



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE



TESIS

**MODELACIÓN MATEMÁTICA, DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE TRUCHAS (*Oncorhynchus mykiss*) Y
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN LOS DISTRITOS DE JULI Y
POMATA DE LA REGIÓN PUNO**

PRESENTADA POR:

JOSÉ DAVID VELEZVÍA DÍAZ

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

PUNO, PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO
AMBIENTE

TESIS

**MODELACIÓN MATEMÁTICA, DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE TRUCHAS (*Oncorhynchus mykiss*) Y
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN LOS DISTRITOS DE JULI Y
POMATA DE LA REGIÓN PUNO**



PRESENTADA POR:

JOSÉ DAVID VELEZVÍA DÍAZ

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE

.....
Dr. ALBERTO COAMA SULLCA

PRIMER MIEMBRO

.....
Dr. ALEJANDRO COLOMA PAXI

SEGUNDO MIEMBRO

.....
Dra. ALICIA MAGALY LEON TACCA

ASESOR DE TESIS

.....
Dr. EDILBERTO VELARDE COAQUIRA

Puno, 27 de junio de 2022

ÁREA: Ciencias Biomédicas.

TEMA: Modelación matemática, diseño de un sistema de gestión de residuos sólidos de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) y evaluación de impacto ambiental en los distritos de Juli y Pomata de la Región Puno

LÍNEA: Recursos Naturales y Medio Ambiente.



DEDICATORIA

A Jehová Dios,

Por las bendiciones y los dones espirituales recibidos

A mis padres Segundo y Olga,

Por la fuerza, humildad y enseñanzas para enfrentar la vida

A mi esposa Susy e hijos Julissa, Pierina y Dani.

El tesoro más grande que me dio la vida

El mundo es tuyo, pero tienes que ganártelo

Kim Woo - Choong

El porvenir del Perú está en el mar

Luis Banchero Rossi



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, Escuela de Posgrado, Programa de Doctorado de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente por las enseñanzas y formación como investigador.

Al presidente de jurado Dr. Alberto Ccama Sullca, mi más sincera gratitud por la exhaustiva revisión de la investigación, primer miembro Dr. Alejandro Coloma Paxi, por las indicaciones, y segundo miembro Dra. Alicia Magaly Leon Tacca, por las sugerencias.

A mi asesor Dr. Edilberto Velarde Coaquira, por la conducción de la investigación.

Al Director de la Dirección Regional de Producción Puno Lic. Edwin Marca Sairitupa, por su apoyo brindado de conexión con las asociaciones de productores de truchas.

A la Lic. Yanet Chara Galindo Gerente General de Titikaka Trout Peru S. C. R. L. de Faro Pomata, por su especial espíritu colaborativo.

Lic. Yonny Choque Quispe Secretario de la Asociación de Productores de Truchas de Faro Pomata y a los empresarios por su decidido apoyo en las entrevistas.

Al Lic. Yohe Gómez Mulluni Presidente la Asociación de Productores de Truchas de Chukasuyo Juli y empresarios por su importante apoyo con la asociación.

A la Ing. Berenice Ramírez Chuquimia en el análisis de datos, Ing. Pedro Barriga e Ing. Roxana Marón en la colección de datos e informática, al Ing. Lenin Yapu de Piscifactorías, por el expertise en el manejo de residuos sólidos orgánicos de truchas.

A los docentes del Programa de Estudios de Biología: Pesquería, de la Escuela Profesional de Biología, Facultad de Ciencias Biológicas de la UNA Puno, por sus aportes.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
ACRÓNIMOS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico	3
1.1.1. Trucha arcoíris	3
1.1.1.1. Distribución geográfica	4
1.1.1.2. Taxonomía de la trucha	4
1.1.1.3. Vísceras de pescado	4
1.1.1.4. Agua de cola	5
1.1.1.5. Enzimas proteolíticas	5
1.1.2. Modelación matemática	6
1.1.2.1. Modelo matemático	6
1.1.2.2. Elementos básicos, propiedades y procesos para hacer un modelo matemático	6
1.1.2.3. Tipos de modelos matemáticos	7
1.1.3. Sistema de gestión de los residuos sólidos	8
1.1.3.1. Diseño y desarrollo	8
1.1.3.2. Sistema de gestión integral de residuos sólidos urbanos	8
1.1.3.3. Descripción de un diseño de sistema de gestión	9
1.1.3.4. Normas nacionales de gestión integral de residuos sólidos	11
1.1.3.5. Subproductos utilizables de origen pesquero	12



1.1.3.6. Ensilado de residuos de pescado	13
1.1.3.7. Ensilado químico de pescado	13
1.1.3.8. Hidrolizado de pescado	14
1.1.3.9. Biol	15
1.1.3.10. Biogás	15
1.1.4. Impacto ambiental en suelos, superficies agrícolas y de pastoreo	15
1.1.4.1. Impacto ambiental	15
1.1.4.2. Impacto ambiental en suelos y superficies agrícolas	16
1.1.4.3. Conversión de nitrógeno y fósforo	16
1.2. Antecedentes	17
1.2.1. Modelo matemático	17
1.2.2. Gestión de residuos sólidos de industrias pesqueras y municipales	19
1.2.2.1. Utilización de subproductos de pescado	20
1.2.3. Impacto ambiental	25

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema	26
2.2. Enunciados del problema	27
2.3. Justificación	27
2.4. Objetivos	28
2.4.1. Objetivo general	28
2.4.2. Objetivos específicos	28
2.5. Hipótesis	28
2.5.1. Hipótesis general	28
2.5.2. Hipótesis específicas	28

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio	30
3.2. Población	31
3.3. Muestra	31
3.3.1. Tamaño de la muestra	31
3.4. Método de investigación	33
3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	34



3.5.1. Modelo estadístico por regresión lineal múltiple de generación de residuos sólidos orgánicos de truchas.	34
3.5.2. Elaboración de propuesta de diseño de un sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos de truchas.	37
3.5.3. Evaluación de impacto ambiental generados por los residuos sólidos orgánicos de truchas.	60

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Modelos estadísticos de residuos sólidos orgánicos de truchas de las empresas pesqueras de los distritos de Juli y Pomata.	63
4.1.1. Modelo estadístico de residuos sólidos orgánicos de truchas de empresas pesqueras del distrito de Juli.	63
4.1.2. Modelo matemático de residuos sólidos orgánicos de truchas de empresas pesqueras del distrito de Pomata.	67
4.1.3. Propuesta de diseño de un sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos de truchas para empresas pesqueras de los distrito de Juli y Pomata	72
4.2. Evaluación del impacto ambiental	81
4.2.1. Evaluación cualitativa del impacto ambiental con matriz de Leopold modificada para empresas truchícolas del distrito de Juli.	81
4.2.2. Comparativos de impacto ambiental entre las empresas truchícolas de los distritos de Juli y Pomata.	82
4.2.3. Evaluación cuantitativa del impacto ambiental con Prueba de media de empresas truchícolas del distrito de Juli.	90
4.2.4. Evaluación cualitativa del impacto ambiental con matriz de Leopold modificada de empresas truchícolas del distrito de Pomata.	91
4.2.5. Evaluación cuantitativa de impacto ambiental con prueba de media de empresas truchícolas del distrito de Pomata.	92
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA	96
ANEXOS	116

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Generación de residuos sólidos orgánicos de truchas en la región Puno 2017 toneladas métricas.	17
2. Distribución por estratos de empresas de truchas de los distritos de Juli y Pomata 2022.	32
3. Operacionalización de variables.	33
4. Análisis de Variancia ANVA unifactorial de modelos estadísticos.	36
5. Implementación de un programa de capacitación en residuos sólidos orgánicos de trucha para los distritos de Juli y Pomata.	55
6. Medidas y planes de mejora de los impactos ambientales para las empresas truchícolas de los distritos de Juli y Pomata	57
7. Matriz de Leopold modificada de evaluación de impacto ambiental.	61
8. Análisis de Varianza para los residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Juli.	64
9. Coeficientes de regresión para residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Juli	65
10. Pruebas de normalidad de validación del modelo estadístico de residuos sólidos de truchas del distrito de Juli.	65
11. Factores de inflación de la varianza (VIF) de validación del modelo estadístico de residuos sólidos de truchas del distrito de Juli.	66
12. Prueba para la significancia de la regresión del modelo estadístico de residuos sólidos de truchas del distrito de Pomata.	69
13. Pruebas de normalidad de validación del modelo estadístico de residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Pomata.	69
14. Factores de inflación de la varianza (VIF) de validación del modelo estadístico de residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Pomata.	70
15. Matriz de Leopold modificada de evaluación del impacto ambiental de residuos sólidos orgánicos de truchas para el distrito Juli.	81
16. Estadísticos para identificar el nivel del impacto ambiental en empresas truchícolas del distrito de Juli.	90
17. Matriz de Leopold modificada de evaluación del impacto ambiental de residuos sólidos orgánicos de truchas para el distrito de Pomata.	91



18.	Estadísticos para identificar el nivel del impacto ambiental en empresas truchícolas del distrito de Pomata.	92
19.	Base de datos para determinar el coeficiente alfa de Cronbach de confiabilidad del instrumento en empresas truchícolas de los distritos de Juli y Pomata (46 entrevistados y 15 ítems).	118
20.	Formato de validación de contenido del instrumento N° 01	120
21.	Formato de validación de contenido del instrumento N° 02	121
22.	Formato de validación de contenido del instrumento N° 03	122
23.	Base de datos de productores de truchas de la comunidad de Chukasuyo del distrito de Juli, 2022.	123
24.	Base de datos de productores de truchas en el sector Faro del distrito de Pomata 2022.	124
25.	Base de datos para identificar el nivel del impacto ambiental mediante la Prueba de media.	125
26.	Base de datos de productores de truchas de la comunidad de Chukasuyo del distrito de Juli 2022 (Escala de Likert).	126
27.	Base de datos de productores de truchas en el sector Faro del distrito de Pomata 2022 (Escala de Likert).	127
28.	Variables para encontrar modelo estadístico de residuos sólidos orgánicos de truchas.	128
29.	Estadísticos correspondientes a los residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Juli.	130
30.	Estadísticos correspondientes a los residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Pomata.	132
31.	Coeficientes de regresión para los residuos sólidos orgánicos de truchas.	134
32.	Calificación de la Magnitud e Importancia del impacto ambiental positivo para su uso con la matriz de Leopold.	136
33.	Calificación de la magnitud e importancia del impacto ambiental negativo para su uso con la matriz de Leopold.	137

