumplimiento de las normas sanitarias, ambientales y estándares técnicos vigentes para la elaboración de este producto.

Condiciones higiénicas, laborales y de seguridad apropiados en la recolección y almacenamiento de los residuos.

- *Elaboración de compost*

Se debe dar cumplimiento a lo establecido en el marco legal y regulatorio aplicable con relación al compost.

#### *Mejoramiento de la disposición final actual de los residuos en el puerto.*

Se tiene dos alternativas viables, las cuales presentan debilidades y fortalezas:

- *Fabricación de harina de pescado*

Debilidades:

- El residuo no es retirado periódicamente del puerto;
- Irregularidades en el proceso fabril;
- Incumplimiento de las normativas sanitarias de la planta productora

Fortalezas:

- Existencia de dos plantas productoras de harina de pescado
- Existe demanda del residuo
- No se requieren mayores inversiones

- *Elaboración del Compost*

Debilidades:

- Se necesita de inversión en infraestructura y fuerza de trabajo.

Fortalezas:

- Creación de puestos de trabajo;
- Bajo costo de inversión.
- Generación de ingresos económicos para el puerto.

### *Elaboración del Plan de Manejo*

Los aspectos generales a tomarse en cuenta para plantear una gestión integral de residuos de pescado en el Puerto Pesquero Artesanal incluyen:

Cumplimiento de las normas sanitarias, ambientales y estándares técnicos vigentes. Condiciones higiénicas, laborales y de seguridad apropiados, específicamente en la recolección y disposición final de los residuos de pescado. Protección del ambiente. Adicionalmente se busca dar un valor agregado a los residuos de pescado, para generar humus para recuperación de suelo, previa revisión del cumplimiento de las normas establecidas para compostaje.

### *Objetivo del Plan*

1. Minimizar los riesgos sanitarios y ambientales producidos por el manejo inadecuado de los residuos de pescado.
2. Generar un efecto económico positivo a través de la creación de valor agregado por la reutilización de los residuos de pescado.

### *Responsabilidades*

- a. Administrador: Encargado del cumplimiento de las disposiciones establecidas en el presente procedimiento, y de su adecuación si es necesario. Asigna los recursos para la correcta aplicación del presente grupo de disposiciones.
- b. Coordinador: Responsable de la puesta en marcha, operación y control del Plan de manejo y encargado de garantizar el funcionamiento del sistema de gestión de residuos. Además es responsable de hacer cumplir la normativa ambiental vigente,
- c. Personal del Área: Da cumplimiento al presente procedimiento y reporta al Coordinador de cualquier incidente relacionado con la gestión de los residuos.

### *Estructura del Plan de Manejo*

Los fundamentos y principios del plan están basados en lo establecido por la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos aprobada por el Consejo directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA (2005) y son los siguientes:

### *Fundamentos*

- a. Distintos tipos de residuos requieren de instrumentos específicos: Las exigencias para la gestión de un residuo dependerán de los riesgos para la salud y el medio ambiente, que su manejo presente.
- b. Los residuos requieren de una gestión integral, la cual, se inicia con la realización de un producto, siendo esta la primera etapa en la cual se debe intervenir.

- c. Los instrumentos de gestión promueven la estrategia jerarquizada, la cual señala la siguiente prioridad: evitar, minimizar, tratar, disponer. Este orden significa que, desde el punto de vista ambiental, la mejor alternativa es prevenir, evitando la generación de un residuo. Si no es posible evitar su generación, se debe buscar su minimización (las 3R: Reducir en cantidad y/o peligrosidad, Reusar y Reciclar, aprovechando los materiales y/o energía que contiene el residuo). Si no es posible minimizar se debe buscar su tratamiento. Consecuentemente está la disposición final del residuo.
- d. Los intereses del mercado orientan el manejo de residuos dentro del marco regulatorio: Las empresas generadoras están obligadas a contratar prestadores de servicios autorizados para el manejo de sus residuos, cuestión establecida en el Código Sanitario D.S. No. 594, de Chile.
- e. El manejo eficiente de los residuos requiere de una visión regional.