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Modelo de gestión de la calidad basado en procesos.	10
2. Producción Más Limpia (PML) en procesos.	24
3. Localización de la zona pesquera de los distritos de Juli y Pomata, provincia de Chucuito-Puno.	30
4. Representación esquemática de los elementos de un proceso adaptado a la actividad acuícola según la Norma ISO 9001:2015.	37
5. Representación de la estructura de la Norma Internacional con el ciclo PHVA	38
6. Programa de Producción más Limpia (PML) en los procesos.	42
7. Flujo de elaboración de ensilado biológico de vísceras de truchas.	43
8. Balance de materia del proceso de coagulación/floculación del agua de cola.	43
9. Recuperación de sólidos en el tratamiento por coagulación/floculación del agua de cola.	44
10. Fabricación de harina y aceite de pescado.	45
11. Esquema de utilización de residuos sólidos orgánicos y efluentes de trucha (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) para los distritos de Juli y Pomata.	47
12. Diseño de flujograma de procesos adaptado a la producción truchícola para los distritos de Juli y Pomata.	50
13. Proceso de diseño de una planta adaptado de Sinnott et al., 2012.	52
14. Diseño de una planta de utilización de residuos sólidos orgánicos de truchas.	53
15. Probabilidad normal del modelo de residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Juli.	66
16. Análisis de los residuos de valores estimados de variables en estudio del distrito de Juli.	67
17. Probabilidad normal del modelo estadístico de residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Pomata.	70
18. Análisis de los residuos en relación a los valores estimados de las variables en estudio del distrito de Pomata.	71
19. Propuesta de diseño de un sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos de truchas (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) para las empresas truchícolas de los distritos de Juli y Pomata de la región Puno.	73

20.	Elaboración de subproductos a partir de residuos sólidos orgánicos de truchas de productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).	77
21.	Elaboración de subproductos comestibles por productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).	79
22.	Descartes de trucha aprovechables por medio de la biotecnología en los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).	80
23.	Disposición final de residuos sólidos orgánicos de truchas de productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).	82
24.	Impacto ambiental de los residuos sólidos orgánicos de truchas en el litoral lacustre, de productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).	83
25.	Impacto ambiental de residuos sólidos orgánicos de truchas en el aire, circundante a los productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).	84
26.	Impacto ambiental de los residuos sólidos orgánicos de truchas en suelos agrícolas, de productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).	85
27.	Impacto ambiental de residuos sólidos orgánicos de truchas en pastizales, de productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).	86
28.	Impacto ambiental de residuos sólidos orgánicos de truchas en la fauna silvestre, de productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).	87
29.	Impacto ambiental de residuos sólidos orgánicos de truchas en el paisaje, de productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).	88
30.	Impacto ambiental de los residuos sólidos orgánicos de truchas en el turismo, de productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).	89
31.	Comparativo de impactos ambientales en los distritos de Juli y Pomata.	93
32.	Peso de truchas en función de los residuos sólidos orgánicos del distrito de Juli.	130
33.	Producción de truchas en función de los residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Juli.	131
34.	Recuperación de carcasa en función de los residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Juli.	131
35.	Peso de las truchas en función de los residuos sólidos orgánicos del distrito de Pomata.	132
36.	Producción de truchas en función de los residuos sólidos orgánicos del distrito de Pomata.	133



37.	Recuperación de carcasa en función de los residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Pomata.	133
38.	Producción de truchas de productores en los distritos de Juli y Pomata (Kg).	134
39.	Recuperación de carcasa de truchas de productores de los distritos de Juli y Pomata (en Porcentaje).	135
40.	Residuos sólidos orgánicos de truchas de productores de los distritos de Juli y Pomata (Kg).	135



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Instrumento validado de acuerdo al coeficiente de confiabilidad de Cronbach ($\alpha = 0.63$)	116
2. Estadísticos de residuos sólidos orgánicos de truchas de empresas del distrito de Juli	130
3. Estadísticos de residuos sólidos orgánicos de truchas de empresas del distrito de Pomata	132
4. Escala de calificación de impacto ambiental para el uso de la matriz de Leopold	136



ACRÓNIMOS

AGAI	Ácidos Grasos Altamente Insaturados de cadena larga
AGE	Ácidos grasos esenciales
AMYPE	Acuicultura de Micro y Pequeña Empresa menores e iguales a 150 toneladas brutas.
ANVA	Análisis de Variancia
AREL	Acuicultura de Recursos Limitados con producciones menores e iguales a 3.5 toneladas brutas.
BIOCHAR	Carbón vegetal que reduce las emisiones de CO ₂ y secuestra metales pesados.
BIOL	Abono líquido de origen orgánico.
BOCASHI	Abono orgánico sólido fermentado a partir de materia orgánica. Eleva la temperatura para eliminar patógenos. Se obtiene entre 12 y 21 días.
B-LAC	Bio Lácteos
CPT	Concentrado Proteico de Tilapia
DAF	Flotación por aire disuelto (inglés)
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días
DL	Decreto Legislativo
DS	Decreto Supremo
ECA	Estándar de Calidad Ambiental
EIA	Evaluación del Impacto Ambiental
ERT	Ensilado de Residuos de Trucha
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FPi	Proteína purificada de pescado
GORE	Gobierno Regional
GH	Grado de Hidrólisis
GIRS	Gestión Integral de los Residuos Sólidos
GPC	Generación de residuos per cápita
IN VITRO	En un ambiente controlado fuera del organismo vivo
kDA	Kilo Dalton
MBT	Tratamiento Mecánico Biológico
MINAM	Ministerio del Ambiente
MS	Materia Seca



NPK	Nitrógeno, Fósforo y Potasio
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
PCBs	Policloruros Bifenilos Totales
PHVA	Ciclo de estrategias Planificar, Hacer, Verificar y Actuar
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PM	Peso Molecular
PML	Producción Más Limpia
ppm	Partes por millón
PROTAMEX	Preparado enzimático comercial
PRODUCE	Ministerio de la Producción
RUC	Registro Único de Contribuyentes
SGC	Sistema de Gestión de Calidad
SANGUAZA	Agua de lavado del pescado que contiene sangre y grasas.
SPSS	Program Statistical Package for Social Science.
SRL	Sociedad de Responsabilidad Limitada
TDR	Términos de Referencia
TICs	Tecnologías de la Información y la Comunicación
TM	Tonelada Métrica 1000 Kg
TMB	Tonelada Métrica Bruta
UA	Unidad Internacional de actividad enzimática, cantidad de una enzima que convierte 1 mol de sustrato en un segundo (Katal).
VIF	Factor de Inflación de la Varianza

RESUMEN

Los objetivos de la investigación fueron modelar matemáticamente la generación de residuos sólidos orgánicos de truchas, diseñar un sistema de gestión y evaluar el impacto ambiental en las empresas pesqueras de los distritos de Juli y Pomata de la región Puno. La metodología consistió en estudiar las variables peso de truchas, producción, y recuperación de carcasa respecto de los residuos sólidos orgánicos. Se aplicó la regresión lineal múltiple con los supuestos de linealidad, independencia, homocedasticidad, normalidad y multicolinealidad; las normas ISO 9001:2015 para el sistema de gestión; y la matriz de Leopold modificada y la Prueba de media para la evaluación de impactos ambientales. El diseño experimental consistió en un muestreo probabilístico estratificado con datos recolectados de 17 empresas de la comunidad de Chukasuyo Juli y 29 empresas del sector Faro Pomata. El modelo matemático para Juli fue $\hat{Y} = 32,315.99 - 1,973.66X_2 + 0.32X_3 - 421.83X_5$ ($R^2 = 97.0\%$), y de Pomata $\hat{Y} = 9560.59 + 4,111.66X_2 + 0.41X_3 - 207.16X_5$ ($R^2 = 97.0\%$); se diseñó un sistema de gestión acorde al mapa de procesos, y se determinó el impacto ambiental alto considerando los factores residuos dispuestos al aire libre, suelos agrícolas, pastizales, fauna agrícola, fauna silvestre, paisaje y turismo. A la luz de los resultados es posible predecir matemáticamente la generación de residuos sólidos orgánicos de truchas y diseñar un sistema de gestión de calidad de utilización en innovación de subproductos de origen acuícola para minimizar los impactos ambientales derivados de los residuos hidrobiológicos.

Palabras clave: Acuicultura, impacto ambiental, ISO 9001:2015, mapa de procesos, modelo matemático, residuos sólidos orgánicos de truchas, sistema de gestión de calidad.

ABSTRACT

The objectives of the research were to mathematically model the generation of organic solid waste from trout, design a management system and evaluate the environmental impact on fishing companies in the Juli and Pomata districts of the Puno region. The methodology consisted of studying the variables trout weight, production, and carcass recovery with respect to organic solid residues. Multiple linear regression was applied with the assumptions of linearity, independence, homoscedasticity, normality and multicollinearity; ISO 9001:2015 standards for the management system; and the modified Leopold matrix and the Mean Test for the evaluation of environmental impacts. The experimental design consisted of a stratified probabilistic sampling with data collected from 17 companies in the Chukasuyo Juli community and 29 companies in the Faro Pomata sector. The mathematical model for Juli was $\hat{Y} = 32,315.99 - 1,973.66X_2 + 0.32X_3 - 421.83X_5$ ($R^2 = 97.0\%$), and for Pomata $\hat{Y} = 9560.59 + 4,111.66X_2 + 0.41X_3 - 207.16X_5$ ($R^2 = 97.0\%$); A management system was designed according to the process map, and the high environmental impact was determined considering the waste factors disposed in the open air, agricultural soils, pastures, agricultural fauna, wildlife, landscape and tourism. In light of the results, it is possible to mathematically predict the generation of organic solid waste from trout and design a quality management system for use in innovation of by-products of aquaculture origin to minimize the environmental impacts derived from hydrobiological waste.

Keywords: Aquaculture, environmental impact, ISO 9001:2015, mathematical model, organic solid waste from trout, process map, quality management system.

INTRODUCCIÓN

La producción acuícola mundial continental y marina alcanzó 182,1 millones de toneladas anuales en peso vivo respecto de 96,4 millones de toneladas de la pesca de captura total en el mundo (FAO, 2020). En tanto, el Perú produjo 125,000 toneladas de productos acuícolas anuales, el 0.15 % del total mundial, destacando la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), con una producción de 85,000 toneladas anuales (Ministerio de la Producción, 2020).

La región Puno, ubicado en la sierra sur del Perú con una superficie de 66,997 Km², se localiza en la meseta andina entre montañas y cordilleras con altitudes de 3,800 a 4,600 msnm. (INEI, 2015); el Altiplano representa el 72 % de la región y el 28 % lo constituyen valles interandinos, ceja de selva y selva baja. Posee una cuenca hidrográfica con 316 ríos, 352 lagunas y un lago Titicaca de 8,000 Km² a 3,810 msnm, compartido con el Estado Plurinacional de Bolivia (SENAMHI, 2021).

La trucha arco iris, se cultiva en sistemas de producción en el lago Titicaca Puno, lagunas de Arapa y Lagunillas y en piscigranjas comunales en tierra firme. La producción total alcanza 44 098.55 t anuales generando 20, 726. 32 toneladas de residuos sólidos orgánicos (DIREPRO PUNO, 2019). Los residuos se componen de 1 326.5 toneladas de vísceras, 1 768.7 toneladas de cabeza, cola y huesos y 1 061.2 toneladas de recortes y aletas (Piscifactorías Los Andes, 2021; DIREPRO PUNO, 2021; Federación de Productores de Truchas y Comercializadores de Productos Hidrobiológicos de la zona Sur Región Puno, 2022). El mercado nacional absorbe 8 843.39 toneladas de la producción total; en el sector sur del lago se cosechan 29 477.99 toneladas de truchas, el 73 %, entre los distritos de Chucuito, Juli y Pomata, de las provincias de Chucuito y Yunguyo, de la región Puno.

Las investigaciones en residuos sólidos orgánicos de truchas aún son limitadas, sin embargo, es importante destacar que los residuos y descartes de sólidos orgánicos de pescados poseen valor agregado como subproductos de innovación y enmiendas, como ensilados, abonos, bioles e hidrolizados; concentrados, harina residual, aceites, vitaminas, minerales y otros que se obtienen por procesos químicos y biotecnológicos (López y Sampedro, 1977; Núñez, 2014; Sifuentes, 2018). Asimismo, se han hallados modelos matemáticos de aceite de anchoveta (*Engraulis ringens*) (Llerena y Pariasca, 2017), diseñado sistemas de gestión (Norma Española, 2005) de residuos sólidos aplicando biotecnología (Meza y Paredes, 2019), y han evaluado los impactos ambientales

generados por los residuos sólidos orgánicos de truchas (Normas Nacionales de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Recursos Hidrobiológicos, 2019 y Gutiérrez, 2018).

En los años recientes, ante la necesidad de proteger el medio ambiente de los residuos de truchas, se ha despertado el interés de estudiar los factores que influyen en la generación de los residuos sólidos orgánicos, entre ellos el peso de truchas, las cosechas, el rendimiento de carcasa, alimento, la genética de huevos, el estado de ayuno, los cuales, puedan ser modelados matemáticamente para diseñar un sistema de gestión que utilice óptimamente los residuos en subproductos de innovación y minimice los impactos ambientales causados por los residuos hidrobiológicos.

Los objetivos de la investigación fueron:

- Modelar matemáticamente por regresión lineal múltiple la generación de residuos sólidos de truchas de empresas de los distritos de Juli y Pomata.
- Diseñar un sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos de truchas mediante el modelo basado en procesos de empresas truchícolas de los distritos de Juli y Pomata de la región Puno.
- Evaluar el impacto ambiental que producen los residuos sólidos orgánicos de truchas en los distritos de Juli y Pomata.

La investigación se organiza de la siguiente manera: el Capítulo I, refiere la Revisión de Literatura, el Marco Teórico, los modelos matemáticos, sistemas de gestión de residuos, el impacto ambiental.; el Capítulo II, presenta el Planteamiento del problema, el enunciado del problema, la justificación, los objetivos y las hipótesis; el Capítulo III, está constituido por los Materiales y Métodos, la población y muestra, el método de investigación y la descripción detallada de los métodos por objetivos, la regresión lineal múltiple los supuestos de normalidad, autocorrelación, multicolinealidad y homocedasticidad; finalmente, se subrayan las Conclusiones, Recomendaciones, Referencias y Anexos.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico

1.1.1. Trucha arcoíris

Existen muchos peces conocidos como truchas; por lo general son especies de agua dulce que pueden desovar en agua salada. Casi todos los peces llamados trucha pertenecen a los géneros *Salvelinus*, *Salmo* y *Orcorhynchus*. Son muy apreciados en la gastronomía y en la pesca deportiva, y es frecuente su cría en cautiverio. Pertenecen al Orden: Salmoniformes, Familia: Salmonidae y el Género: *Salmo*, *Salvelinus* y *Orcorhynchus*. Son muy apreciados en la gastronomía y en la pesca deportiva, y es frecuente su cría en cautiverio.

Estos peces medianos a grandes tienen aletas sin espinas. Por ejemplo, la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) mide de 51 a 76 cm de longitud, pero puede alcanzar 1.2 m. Cuentan con aletas pélvicas, una aleta dorsal, una aleta caudal y una pequeña aleta adiposa en la parte superior de su cuerpo, próxima a la aleta caudal. Como la mayoría de los peces, posee una vejiga natatoria que cuando se llena de gas les ayuda a flotar. Tienen mandíbula y ojos sin párpados protegidos por membranas adiposas.

Su cuerpo está cubierto de escamas y muestra colores muy variados, que frecuentemente se disponen en patrones de motas que les permiten camuflarse en su entorno. Las truchas de agua dulce pueden ser marrones, amarillentas, rojizas o grisáceas, pero aquellas de agua salada o que recién llegan del mar generalmente muestran un color plateado. La trucha arcoíris es color azul verdoso o amarillo

verdoso con una franja rosada en sus costados, pero esta coloración tiende a modificarse a lo largo de su ciclo de vida (Bioenciclopedia, 2022).

1.1.1.1. Distribución geográfica

La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) perteneciente a la familia Salmonidae, originaria de las costas del Pacífico de América del Norte está ampliamente distribuida en los países de América del Sur, Colombia, Venezuela, Chile, Perú y Argentina (Maiz *et al.*, 2010).

1.1.1.2. Taxonomía de la trucha

Reino : Animalia

Subkingdom : Bilateria

Infrakingdom : Deuterostomia

Filo : Chordata

Subfilo : Vertebrata

Infraclass : Gnathostomata

Superclase : Actinopterygii

Clase : Teleostei

Superorden : Protacanthopterygii

Orden : Salmoniformes

Familia : Salmonidae

Subfamilia : Salmoninae

Género : *Oncorhynchus* (Suckey, 1861 Salmón del Pacífico)

Especie : *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792

Trucha arcoíris)

Fuente: (Behnke, 1992).

1.1.1.3. Vísceras de pescado

Las vísceras, las estructuras óseas y los descartes del pescado son fuentes posibles de obtener productos con valor añadido, como los péptidos bioactivos para utilizar en complementos alimenticios y en las industrias biomédica y nutracéutica. De ellos se extraen varias enzimas proteolíticas, como la pepsina, la tripsina, la quimotripsina, las colagenasas y las lipasas. La proteasa, por ejemplo, es una enzima digestiva que se utiliza en la fabricación de productos

de limpieza, la elaboración de alimentos y la investigación biológica (FAO, 2018).

1.1.1.4. Agua de cola

El agua de cola es la fracción líquida obtenida a partir del licor de prensa después de haber eliminado gran parte de los sólidos en suspensión y de la materia grasa, cuando no es reaprovechada, es un efluente del procesamiento de harina de pescado que posee una carga orgánica muy alta y cuya descarga genera un impacto negativo de elevada magnitud sobre el ecosistema marino. Se calcula que por cada TM de pescado fresco procesado se produce alrededor de media TM de agua de cola, con un contenido del 7% de sólidos (alrededor de 35 Kg por TM de pescado procesado). Si anualmente se procesan alrededor de 10 millones de TM de pescado en el país, entonces se producen alrededor de 5 millones de TM de agua de cola, conteniendo 350,000 toneladas métricas de sólidos (Núñez, 2014).

Landeo y Ruiz (1996), determinaron que el agua de cola contiene buenos niveles de aminoácidos esenciales entre ellos lisina, metionina y triptófano, así como importantes niveles de vitaminas del complejo B, hierro, calcio y fósforo.

1.1.1.5. Enzimas proteolíticas

Las enzimas de tipo proteolítico pueden ser utilizadas como catalizadoras del proceso de hidrólisis, generando además la ruptura de los enlaces peptídicos y otros beneficios al producto final que bien pueden ser a la salud, a la alimentación o a la tecnología de alimentos. Las proteasas papaína, bromelina, ficina y curcumisina, aisladas de papaya (*Carica papaya* L.), piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.), higo (*Ficus carica* L.) y melón (*Cucumis melo* L.), respectivamente; han sido utilizadas para el ablandamiento de carne y modificaciones de la textura, y para la solubilización de las proteínas, lo cual es una ventaja tecnológica ya que se pueden separar la fase acuosa y la oleosa (Hleap y Gutiérrez, 2017).