#### *Principios*

- a. El que contamina paga: El generador de residuos debe internalizar los costos del correcto manejo y disposición final de los mismos.
- b. Equidad: En la distribución de tareas, deberes y derechos con relación al manejo adecuado de los residuos.
- c. Gradualidad: En la aplicación de leyes y normas ambientales deben considerar, de acuerdo a cada caso.
- d. Principio precautorio: Prevenir riesgos derivados de la producción de residuos, (efectos nocivos para la salud).
- e. Responsabilidad de la cuna a la tumba: Implica que el generador es responsable del transporte adecuado de sus residuos, sea por medios propios o a través de la contratación de terceros, y de asegurar que éstos ingresen a un sitio autorizado.
- f. Racionalidad económica: Se debe asegurar que las decisiones tomadas por los distintos actores e instituciones participantes sean racionales desde el punto de vista económico, es decir, que minimicen costos sociales y/o maximicen beneficios sociales.
- g. Sustentabilidad ambiental: los responsables de la generación de residuos se hacen responsables de todo el ciclo de vida de estos.

#### *Manejo de Residuos*

El diagrama de flujo que resume el manejo de los residuos se entrega en la figura 3:

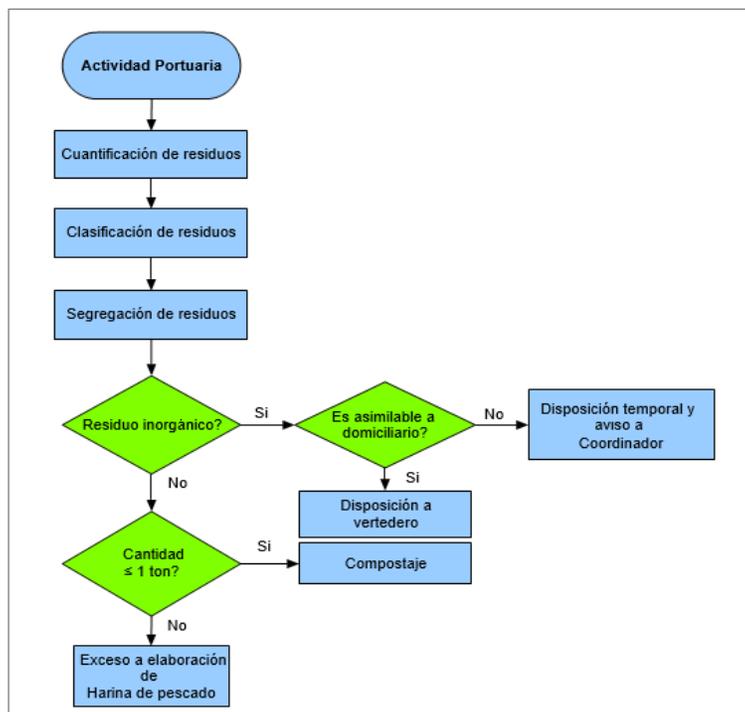


Figura 3: Propuesta para el Manejo de residuos del Puerto Pesquero Artesanal de Coquimbo.

### *Clasificación y segregación*

Aunque los residuos de pescado son calificados como no peligrosos según el DS N° 594/99 y el Reglamento sobre manejo sanitario de residuos peligrosos, debe existir un control de los residuos dentro del área, desde la fuente de origen hasta su disposición final. De tal forma debe lograrse minimizar los residuos y así prevenir impactos ambientales. Para ello, los componentes principales de la estrategia son: reducir, reciclar (insumos), recuperar (sub-productos), tratar y disponer.

### *Área de almacenamiento de residuos de pescado*

Se deben verificar los siguientes requisitos:

- Los residuos de pescado deben ser almacenados en contenedores de polietileno de alta densidad rotomoldeado, de triple pared, con esquinas redondeadas (para evitar la acumulación de bacterias y facilitar la limpieza), que incluyan tapa y tapón para desagüe, que sean manejables con montacargas y que cuenten con un tratamiento de rayos UV para su servicio exterior.
- Deben almacenarse en una cámara frigorífica, a una temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$ .
- No deben estar obstruyendo vías de evacuación de emergencia.
- No deben estar cercanas a la bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas.
- No deben estar cercanas a fuentes de calor.