1.1.2. Modelación matemática

1.1.2.1. Modelo matemático

Un modelo matemático es una representación simplificada, a través de ecuaciones, funciones o fórmulas matemáticas, de un fenómeno o de la relación entre dos o más variables. Son utilizados para entender fenómenos naturales, sociales, físicos, entre otros; pueden predecir el valor de las variables en el futuro, hacer hipótesis, evaluar los efectos de una determinada política o actividad, entre otros objetivos (Roldán, 2019).

La modelación matemática es un intento de describir una parte del mundo real en términos matemáticos. Para lo cual se cuantifica el fenómeno, o sea, se convierte de alguna forma en cantidades (números) las observaciones que hacemos, y se postula las ecuaciones que relacionan las magnitudes, en otras palabras, para encontrar el conjunto de fórmulas matemáticas que las relacionan. En cuanto los modelos empíricos basados en principios físicos poseen un alto valor predictivo. Son denominados modelos estadísticos y cumplen las leyes de conservación de la materia y la energía (Tamayo, 2013).

1.1.2.2. Elementos básicos, propiedades y procesos para hacer un modelo matemático

Roldán (2019), afirma que los elementos básicos de los modelos matemáticos pueden variar en cuanto a su complejidad, pero todos ellos tienen un conjunto de características básicas descritas en variables, parámetros, restricciones, relaciones entre las variables y representaciones simplificadas.

Cuando se diseña un modelo matemático, se busca que éste tenga un conjunto de propiedades que ayude a asegurar su robustez y efectividad. Entre las propiedades se encuentran la simplicidad, la objetividad, la sensibilidad, la estabilidad y la universalidad.

En términos generales, el proceso de elaboración de un modelo matemático es encontrar un fenómeno o problema, formulando un modelo con elementos de matemáticas representando el problema elegido, identificando las variables relevantes (dependientes e independientes), estableciendo hipótesis y

empleando un método de prueba de su veracidad, aplicando los conocimientos matemáticos para resolver el modelo y hacer predicciones si es necesario, hacer comparaciones de los datos obtenidos con datos reales y si los resultados no se ajustan a lo esperado, ir ajustando el modelo matemático.

1.1.2.3. Tipos de modelos matemáticos

Existen diversos tipos de modelos matemáticos. A continuación, algunos de los tipos de modelos más relevantes (Roldán, 2019).

De acuerdo a la información utilizada tenemos el tipo:

- a) **Heurístico.** Basado en posibles explicaciones sobre las causas de los fenómenos.
- b) **Empírico.** Utiliza la información de la experimentación real.

Según el tipo de representación

- a) **Cualitativos o conceptuales.** Se refieren a un análisis de la calidad o la tendencia de un fenómeno sin calcular un valor exacto.
- b) **Cuantitativos o numérico.** Los resultados obtenidos tienen un valor concreto que tiene un cierto significado (puede ser exacto o relativo).

Según la aleatoriedad

- a) **Determinista.** No tiene incertidumbre, los valores son conocidos.
- b) **Estocástico.** No se conoce con exactitud el valor de las variables en todo momento. Existe incertidumbre y por ende una distribución de probabilidad de los resultados.

Según su aplicación u objetivo

- a) **Simulación o descriptivo.** Simula o describe un fenómeno. Los resultados se enfocan a predecir qué sucederá en una determinada situación.
- b) **Optimización.** Se utilizan para encontrar una solución óptima a un problema.

- c) **De control.** Para mantener el control de una organización o sistema y determinar las variables que deben ajustarse para obtener los resultados buscados.

1.1.3. Sistema de gestión de los residuos sólidos

1.1.3.1. Diseño y desarrollo

El diseño es el conjunto de procesos que transforma los requisitos en características especificadas o en la especificación de un producto, proceso o sistema. Estos términos algunas veces se utilizan como sinónimos y algunas veces se utilizan para definir las diferentes etapas de todo el proceso de diseño y desarrollo. Por ejemplo, diseño y desarrollo del producto, o diseño y desarrollo del proceso (Norma Española UNE-EN ISO 9000: 2005).

1.1.3.2. Sistema de gestión integral de residuos sólidos urbanos

La Gestión Integral de los Residuos Sólidos (GIRS), se define como la selección y aplicación de técnicas, tecnologías y programas de gestión idóneos para lograr metas y objetivos específicos de gestión de residuos (Zeta *et al.*, 2013).

La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU), constituye la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recolección, transferencia y transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos. Además, incluye el seguimiento administrativo, de forma que sea compatible con los principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética, y de otras consideraciones ambientales, revalorizando los residuos para mejorar la calidad del medio ambiente e incorporar diferentes tipos de actividades productivas (Zeta *et al.*, 2013).

El Decreto Legislativo N° 1278 establece, que la Gestión Integral de Residuos Sólidos en el Perú, consiste en toda actividad técnica, administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos (Normas Nacionales de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Recursos Hidrobiológicos, 2019).

1.1.3.3. Descripción de un diseño de sistema de gestión

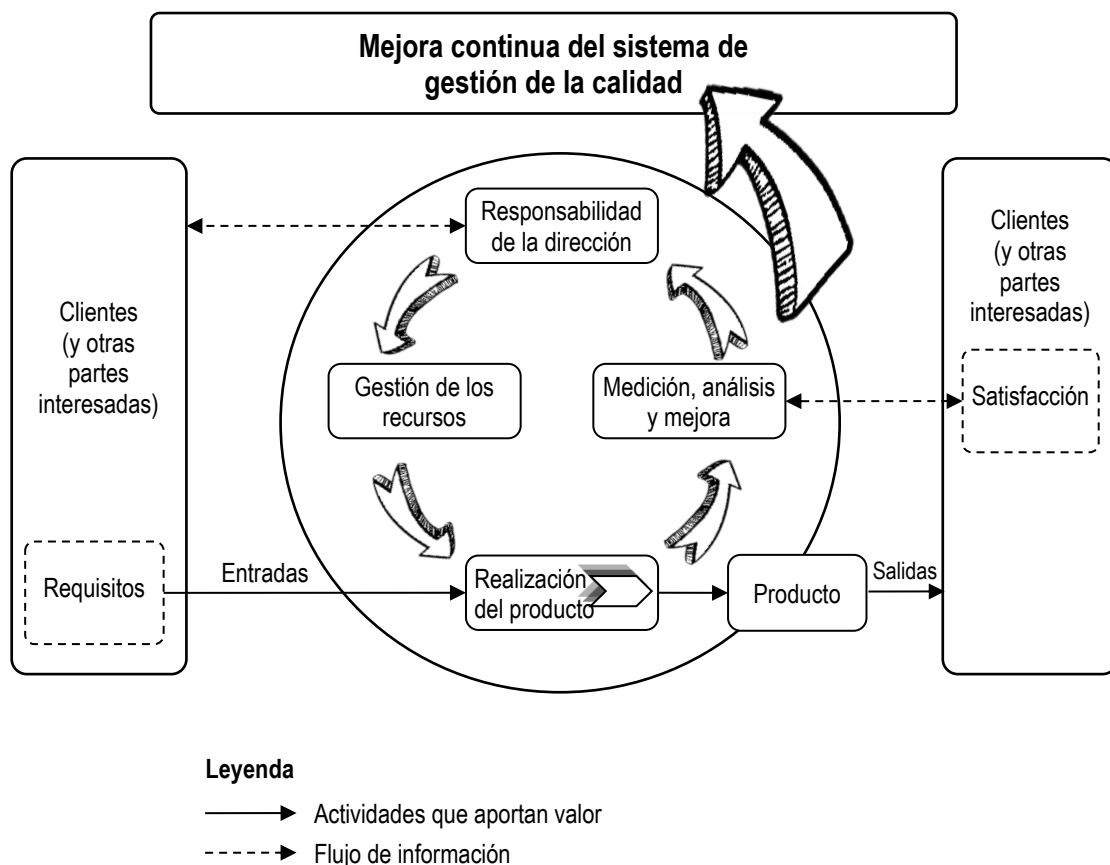
La Norma Española UNE-EN (ISO 9000:2005), refiere que las organizaciones, de todo tipo y tamaño, se rigen por la familia de Normas ISO 9000 para la implementación y la operación de sistemas de gestión de calidad eficaces. La Norma ISO 9000, describe los fundamentos de los sistemas de gestión de la calidad y especifica la terminología para los sistemas de gestión de calidad. La Norma ISO 9001, especifica los requisitos para los sistemas de gestión de calidad aplicables a toda organización que necesite demostrar su capacidad para proporcionar productos que cumplan los requisitos de sus clientes y los reglamentarios que le sean de aplicación, y su objetivo es aumentar la satisfacción del cliente. En tanto, la Norma ISO 9004, proporciona directrices que consideran tanto la eficacia como la eficiencia del sistema de gestión de la calidad. El objetivo de esta norma es la mejora del desempeño de la organización y la satisfacción de los clientes y de otras partes interesadas y la Norma ISO 19011, proporciona orientación relativa a las auditorías de sistemas de gestión de la calidad y de gestión ambiental.

El sistema de gestión de la calidad es aquella parte del sistema de gestión de la organización enfocada en el logro de resultados, en relación con los objetivos de la calidad, para satisfacer las necesidades, expectativas y requisitos de las partes interesadas, según corresponda. Los objetivos de la calidad complementan otros objetivos de la organización, tales como aquellos relacionados con el crecimiento, los recursos financieros, la rentabilidad, el medio ambiente y la seguridad y salud ocupacional. Las diferentes partes del sistema de gestión de una organización pueden integrarse conjuntamente con el sistema de gestión de la calidad, dentro de un sistema de gestión único, utilizando elementos comunes. Esto puede facilitar la planificación, la asignación de recursos, el establecimiento de objetivos complementarios y la evaluación de la eficacia global de la organización.

Los principios de gestión de la calidad se basan en ocho principios: Enfoque al cliente, Liderazgo, Participación del personal, Enfoque basado en procesos, Enfoque de sistema para la gestión, Mejora continua, Enfoque basado

en hechos para la toma de decisión y Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor.

Los fundamentos de los sistemas de gestión de calidad se conforman por la base racional para los sistemas de gestión de calidad, requisitos para los sistemas de gestión de la calidad y requisitos para los productos, enfoque de sistemas de gestión de la calidad, enfoque basado en procesos, política de la calidad y objetivos de la calidad, papel de la alta dirección dentro del sistema de gestión de la calidad, documentación, evaluación de los sistemas de gestión de la calidad, (auditorías revisión y autoevaluación) mejora continua, papel de las técnicas estadísticas, sistemas de gestión de la calidad y otros sistemas de gestión y relación entre los sistemas de gestión de la calidad y los modelos de excelencia.



NOTA.- Las indicaciones entre paréntesis no son aplicables a la Norma ISO 9001.

Figura 1. Modelo de gestión de la calidad basado en procesos.

Fuente: Basado en la Norma Española UNE-EN ISO 9000: 2005.

En la Figura 1 se muestra el modelo de gestión de la calidad basado en procesos, donde se aprecia las entradas en base a requisitos, la mejora continua del sistema de gestión de calidad basado en proceso, y las salidas del producto con la satisfacción de los clientes.

1.1.3.4. Normas nacionales de gestión integral de residuos sólidos

Las Normas Nacionales de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Recursos Hidrobiológicos (2019), publicadas en el Diario Oficial “El Peruano” destacan, el Decreto Supremo N° 018-2019-PRODUCE, que modifica el Reglamento del procesamiento de descartes y/o residuos de recursos hidrobiológicos, aprobado por Decreto Supremo N° 005-2011-PRODUCE, menciona en su artículo 6 que los descartes y residuos de recursos hidrobiológicos deberán ser aprovechados en plantas autorizadas de harina residual, de reaprovechamiento de descartes y residuos, de ensilado, ictiocompost y otros procesos, que permitan la utilización integral y racional del recurso hidrobiológico. En tanto, la Resolución de Consejo Directivo N° 038-2017-OEFA-CD, hace hincapié a la normatividad legal de infracciones y sanciones a las actividades del procesamiento industrial pesquero y acuicultura de mediana y gran empresa que se encuentran bajo la competencia del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).

El D. S. N° 019-2009-MINAM indica la aprobación del Reglamento de la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del impacto Ambiental, D. S. N° 010-2008-PRODUCE, que establece los límites máximos permisibles para la industria de harina y aceite de pescado y normas complementarias; el D. S. N° 011-2009-MINAM, que aprueba los límites máximos permisibles para las emisiones de la industria de harina y aceite de pescado y harina de residuos hidrobiológicos; la Resolución Ministerial N° 621-2008-PRODUCE, que establece las disposiciones dirigidas a titulares de plantas de harina y aceite de pescado y de harina residual de pescado, a fin de garantizar la innovación tecnológica para mitigar sus emisiones al medio ambiente, y la Resolución Ministerial N° 061-2016-PRODUCE, que aprueba el Protocolo para el Monitoreo de efluentes de los Establecimientos Industriales Pesqueros de

Consumo Humano Directo e Indirecto, y la Ley General de Residuos Sólidos 2000.

El D. S. N° 014-2017-MINAM Reglamento del Decreto legislativo N° 1728, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, refiere al material de descarte proveniente de actividades productivas, del programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos, procesos, métodos o técnicas de tratamiento de residuos sólidos, valorización de residuos sólidos, infraestructuras de disposición final de residuos sólidos, manejo de áreas degradadas y educación ambiental.

El Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, en concordancias con la Resolución Ministerial N° 024-2017-VIVIENDA, que refiere el reaprovechamiento de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales, el D. S. N° 007-2017-VIVIENDA, avala la política nacional de saneamiento, la Resolución Ministerial Nacional N° 128-2017-VIVIENDA, que aprueba las condiciones mínimas de manejo de lodos y las instalaciones para su disposición final y el D. S. N° 015-2017-VIVIENDA, que aprueba el reglamento para el reaprovechamiento de los lodos generados en la plantas de tratamiento de aguas residuales; destaca los lineamientos de la Gestión Integral de Residuos Sólidos e involucra su cumplimiento a través del Ministerio del Ambiente y la OEFA. Las Municipalidades son responsables por la gestión de los residuos sólidos de origen domiciliarios, especiales y similares, en el ámbito de su jurisdicción (art. 22). La gestión y manejo de los residuos sólidos implica operaciones y procesos de los residuos, siguientes: barrido y limpieza de espacios públicos, segregación, almacenamiento, recolección, valorización, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final (art. 32).

1.1.3.5. Subproductos utilizables de origen pesquero

El ensilado de pescado es un subproducto de origen pesquero elaborado a base de residuos y descartes del procesamiento, el cual representa una fuente rica en hidrolizados proteínicos una alternativa menos onerosa para la harina y el aceite de pescado y se usa como aditivo para piensos en la acuicultura y en el sector de alimentos para mascotas. Los subproductos de origen pesquero pueden

tener muchos otros fines. Las cabezas, las estructuras óseas, los recortes del fileteado y la piel pueden utilizarse directamente como alimento o transformarse en salchichas, tortas, bocadillos (bocadillos crujientes, pepitas, galletas, pasteles), gelatina y salsas de pescado y otros productos destinados al consumo humano (FAO, 2018).

1.1.3.6. Ensilado de residuos de pescado

El ensilado de pescado es un producto semilíquido o pastoso, que aprovecha los residuos de desechos de la industria pesquera, pescado entero no apto para consumo humano o partes del mismo, tales como cabeza, colas, huesos, piel, escamas y vísceras. Es de fácil elaboración y de bajo costo y que puede ser componente de raciones alimenticias para animales. Es un producto que no atrae insectos indeseables ni olores desagradables (Llanes *et al.*, 2011).

El ensilado de pescado se constituye en un alimento que posee gran digestibilidad, cualidad que le proporciona un gran beneficio en alimentación animal, sin dejar de mencionar que las proteínas que lo constituyen son de un elevado valor biológico. El ensilado, que se obtiene preservando el pescado entero o sus subproductos con un ácido y dejando que las enzimas de los peces hidrolicen las proteínas, tiene el potencial de aumentar el crecimiento y reducir la mortalidad de los animales que lo consumen a través de su alimentación (Calderón *et al.*, 2017)

1.1.3.7. Ensilado químico de pescado

Viglezzi *et al.* (2012), señalan que el ensilado químico de pescado se define como un producto líquido pastoso, hecho a partir de la mezcla de pescado entero o desechos de plantas pesqueras con ácidos orgánicos (propiónico, fórmico, acético y cítrico) y/o inorgánicos (sulfúrico, clorhídrico y fosfórico), y que puede ser componente de raciones alimenticias para animales (Poulter y Disney, 1982; Bertullo, 1989; Jørgensen y Szymeczko, 1992). Los ácidos orgánicos aseguran la conservación del producto sin provocar un descenso excesivo del pH (Backhoff, 1976), mientras que al utilizar solamente ácidos minerales, el pH alcanza valores de 2,0 y por tanto, es necesario neutralizarlos antes de ser incorporados a una ración (Raa y Gilberg, 1982).

El ensilado químico es, adicionalmente, una técnica de preservación de la materia orgánica de subproductos de pescado, consistente en la adición de ácidos minerales y/o orgánicos al pescado triturado. Los ácidos se han empleado solos; como el fórmico, sulfúrico, clorhídrico, propiónico; o combinados; como mezclas de acético, fórmico y fosfórico, fórmico y sulfúrico o propiónico y sulfúrico (Fernández, 2018).

El ensilado químico, aunque más sencillo en su elaboración es costoso por la adquisición de los ácidos, se requiere equipo anticorrosivo y representa un peligro en su manipulación y almacenamiento. Además, los ácidos antes mencionados a excepto del fórmico requieren neutralización; antes de su empleo en la alimentación animal; por el excesivo descenso del pH en el producto (Oude *et al.*, 1999).

El “Ensilado químico” cuando se adicionan ácidos fórmico y/o sulfúrico a los residuos molidos, disminuye el pH y previene así, el deterioro (González y Marín, 2005).

1.1.3.8. Hidrolizado de pescado

Los hidrolizados de pescado se definen como proteínas de pescado que se descomponen en fracciones péptidos de diferentes tamaños (Hleap y Gutiérrez, 2017). Una hidrólisis proteica es un proceso químico o enzimático que busca generar a partir de una proteína, una serie de péptidos de menor tamaño. Un proceso de hidrólisis es más efectivo cuando se logra romper la mayor cantidad de enlaces peptídicos posibles, a esta propiedad se le conoce como grado de hidrólisis (GH) (Gaviria *et al.*, 2015). Por la metodología de superficie de respuesta se determinaron los valores de la relación enzima sustrato de $60 \text{ UA} \times \text{Kg}^{-1}$ proteína cruda, un factor de dilución de $0,7 \text{ Kg pescado} \times \text{Kg}^{-1}$ agua y un tiempo de reacción de 60 min, que correspondieron a obtener los valores óptimos de GH de 16,90% y RP de 68,72% y el menor PM de los péptidos de 10,10 kDa. Se concluyó que el preparado enzimático comercial Protamex™, mostró una buena eficiencia en la extracción e hidrólisis de la proteína presente en la anchoveta entera (León y Sifuentes, 2017).

1.1.3.9. Biol

El biol es un abono líquido que se origina a partir de la fermentación de materiales orgánicos, como estiércoles de animales, plantas verdes, frutos, entre otros. Es una especie de vida (biol) muy fértil (fertilizante), rentable ecológicamente y económicamente. Es un abono líquido que constituye un fertilizante que contiene principios hormonales vegetales (auxinas y giberelinas) y actúa como bioestimulante orgánico en pequeñas cantidades y es capaz de promover el crecimiento y desarrollo de las plantas (Pérez *et al.*, 2018).