- No deben estar cerca de lugares de manipulación, consumo y almacenamiento de alimentos.
- No deben estar en sectores con riesgo de inundación.
- Deben tener fácil acceso.
- Deben encontrarse próximos a sistemas de suministro de agua para limpieza.
- Deben contar con un espacio libre que permita la retirada y manejo de los contenedores.

### *Higiene y salud*

Para mantener condiciones higiénicas del puerto se deberá:

- Limpiar de inmediato el escurrimiento de sangre de los residuos de pescados depositados en los contenedores.
- Impedir la proliferación de ratones y otros vectores sanitarios.
- Luego de cada depósito de residuos en los contenedores, no olvidar colocar la tapa.
- Lavar constantemente los contenedores.
- Colocar un techado sobre los contenedores de los residuos, para evitar el incremento de temperatura durante el día, al interior de los mismos.

Adicionalmente se debe revisar y asegurar el cumplimiento del Decreto Supremo n° 594, del Reglamento sobre condiciones sanitarias y Ambientales Básicas en los lugares de trabajo.

### *Aspectos Operacionales*

Se deberá:

- Facilitar la manipulación y recolección de los recipientes.
- Reducir los riesgos de accidentes de los operarios de recolección.
- Facilitar el control cualitativo y cuantitativo de los residuos a través de registros.
- Dotar de indumentaria necesaria a los encargados del manejo de los residuos de pescado.

### *Capacidad y peso de los recipientes*

En este aspecto, las condiciones básicas son:

- Los recipientes deben tener una capacidad para contener los residuos producidos entre los intervalos de recolección.
- Los recipientes deben ser adecuados en forma, peso y resistencia para posibilitar la recolección eficaz y segura.

*Alternativas de disposición final de los residuos*

Se propone dos alternativas que se describen a nivel de perfil:

*a) Compostaje de residuos*

*Marco Legal y Regulatorio aplicable. Requisitos con relación al Compost. NCh 2880 (2004).*

Para promover la gestión adecuada de los residuos orgánicos y fomentar la industria nacional del Compostaje, el Instituto Nacional de Normalización ha preparado la NCh 2880 (2004), Compost – Clasificación y requisitos, donde se señalan los parámetros que deben cumplir las materias primas que se usan en la producción de compost. En la tabla 5, uno de los parámetros que destaca, es el del contenido de metales pesados:

Tabla 5. Parámetros que deben determinarse en las materias primas para compostaje.

<b>Parámetros generales</b>	<b>Parámetros especiales</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material inerte</li> <li>• Metales pesados totales: Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humedad (Lodos)</li> </ul>

Fuente: NCh 2880

Los valores máximos respecto a metales pesados se aprecian en la Tabla 6, que se detalla a continuación:

Tabla 6. Concentración máxima de metales pesados para materias primas para compostaje según NCh 2880.

<b>Elementos traza</b>	<b>Concentración máxima (mg/kg) base seca<sup>1)</sup></b>
Cadmio	10
Cobre	1 500
Cromo	1 000
Mercurio	10
Níquel	200
Plomo	800
Zinc	3 000
1) Concentraciones expresadas como contenidos totales.	

Fuente: Norma Chilena 2880.

En cuanto a los parámetros a determinar en Compost, estos se resumen en la Tabla 7.

Se consideran materias primas para compostaje los materiales compostables: los residuos orgánicos asimilables a domiciliarios; eviscerado de pescado y otras que establezca la Autoridad Competente (NCh 2880, 2004).