1.1.3.10. Biogás

El biogás es el producto principal de la digestión anaerobia, proceso biológico degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un sustrato son convertidos en una mezcla de CO₂, hidrógeno, metano, sulfuro de hidrógeno y trazas de otros elementos (Ferrer y Pérez, 2010). El producido en el estómago de los rumiantes, es precisamente biogás. Utilizando este proceso biológico se puede tratar gran cantidad de residuos como estiércoles, efluentes de industrias, basura orgánica, entre otros contaminantes, y además, obtener biogás (FAO, 1983).

1.1.4. Impacto ambiental en suelos, superficies agrícolas y de pastoreo

1.1.4.1. Impacto ambiental

Se define impacto ambiental como la “Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza”. Se clasifican de acuerdo a sus atributos positivos o negativos, directos o indirectos, acumulativo, sinérgico, residual, temporal o permanente, reversible o irreversible. continuo o periódico (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

El impacto ambiental es la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada. Es decir, en términos simples el impacto ambiental es la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza. Adicionalmente, es el resultado de una actividad humana que genera un efecto sobre el medio ambiente que supone una ruptura del equilibrio medio ambiental. Los tipos de impacto

ambiental, se pueden clasificar, de acuerdo a su origen, en los provocados por el aprovechamiento de recursos naturales ya sean renovables, tales como el aprovechamiento forestal o la pesca; o no renovables, tales como la extracción del petróleo o del carbón; contaminación, todos los proyectos que producen algún residuo (peligroso o no), emiten gases a la atmósfera o vierten líquidos al ambiente; y, la ocupación del territorio, los proyectos que al ocupar un territorio modifican las condiciones naturales por acciones tales como desmonte, compactación del suelo y otras (Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad, 2022).

1.1.4.2. Impacto ambiental en suelos y superficies agrícolas

Sahagún y Reyes (2007), determinaron que la tasa de cambio de las cubiertas vegetales de la Sierra Madre Oriental (SMO) en el periodo estudiado fue de 0.54 % en selvas, 0.22 % en bosques y 0.23 % en matorrales; y en las Áreas Naturales Protegidas (ANP) fue de 0.34 % y 0.60 % para selvas y bosques, respectivamente.

1.1.4.3. Conversión de nitrógeno y fósforo

“Los índices de conversión de nitrógeno y fósforo por tonelada de cultivo de trucha producida son de 40,76 Kg y 7,3 Kg respectivamente”(Torres y Grandas-Rincón, 2017). Del año 2005 al 2016, se han producido 5.063 t de desechos acumulados que, según los índices de conversión, generarían 196 t de nitrógeno y 35 t de fósforo vertidos al lago. Estos elementos incentivan la eutrofización del lago. El fósforo y el nitrógeno estarían principalmente en los sedimentos que se encuentran debajo de las jaulas de cultivo, por lo que dichos sedimentos resultan ser un buen indicador de contaminación (Buschmann & Fortt, 2005).

De acuerdo a la (FAO, 2014), en el Perú la producción acuícola llegó a 470 277 toneladas siendo la trucha el 23. 47% de la producción total con 110 364 toneladas. En los últimos 10 años la producción nacional de truchas en Perú aumentó 678 % al pasar de 6,997 toneladas en el 2007 a 54,424 toneladas en el 2017 (Ministerio de la Producción, 2018).

Tabla 1

Generación de residuos sólidos orgánicos de truchas en la región Puno 2017 TM.

Residuos sólidos orgánicos de truchas						
Meses	Producción	Vísceras 15 %	Cabeza, cola y hueso 20 %	Recortes y aletas 12 %	Filete 53 %	Total Rtot
Enero	3621,14	543,17	724,23	434,54	1919,21	1701,94
Febrero	3536,97	530,55	707,39	424,44	1874,59	1662,38
Marzo	3971,41	595,71	794,28	476,57	2104,85	1866,56
Abril	4048,67	607,30	809,73	485,84	2145,80	1902,87
Mayo	2683,15	402,47	536,63	321,98	1422,07	1261,08
Junio	3409,11	511,37	681,82	409,09	1806,83	1602,28
Julio	5404,56	810,68	1080,91	648,55	2864,42	2540,14
Agosto	3271,86	490,78	654,37	392,62	1734,09	1537,78
Septiembre	3206,45	480,97	641,29	384,77	1699,42	1507,03
Octubre	3099,08	464,86	619,82	371,89	1642,51	1456,57
Noviembre	4128,40	619,26	825,68	495,41	2188,05	1940,35
Diciembre	3717,75	557,66	743,55	446,13	1970,41	1747,34
TOTAL	44,098.55	6,614.78	8,819.71	5,291.83	23,372.3	20,726.32

Rtot : Residuos sólidos orgánicos de truchas, expresado en toneladas métricas.

Fuente: DIREPRO PUNO 2018 y Piscifactorías Los Andes, 2021.

De acuerdo a la Tabla 1 la producción de residuos sólidos de trucha en la región Puno al año 2017 alcanzó 20,726.32 toneladas distribuidos en 8 819.71 toneladas de cabeza, cola y huesos, 6 614.78 toneladas de vísceras y 5 291.83 toneladas de recortes y aletas (DIREPRO PUNO, 2018; Piscifactorías Los Andes, 2021).

1.2. Antecedentes

1.2.1. Modelo matemático

Es relativamente escasa la literatura científica respecto de modelación matemática en relación a los residuos sólidos orgánicos de truchas (*Oncorhynchus mykiss*), razón por la cual se exponen antecedentes para áreas afines en la presente investigación.

Hoyos (2019), estableció un modelo matemático de recolección de residuos sólidos urbanos estimando el balance de carga de los camiones recolectores basado

en los criterios de los territorios de contigüidad, balance de carga y compacidad e integridad espacial.

Los productores de truchas emplean jaulas artesanales (48.9 %) seguido de jaulas de tecnología media (35.2 %). El 95.4 % vendió trucha fresca y el expendio en otras presentaciones fue minoritaria (4.6 %). Los mercados de destino de la carne de trucha lo lideraban el distrito de Desaguadero en Puno (34.5 %), y la otra parte se vendía mediante acopiadores (22.1 %). El nivel de Acuicultura de Recursos Limitados (AREL), consistente en la actividad desarrollada mediante cultivos a nivel extensivo, practicada de manera exclusiva o complementaria por personas naturales; alcanza cubrir para la canasta básica familiar; y, es realizado principalmente para el autoconsumo y emprendimientos orientados al autoempleo (producción acuícola menores a 3.5 toneladas brutas) eran 24 empresas y el 48.5% y la Acuicultura de Micro y Pequeña Empresa (AMYPE), se refiere a la actividad desarrollada mediante cultivos a nivel extensivo, semi intensivos e intensivos, practicada con fines comerciales por personas naturales o jurídicas. La producción anual de la AMYPE no supera las 150 toneladas brutas (producciones acuícolas entre 3.5-150 toneladas brutas), acorde al Reglamento de la Ley General de Acuicultura, aprobada por el Decreto Legislativo N° 1195; lo conformaban 31 empresas representando el 35.2% y la diferencia de 14 empresas fueron de tecnología mixta el 15.8% (Montesinos, 2018).

Llerena y Pariasca (2017), desarrollaron modelos matemáticos aplicando la metodología de superficie de respuesta (MSR), acerca de la extracción óptima del aceite crudo obtenido del hidrolizado enzimático de residuos frescos de anchoveta (*Engraulis ringens*). (Castañeda y Rodríguez, 2017), desarrollaron un modelo matemático de residuos sólidos orgánicos de compostaje en base de lombrices de tierra, considerando los ingresos y costos operacionales. Mamani (2017), menciona que los modelos matemáticos definen los puntos de interés biológico y económico; indica que las ecuaciones halladas hacen tangencia con las curvas de crecimiento en el punto de inflexión y tiene pendientes similares cuyo valor es válido solo en el punto de inflexión.

Un modelo matemático describió la dinámica del biosecado en condiciones ambientales húmedas y del transporte de la conductividad térmica, que permitió la

estabilización de residuos sólidos orgánicos vegetales, logrando predecir la duración de la fase termofílica en el centro de la pila (Piña, 2016).

La formación de clústeres de productores de trucha y la articulación con el mercado objetivo en la región Puno, indica que existe la notable ausencia del trabajo de las instituciones públicas en el proceso de desarrollo de la acuicultura, las que motivaron en los productores a atribuir estigmas de pérdida de valores a los funcionarios regionales; mientras algunas entidades privadas participaron con la parte financiera. Así mismo, se caracteriza en la región Puno, la formación de clústeres de productores de truchas los que están en una situación de aprendizaje inconsciente no planificado (Flores y Yapuchura, 2016).

La gestión y la protección de la calidad del aire presupone el conocimiento del estado del medio ambiente, la mejora de la atmósfera que puede obtenerse solamente con planes que reduzcan las emisiones con instrumentos que, como el modelo matemático de dispersión en la atmósfera, sean capaces de conectar la causa (la fuente) de contaminación con el efecto (la concentración del contaminante) (Moreira *et al.*, 2006).

1.2.2. Gestión de residuos sólidos de industrias pesqueras y municipales

El diseño de un plan de gestión de residuos sólidos urbanos per cápita de 0.68 Kg/día, con un total de 120 TM/día, involucra programas dinámicos con la participación de los actores y las autoridades locales, y la instalación de una planta de segregación y tratamiento térmico de los residuos (Palomino, 2021).

En la ciudad de Juliaca, Puno se realizaron los cálculos de los residuos sólidos urbanos que puede generar 1.226.945.217 m³ de biogás con una media de 29.493.10 m³ de biogás/año, con una cogeneración de energía total de capacidad máxima de 284.113 MWh/año en el año 2044 para una media de 145.871 MWh/año; de los cuales 82.721 MWh/año corresponden a energía térmica y 65.151 MWh/año a energía eléctrica (Madrigal *et al.*, 2018).