### Construcción y Operación del Sistema

Para efecto del presente Plan de Manejo se recomienda utilizar un sistema de compostaje abierto, acorde al tamaño de la localidad y con la finalidad de que se pueda procesar de tres a cuatro toneladas de residuos orgánicos por día. Este sistema se detalla a continuación:

#### *Sistema de Compostaje abierto - Pilas estáticas en reactores sin aireación forzada.*

Es un sistema tradicional, donde los sustratos a compostar se disponen en pilas/hileras que pueden estar al aire libre o cubiertas. En este sistema de compostaje las pilas no se voltean, de aquí el nombre de 'pilas estáticas'. Se utilizan reactores de PVC de 220 L, con una malla metálica de 10 cm de la base y un tubo perforado ubicado verticalmente para facilitar la aireación. Los lixiviados son recogidos en la base del reactor y se utilizan para rehumedecer la mezcla. Los reactores se instalan en un tinglado bajo techo (Mazzarino, Laos, Satti, Roselli, Moyano, Tognetti y Labud, 2005).

Tabla 7. Parámetros a determinar en Compostaje

<b>Físicos</b>	<b>Químicos</b>	<b>Orgánicos y biológicos</b>	<b>Patógenos</b>	<b>Parámetro obligatorio para composta para la agricultura orgánica</b>	<b>Parámetro que puede ser requerido por la autoridad competente</b>
Distribución del tamaño de las partículas	Carbono orgánico	Materia orgánica	Coliformes fecales (Salmonella sp)	Selenio total	Patógeno (Huevos viables de helmitos)
Densidad aparente	Nitrógeno total	Índice de madurez			
Material inerte	Metales pesados totales: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn				
Humedad	Conductividad eléctrica				
	pH				

Fuente: Norma Chilena 2880

Para la formación de la pila se aconseja proceder de la siguiente manera:

- Preparar la mezcla de residuos. Para el caso del eviscerado de pescado, se debe utilizar aserrín y viruta de madera como agente estructurante, en una relación 3:1 (en peso).
- Colocar sobre el sistema de tuberías de aireación una capa de unos 30 cm de un material esponjoso (generalmente aserrín).
- Poner sobre esa capa de material esponjoso la mezcla de residuos que se desea compostar.

- Colocar sobre la superficie exterior de la pila una capa de compost (Mazzarino et al., 2005).

#### *Parámetros de control y afectación del proceso.*

Los factores que afectan el proceso de compostaje, están íntimamente relacionados con parámetros como la naturaleza de los desechos orgánicos y/o con sus condiciones de desarrollo de la población microbiana, esta última afecta el proceso, porque durante la transformación de la materia orgánica los microorganismos requieren condiciones ambientales óptimas en cada una de sus fases (Röben, 2002).

*Humedad:* Los residuos de pescado poseen un porcentaje mayor al 40% de humedad, para lo cual debe realizarse un acondicionamiento físico para conseguir una mezcla que posea un adecuado número de poros disponibles para la circulación del aire, y un acondicionamiento energético para conseguir un buen balance termodinámico que permita la pérdida del agua imprescindible para obtener un producto final que cumpla las normas establecidas (Röben, 2002). En dichos residuos, los espacios pueden ser ocupados por aire y pueden quedar reducidos prácticamente a cero, utilizando un agente estructurante (viruta o aserrín), cuya función es suministrar un soporte estructural al residuo, de forma que se creen espacios o poros que puedan ser ocupados por aire, y que su tamaño asegure el movimiento del aire en el interior de la mezcla.

Si se añade una cantidad escasa de agente estructurante, sus partículas individuales no estarán en contacto unas con otras; estarán inmersas en el residuo y prácticamente no se aumentará ni el tamaño de los poros ni el espacio que puede ser ocupado por el aire. Por otra parte, una excesiva cantidad de agente estructurante aumentará la cantidad de material a manejar diariamente; se requerirá mayor superficie y aumentarán los costes (Mazzarino et al., 2005). La cantidad de humedad que puede adsorber un agente estructurante, como las virutas de madera, es considerable (Haug, 1993).