Los ensilados de residuos de truchas (*Oncorhynchus mykiss*), empleando raciones en la etapa de crecimiento con 16.6 % de Proteína Bruta PB y 3.20 Mcal/Kg de Energía Metabolizable y, de engorde 13.0 % PB y 3.20 Mcal/Kg EM,

hasta 10 % mejora la conversión alimenticia y no afecta el sabor de la carne de los cerdos (Calderón *et al.*, 2017).

Se analiza el proceso de una industria refinadora de aceite de pescado, evaluando la implementación de alternativas blandas de producción limpia y proponiendo alternativas de tratamiento para dar cumplimiento legal de las descargas de los efluentes industriales. Entre las alternativas blandas para el mejoramiento del proceso productivo, se propuso la recirculación de la línea de enfriamiento, el cambio de válvulas, donde se evidenció filtración y el manejo adecuado de residuo arcilloso, obtenido de una etapa intermedia del proceso (Spinoza *et al.*, 2008).

El conocimiento sobre la cantidad y la composición de los residuos sólidos urbanos en México es escaso, ya que no existen sistemas de monitoreo permanente de estos parámetros, por lo que se realizaron muestreos en generadores residenciales y no residenciales y se aplicó una encuesta para conocer las características socioeconómicas de los habitantes de ocho municipios rurales ubicados en los márgenes del lago de Cuitzeo, en México. donde se ubicaron y midieron las superficies de los tiraderos de la zona y se tomaron muestras de residuos de estos sitios para determinar el peso volumétrico y cuantificar la cantidad de residuos acumulados. Los resultados mostraron tasas de generación estadísticamente diferentes entre cada uno de los municipios y menores con respecto a las reportadas con anterioridad para áreas urbanas; sin embargo los subproductos encontrados indican patrones de consumo similares a los de áreas urbanas (Otoniel y Israde, 2003).

1.2.2.1. Utilización de subproductos de pescado

La proteína purificada de pescado (FPi), aislado de proteínas y péptidos se obtuvo purificado con membranas, y presenta forma de pescado en polvo de color marrón claro con un ligero olor a proteínas y péptidos; contiene 84 % de proteínas en 100 g de producto; y goza de buena aceptabilidad en bebidas a base de cereal y pseudocereales probados en niños menores de 6 años (Bullón *et al.*, 2018).

Un estudio sobre la aceptabilidad de pre-escolares y escolares a la proteína purificada de pescado se realizó en el Centro de Desarrollo Integral Familiar «Año Nuevo» del Programa Integral Nacional para el Bienestar Familiar (INABIF), del distrito de Comas en Lima. Se encontró una buena aceptabilidad de la proteína purificada de pescado (FPi) en las bebidas a base de cereal y pseudocereales en menores de 6 años. La FPi es una alternativa para mejorar el aporte de proteínas de origen animal en los niños, sobre todo en los preescolares (Bullón *et al.*, 2018).

El estudio comparativo en los residuos de pescado ensilados por vías bioquímica y biológica mostró como resultados que los residuos de tilapias ensilados por ambas metodologías (bioquímica y biológica), presentan características organolépticas diferentes, pero sin ningún indicativo de descomposición. Para los dos productos el pH se comportó estable y los contenidos de proteína bruta, extracto etéreo y cenizas no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) con relación al pescado fresco, permitiéndoles una estabilidad microbiológica durante el almacenamiento (Toledo y Llanes, 2007). Asimismo, el proceso de ensilaje preparados con vísceras enteras logró un grado de licuefacción mayor (9.75 –20.38 cm/30s), la digestibilidad *in vitro* de la materia seca de los ensilajes estuvo por encima del 96 % , y esta fue equivalente a la encontrada en la harina de pescado una alternativa de buena calidad para alimentación animal debido al contenido de nutrientes que presentan (Perea, 2017). Sobre todo, la inclusión de ensilado de residuos de trucha (ERT) en la alimentación de cerdos y su efecto en el rendimiento productivo y sabor de la carne, muestra que el ensilado de residuos de trucha no afecta el peso vivo de la carne, ni el consumo de alimento, a esto las calificaciones comparativas con otros tratamientos (T1, T2 y T3) muestra que el T1 del ERT no afectó el sabor de la carne de cerdo. (Calderón *et al.*, 2017). Adicionalmente, la elaboración de un ensilado de truchas para alimentación de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) incorporó el 11% , 22% y 33% de ensilado en el alimento extruido de la ración para pejerrey, y en la sustitución de ensilado de vísceras de trucha por harina de pescado empleó 25%, 50% y 75% observando que a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución de ensilado de vísceras de trucha por harina de pescado en la elaboración de alimento extruido,

se incrementa los valores de proteína, de grasa y humedad (Churata, 2017). Con el fin de, la elaboración de biofertilizante líquido utilizando subproductos del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*), se tuvo como objetivo elaborar un biofertilizante líquido de vísceras; el biofertilizante no contuvo coliformes totales ni coliformes fecales, luego de que se realizó una prueba de toxicidad en semillas de lechuga y se determinó el índice de germinación evaluando las concentraciones de biofertilizante: 100 %, 10 %, 1 %, 0,1 %, 0,01 % y 0,001 %. Se concluyó que las lechugas estuvieron libres de sustancias tóxicas (Flores, 2017).

El estudio de digestibilidad *in vitro* de un ensilado biológico en base a truchas fermentado con el hongo *Aspergillus oryzae* desarrollado en papa a 26°C por 62 h, pH 4.5 del ensilado y el empleo de un inóculo de Koji, mezcla de soja y trigo que contiene enzimas proteasas, amilasas, celulasas, y lipasas, fue 83.3% y 89.2% (Churacutipa, 2016).

Los análisis microbiológicos realizados en carcasas y vísceras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*); no arrojaron presencia de *Escherichia coli* en ninguna de las muestras; los análisis bromatológicos en promedio fueron: humedad, 2.1 %; grasa, 34,2 %; cenizas, 17.3 %; y proteína, 17.2 %; un valor calorimétrico de 5 414,41 cal/g para carcasas y un valor de 6 068,0078 cal/g para las cabezas. El perfil lipídico del aceite obtenido por el método Soxhlet presentó un 68.6 % de grasa insaturada y 27.73 % de grasa saturada; de otro lado, para el aceite obtenido por fluidos supercríticos se obtuvieron 68.5 % y 29.2 % de grasa insaturada y grasa saturada, respectivamente (Torres *et al.*, 2013).

Un concentrado proteico de tilapia (CPT) (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757) para el consumo humano fue caracterizado con un aroma de valor promedio de 5,17, color 5,88 y aceptabilidad general de 5,55 en una Escala Hedónica del 1 al 9. Así mismo, el concentrado proteico de Tilapia CPT presentó 62,39 % de proteínas, 32,63 % de grasas y una actividad de agua $aw = 0.16$ (Aderaldo *et al.*, 2011).

Se logró separar a distintos pH el agua de cola de la industria sardinera por centrifugación empleando quitosano; la remoción permitió remover 3.88 %

de los sólidos totales, obtener 28.52 % de proteína, 97.50 % de grasa, 40 % de ceniza y 20 % de Nitrógeno No Proteico (Pacheco *et al.*, 2009).

Se realizaron ensilados químicos y biológicos del salmón del Atlántico (*Salmo salar*), empleando desechos frescos. Los rendimientos de proteínas bruta y de lípidos en ensilados químicos resultaron mejores que los ensilados biológicos. Las proteínas fueron 52.09 respecto de 38.26 expresados en g /100g MS. En tanto, los lípidos fueron 21.10 respecto de 15.12 expresado en g /100 g MS. De igual modo, los contenidos de fósforo en estos residuos resultaron ser beneficiosos en las raciones, ya que se encontraron en forma de fosfato tricálcico y carbonato de calcio (Toledo y Llanes, 2007). De otro lado , la obtención de residuos crudos de pescado fermentados y proteolizados (ensilados) mediante el uso de “*koji*” incorporado con residuos de diversas especies: bereche (*Larimus parificus*), falso volador (*Prionotus stephanophrys*), caballa (*Scomber japonicus*), jurel; (*Trachurus murphyi*), machete (*Ethmidium maculatum*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) en las formas entera y en residuos, muestra resultados que indicaron que el grado de fermentación y de hidrólisis son dependientes de la especie y sus características particulares. Las especies de carne roja permitieron mayor fermentación que las de carne blanca, y especies como el falso volador tuvieron una menor estabilidad durante su almacenamiento por sus características físicas que no permitieron una buena molienda (Ruiz y Torpoco, 2007).

Belén *et al.* (2006), estudiaron el aceite de la harina del pez caribe (*Serrasalmus rhombeus* Pisces: Characidae), encontrando 25.0 % de ácidos grasos poliinsaturados por cromatografía de gas; dicha harina fue evaluada como una importante fuente de nutrientes en la alimentación animal.

La producción de 57 035 toneladas métricas de aceite de pescado en el puerto de Chimbote con 27 253 toneladas métricas para el año 2016, presenta un crecimiento del mercado para el aceite refinado de pescado, uno de los mejores del mundo el mismo que contiene Omega 3 procedente de la anchoveta (Simões *et al.*, 2004).