*Relación Carbono – Nitrógeno (C/N):* El Carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el Nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación C/N óptima de entrada de material "crudo o fresco" a compostar es de 25 unidades de Carbono por una unidad de Nitrógeno, es decir  $C(25)/N(1) = 25$ . En términos generales, una relación C/N inicial de 20 a 30 se considera como adecuada para iniciar un proceso de compostaje (Almaguel y Cruz, 2012, p.2). A título de ejemplo, supongamos que disponemos de aserrín y residuo de pescado, un balance adecuado se lograría mezclando tres partes (unidades ponderales) de residuo de pescado con una parte de aserrín, obteniendo una relación C/N de entrada de aproximadamente 20. (Haug, 1993).

*pH:* El rango de pH tolerado por las bacterias en general es relativamente amplio, existen grupos fisiológicos adaptados a valores extremos. No obstante pH cercano al neutro (pH 6.5-7.5), ligeramente ácido o ligeramente alcalino asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos

(Buendía, 2012). Valores de pH inferiores a 5.5 (ácidos) inhiben el crecimiento de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores superiores a 8 (alcalinos) también son agentes inhibidores del crecimiento, haciendo precipitar nutrientes esenciales del medio, de forma que no son asequibles para los microorganismos (Haug, 1993).

*Aireación:* El objetivo es favorecer los metabolismos de respiración aerobia. Cuando como consecuencia de una mala aireación la concentración de Oxígeno alrededor de las partículas baja a valores inferiores al 20% (concentración normal en el aire), se producen condiciones favorables para el inicio de las fermentaciones y las respiraciones anaeróbicas (Tchobanoglous, Theisen y Vigil, 1994). La ventilación controlada impulsa la actividad de los microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje, por lo que se consigue una rápida transformación de los residuos en compost (4-8 semanas) (Haug, 1993).

*Temperatura:* Es un efecto en cuanto que su elevación se debe a la acumulación de calor generado por los microorganismos encargados del proceso y, al mismo tiempo, causa porque determina el tipo de actividad metabólica en cada momento (Mazzarino et al., 2005).

*Control de la Temperatura:* Debe ser tomada en el núcleo de la pila, con termómetros especialmente diseñados para este fin. Considerando la longitud del camellón (24 m.) se recomienda tomar la temperatura en dos puntos equidistantes y tomar el valor promedio aritmético entre los dos puntos (Sztern y Pravia, 1999, p.31). Como regla general y para conservar el instrumento que utilice, se debe practicar primero con una varilla metálica de mayor diámetro que el termómetro, una perforación, y luego introduzca el instrumento. Marcar el lugar donde se practicó la perforación, para utilizarlo en una nueva oportunidad. Es conveniente, realizar más de una lectura por metro lineal de la pila y promediar los resultados (Haug, 1993).

#### *Área de Compostaje*

En el Puerto, tomando en cuenta la sugerencia del Administrador, la posible área de ubicación de la cancha de compostaje, yacería en la parte final del estacionamiento. La dimensión de la cancha estará determinada por la Unidad de Compostaje (Uc) y el Tiempo de Compostaje (Tc). Por ejemplo, asumamos un  $T_c = 90$  días, la conformación de las pilas la realizamos en forma mensual, es decir, mensualmente ocupamos un área de base de pila de  $7.2 \text{ m}^2$  en 90 días, el área necesaria para la instalación de las tres parvas es de  $7,2 \text{ m}^2 \times 3 = 21,6 \text{ m}^2$ . Debemos considerar además el espacio necesario entre pilas, a los que llamaremos pasillos. Si la operativa es manual, el ancho del pasillo puede situarse en el entorno de 2 a 2,5 m. El número de pasillos se calcula: (Número de parvas -1), + (el área correspondiente a la mitad del área de base de una parva). Esta última área es la que permite maniobrar con amplitud (Sztern y Pravia, 1999, p.29).

### *b) Almacenamiento y transporte de residuos a la Fábrica de harina de pescado*

La propuesta que a continuación se describe se basa en el diagnóstico realizado y consiste en el siguiente proceso:

*En el puerto:* El pescado se vende en el muelle (pescador – comerciante), se eviscera y los residuos del mismo deben ser sometidos a congelación seguida del almacenamiento en frío para su conservación prolongada. Cuando el eviscerado es manual, el pescado normalmente se debe mantener con hielo por debajo y encima del mismo y se va sacando de a un ejemplar por vez (Graham, Johnston y Nicholson, 1993).

*Almacenamiento:* Consecuentemente se coloca los contenedores con los residuos de pescado, en la cámara frigorífica (existente en el puerto), pero no basta ponerlos en la misma sin hielo; el enfriamiento sería muy lento, porque el aire es un mal conductor térmico, por lo que, debe mezclarse primero con trozos pequeños de hielo y prontamente ubicarlos en la cámara frigorífica, de modo que la misión del hielo quede limitada a enfriar el residuo y no el aire caliente exterior. El hielo que se coloca en los contenedores de almacenamiento del residuo tiene dos funciones: primero, enfriar el pescado a 0°C y, segundo, mantenerlo a dicha temperatura a pesar del calor que penetre en la caja desde el entorno, al momento de ser trasladados a la planta productora. Normalmente, el pescado se calienta mucho durante la manipulación y elaboración. Incluso en climas templados, aunque el pescado llegue a una temperatura cercana a 0°C, los filetes producidos al cabo de pocas horas pueden estar a 10°C o más en el momento del traslado. Estas variaciones de temperatura se traducen en un aumento mensurable de la velocidad de putrefacción o pérdida de calidad (Graham et al., 1993).

*Transporte:* Para el traslado a la fábrica de harina de pescado, los contenedores (con las características sugeridas anteriormente) pueden mantener su temperatura óptima, sin embargo, es recomendable colocar hielo encima del residuo y garantizar que este, mantendrá el producto a una temperatura de entre 0°C y 4°C, hasta llegar a su destino. Se debe realizar el transporte según la capacidad, sin que haya excesivo sobrepeso de hielo o cualquier otro aislante sobre el producto para evitar daños por la presión. El transporte se lo debe ejecutar en vehículos cerrados para prevenir su contaminación (Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, 2015, p.46).

Los responsables de la Planta productora de harina de pescado, deberán retirar los residuos tres veces a la semana, preferiblemente los martes, jueves y sábados (los lunes no hay producción de residuo) y en horario de 18h00 a 19h00. Así los miércoles, viernes y domingos, se destinará los residuos de pescado a la realización del compost.

## **Discusión**

A través de la recopilación de información, se logra integrar y desarrollar la identificación, cuantificación, caracterización y clasificación de los residuos de

pescado, referenciando la normativa actual, como también los parámetros a considerar en el diseño del estudio. En vista de que la generación diaria de residuos de pescado es considerable y su disposición final se ve comprometida, se plantean dos propuestas, mismas que son realizables, ya que su inversión es mínima y requieren de una eficiente organización por parte de la Administración del Puerto. Los registros de las estadísticas de desembarque anuales de SERNAPESCA, fueron claves para la caracterización de los residuos de pescado. Se determinó tres especies representativas y frecuentes desembarcadas en el Puerto de Coquimbo (*Engraulis ringens*, *Trachurus murphyi*, *Scomber japonicus*).

La cuantificación de los residuos se vio favorecida por la disposición de materiales y equipos para pesaje, tales como: una grúa y balanza industrial. Los parámetros más representativos establecidos por la NCh. 2880 y desde el punto de vista del proceso de compostaje y calidad de realización de compost, que se toman en cuenta son: La relación C/N, humedad, pH, densidad, fósforo y potasio. La proporción existente entre carbono y nitrógeno es uno de los parámetros esenciales para determinar desde un comienzo la calidad de un compost, por lo que, para estabilizar la relación C/N del residuo pescado (4,3 – 4,9), se debe adherir viruta o aserrín como agente estructurante, dado que poseen una relación C/N de 400 (C%= 40, N% = 0,1). La humedad es otro factor de interés, debido a que afecta la disponibilidad de oxígeno presente en la pila a compostar.

En el proceso de compostaje, el pH óptimo para que actúen los microorganismos es de 6.5 a 7.5; sin embargo, estos valores varían durante todo el proceso (O’Ryan y Riffo-Prado, 2007, p. 18). No existen diferencias significativas entre la cantidad de residuos generados diariamente, lo que sugiere que la estrategia a utilizar puede ser independiente del día que se trate (exceptuando los lunes). Por tanto, se considera que se debe destinar una parte del residuo a la pila de compostaje (3 m<sup>3</sup> de residuo con 1 m<sup>3</sup> de aserrín) y el sobrante corresponde enviar a la planta productora de harina de pescado, de esta manera no se desperdicia el residuo y abastece a los dos procesos.

La elaboración de compost a base de residuos de pescado, surge como una propuesta con base en estudios y experiencias realizadas por el Grupo de Suelos del CRUB de la Universidad Nacional de Comahue, bajo la dirección de Julia Mazzarino. Han desarrollado experiencias de compostaje con residuos orgánicos desde 1994, en el N.O. de la Patagonia, específicamente con eviscerados de pescado y cuyo aspecto importante es la calidad del producto final en cuanto al contenido de materia orgánica, nutrientes, pH, humedad y conductividad eléctrica (Mazzarino et al., 2005).

Los criterios determinados para el Plan de manejo están orientados a mejorar la disposición de los residuos de pescado, abordando estrategias de disposición, tratamiento y reutilización de los mismos. La elaboración del mismo es con la finalidad de minimizar los riesgos sanitarios y ambientales producidos por el

manejo inadecuado de estos. Si bien la presente propuesta para la realización de compost con residuos de pescado es nueva e innovadora en la Región de Coquimbo, las posibilidades para su realización son altas, debido a la disposición de recursos pelágicos existentes en la zona.

El presente trabajo puede ser el inicio de una nueva forma de evitar verter los residuos de pescado al mar, producidos en los Puertos de la Región. Es una propuesta económica, fácil de realizar y requiere de poco personal. El producto resultante puede ser comercializado como compost para la recuperación de suelos, generando así un nuevo ingreso económico para el Puerto y creando nuevas plazas de trabajo. El producto puede ser gestionado y comercializado a través de empresas u organizaciones dedicadas a la venta de Compost. Como sugerencia se cita al “Grupo Red Orgánica” de la región de Coquimbo, que comercializan compost y reciclan materia orgánica para la recuperación de suelos erosionados.

## **Conclusiones**

En base a la información recopilada, se destaca que la Administración del Puerto ejecuta esfuerzos continuos orientados al manejo de los residuos de pescado, sin embargo, estos se han visto comprometidos por el desconocimiento de herramientas de gestión ambiental idóneas para este proceso. La identificación, cuantificación, clasificación y caracterización de los residuos de pescado permite conocer el volumen generado por día en el Puerto, así como las especies más representativas y frecuentes de desembarque. El análisis estadístico corrobora el hecho de no existir diferencias significativas entre las cantidades medias de residuos de pescado generadas entre los días de la semana. Se excluyó los lunes, dado que hay producción casi nula de residuo.

Los parámetros C/N, Humedad, pH, Fósforo y Potasio presentan valores que indican la factibilidad técnica de los residuos de pescado a ser compostables y destinados a la elaboración de harina de pescado. En virtud a lo mencionado, se diseña un plan de manejo que contiene aspectos como recolección, clasificación, segregación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final para una gestión integral de los residuos de pescado.

La elaboración de compost a base de residuos de pescado, se constituye como una alternativa nueva, innovadora, económica, factible de realizar, que genera ingresos económicos y una solución viable a los problemas ambientales generados en el Puerto. En cuanto a la elaboración de harina de pescado, su traslado a la Planta productora se debe realizar bajo los criterios que se proponen en este estudio, que aseguran su conservación y condiciones óptimas para su posterior utilización, garantizando la calidad del producto a generar.

## **Referencias bibliográficas**

Almaguel, R. y Cruz, E. (2012). El compostaje. Una tecnología sostenible para la familia en el tratamiento de las excretas porcinas y los residuos orgánicos de la

granja. Instituto de investigaciones porcinas. Gaveta postal No. 1. Punta Brava. La Habana. Cuba. p.2.

Buendía, H. (2012). Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante compost de aserrín y estiércoles (tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos (2015). Manual de Buenas Prácticas de manejo y aseguramiento de la calidad de productos pesqueros. p.46. Recuperado de <http://www.gobiernogalapagos.gob.ec/biblioteca/>

Corporación Regional de Desarrollo Productivo (2017). Línea manejo de residuos. Región Coquimbo. Recuperado de [www.crdp.cl/otros/1018695575\\_1\\_CRDP\\_Linea\\_Manejo\\_de\\_Residuos\\_AGO17.pdf](http://www.crdp.cl/otros/1018695575_1_CRDP_Linea_Manejo_de_Residuos_AGO17.pdf)

Decreto Supremo N°594, del Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Chile, 29 de abril del 2000.

Espinal, W. (2016). Pescado seco – madurado: Otra alternativa tecnológica para una mejor utilización de pequeños pelágicos. Instituto Tecnológico Pesquero del Perú. Recuperado de <http://www.oannes.org.pe/upload/20160922154732624679226.pdf>

Graham, J., Johnston, W.A. y Nicholson, F.J. (1993). El hielo en las pesquerías. FAO Documento Técnico de Pesca, No. 331. Roma, FAO. 95p.

Haug, R. T. (1993). The Practical Handbook of Compost Engineering. Lewis Publishers New York. p. 752.

Illera-Vives, M., Seoane Labandeira, S. & López-Mosquera, M.E. J Appl Phycol (2013) 25: 1395. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-9997-3>

Ingeniería Alemana S.A. (2010). “Estudio de análisis y evaluación técnica, económica y ambiental para alternativas de manejo, tratamiento y disposición final de residuos sólidos domiciliarios y asimilables de la Región de Coquimbo”.

Instituto del Mar del Perú, IMARPE – ITP. (2005). Compendio biológico tecnológico de las principales especies hidrobiológicas comerciales del Perú. Recuperado de <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/handle/123456789/1387>

Mazzarino, M.J., Laos, F., Satti, P., Roselli, L., Moyano, S., Tognetti, C., y V. Labud. (2005). Aprovechamiento Integral de Residuos orgánicos en el n.o. de Patagonia. Grupo de Suelos del CRUB, Universidad Nacional Comahue, (Ed.), Quintral, Bariloche, 1250 (8400).

Moreno, C. (septiembre, 2016). Procesos tecnológicos pesqueros: Principales recursos marinos y composición química. Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Nuevo Chimbote, Perú.

Norma Chilena 2880. Instituto Nacional de Normalización compost. Clasificación y requisitos. Chile, 2004.

O'Ryan, J. y Riffo, M. (2007). Manual: El compostaje y su utilización en la agricultura (p.18). Fundación para la Innovación Agraria – Universidad de las Américas. Santiago, Chile.

Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Aprobada por el Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA. Santiago, Chile, 17 de enero del 2005.

Röben, E. (2002). Manual de Compostaje para Municipios. DED Ecuador/Ilustre Municipalidad de Loja, Ecuador. p68.

SERPLAC IV Región de Coquimbo. (2006). Plan Regional de Gobierno 2006 – 2010. Región de Coquimbo. Recuperado de [https://www.gorecoquimbo.cl/sgp/.../Plan\\_Regional\\_de\\_Gobierno%202006\\_2010.pdf](https://www.gorecoquimbo.cl/sgp/.../Plan_Regional_de_Gobierno%202006_2010.pdf)

Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, SERNAPESCA (2009). Estadísticas de desembarque Puerto Pesquero Artesanal de la ciudad de Coquimbo. Región de Coquimbo, Chile. Recuperado de [http://www.sernapesca.cl/?option=com\\_repository&Itemid=243&func=select&id=264](http://www.sernapesca.cl/?option=com_repository&Itemid=243&func=select&id=264)

Sztern, D. y Pravia, M. (1999). Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de la Salud. p.29.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. (1994). Gestión integral de Residuos sólidos. Mc Graw Hill. Interamericana de España S. A., Madrid, 770-784 p.