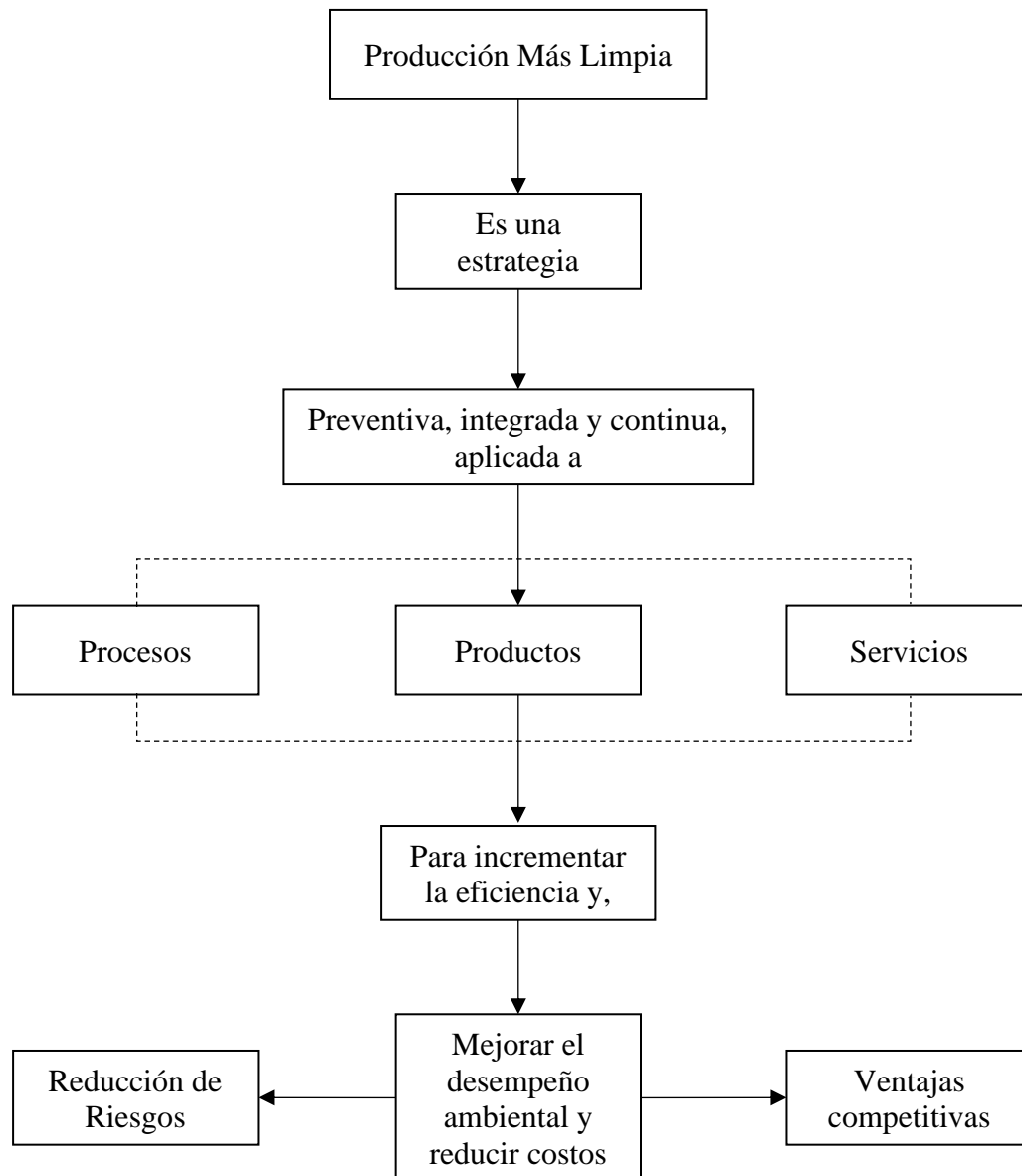


Figura 2. Producción Más Limpia (PML) en procesos.

Fuente: Tomado del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

En la Figura 2 se muestra la ventaja de aplicar las prácticas de Producción Más Limpias (PML), al promover el uso eficiente de materias primas, agua y energía, entre otros insumos, con la finalidad de eliminar o reducir en las fuentes de origen la cantidad de residuos no deseados que se genera durante los procesos de producción. De esta manera, además de reducir los costos unitarios de producción, se reducen los requerimientos para el tratamiento final de desechos, si éste fuera necesario, y, por ende, se reduce el costo de adquisición de una planta de tratamiento y de sus consecuentes costos de operación y mantenimiento (Paredes, 2014).

1.2.3. Impacto ambiental

La utilización de alimentos energéticos cocidos por extrusión en la crianza de truchas generan menor cantidad de residuos sólidos orgánicos en los mataderos, por presentar alta digestibilidad, que puede aprovecharse para distintos procesos de manufactura (Quispe y Uribe, 2020).

La evaluación del impacto ambiental en los cultivos de truchas en la laguna Suches de la región Tacna con una producción de 36 000 Kg de truchas al año 2018, presentó un impacto ambiental negativo leve para la matriz de Leopold (Quispe, 2019).

Rivas (2018), evaluó residuos de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) para obtener biogás y biol, abono líquido que presenta principios hormonales. Emplearon un consorcio microbiano B-LAC. Sus resultados les permitieron obtener gas metano CH₄ 12.57% y CO₂ 21.94%, los bioles contenían nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) en las siguientes concentraciones: N 3 829 ppm, K 522.67 ppm y P 503.47 ppm.

La empresa Trucha Dorada de Sociedad de Responsabilidad Limitada (SRL), de tipo industrial dedicada a la crianza y fabricación de enlatados a base de trucha, caballa, jurel entre otras especies, generó como resultado de sus operaciones 304.52 Kg de residuos sólidos orgánicos, los cuales fueron enterrados pudiéndose aprovechar para generar nuevos ingresos, asimismo, dentro de sus operaciones carecían de una metodología adecuada en la manipulación y proceso de fileteado por lo que dejaron caer al suelo la pulpa de pescado, desaprovechando la materia prima y, como consecuencia ocasionó una baja productividad, que causaron problemas ambientales, productivos y económicos (Arce y Rojas, 2017). Esto significó que los desechos acumulados entre el 2005 al 2016 alcanzaron 5 063 toneladas, que contenían 196 toneladas de nitrógeno y 35 toneladas de fósforo (Torres y Grandas, 2017).

Un total de 1.033 t/año de desperdicios generados entre sedimentos y desechos resultaron de la producción de trucha arcoíris. El lago de Tota genera 504 toneladas, lago Aquitania 497 toneladas y el lago Cuítiva de Colombia 32 toneladas (Merino *et al.*, 2013).

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema

La pesca y la acuicultura mundial produjo 170.9 millones de toneladas métricas brutas anuales (TMB) de pescado, además de otros frutos del mar, los cuales, generaron desechos sólidos orgánicos y efluentes afectando el medio ambiente (FAO, 2018).

En el Perú se alcanzó una producción de 148 455.12 TMB de pescado, en tanto, en la región Puno se tuvo 45 232. 73 TMB de truchas generando 20 726.32 TMB de residuos sólidos orgánicos por año.

Actualmente, no se conocen modelos matemáticos que permitan predecir los volúmenes de residuos sólidos orgánicos de truchas generados de las empresas truchícolas de la región Puno. En las localidades de los distritos de Juli y Pomata existe una alta densidad de granjas de crianza de truchas en el lago Titicaca-Puno, importantes para diseñar un sistema de gestión de calidad de residuos sólidos orgánicos, y minimizar los impactos ambientales debido a la disposición final de los residuos y efluentes, que afectan las áreas agrícolas, pastizales, litoral lacustre, la flora silvestre, fauna silvestre y el paisaje de las áreas circundantes a las empresas truchícolas. Por lo cual, se requiere utilizar los residuos, los cuales presentan alto valor biológico y propiedades nutracéuticas en las proteínas, grasas, ácidos grasos Omega 3, vitaminas y minerales contenidos en los recortes y descartes de piel, órganos internos, cabeza, huesos y aletas de truchas.

2.2. Enunciado del problema

- a) ¿Es posible predecir la cantidad de residuos sólidos orgánicos de truchas mediante modelos matemáticos que generan las empresas de los distritos de Juli y Pomata de la región Puno?
- b) ¿Es posible diseñar un sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos de truchas, del diagrama de flujo de producción de las empresas truchícolas de los distritos de Juli y Pomata de la región Puno?
- c) ¿Es posible evaluar los impactos ambientales en las áreas agrícolas, litoral lacustre, pastizales, flora silvestre y fauna silvestre y paisaje de las empresas circundantes de los distritos de Juli y Pomata de la región Puno?

2.3. Justificación

La investigación tiene como propósito innovador, original y creativo al contribuir en la producción de conocimiento en residuos sólidos orgánicos de truchas (*Oncorhynchus mykiss*), generados por las empresas que operan en los distritos de Juli y Pomata de la región Puno. Ambos sectores se caracterizan por presentar una alta densidad de granjas de dicha especie por unidad de superficie, lo cual justifica la necesidad de encontrar modelos matemáticos predictivos de generación de residuos para diseñar un sistema de gestión que permita un adecuado manejo, optimización y utilización de los residuos piel, cabeza, cola, huesos y vísceras aprovechables evaluando impactos ambientales derivados de la disposición final. Adicionalmente, revela la importancia al usar herramientas científicas como la biotecnología y las técnicas microanalíticas para la obtención de enzimas proteasas, purificación de proteínas, obtención de vitaminas, minerales y de ácidos grasos esenciales (AGE) Omega 3, aprovechando los subproductos del pescado como harina residual, aceite de pescado, hidrolizados, ensilados, abonos líquidos, bioles, y otros productos de innovación tecnológica pesquera alimentaria (hamburguesas, bocaditos, concentrados proteicos), que pueden obtenerse a través de los recortes de la trucha durante el proceso de refinado, acabado y envasado. Finalmente, la investigación abre nuevas posibilidades para el desarrollo en la ciencia, tecnología y el medio ambiente, al profundizar conocimientos en el empleo de los residuos y efluentes derivados de la importante actividad truchícola que se viene desarrollando en la región Puno.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Modelar matemáticamente la generación de residuos sólidos orgánicos de truchas (*Oncorhynchus mykiss*), diseñar un sistema de gestión de los residuos sólidos orgánicos y evaluar el impacto ambiental por las empresas de los distritos de Juli y Pomata de la región Puno.

2.4.2. Objetivos específicos

- Modelar matemáticamente por regresión lineal múltiple la generación de residuos sólidos orgánicos de truchas de empresas truchícolas de los distritos de Juli y Pomata de la región Puno.
- Diseñar un sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos de truchas mediante un modelo basado en procesos de empresas truchícolas en los distritos de Juli y Pomata de la región Puno.
- Evaluar el impacto ambiental que producen los residuos sólidos orgánicos de truchas en los distritos de Juli y Pomata de la región Puno.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

Los modelos matemáticos predicen la generación de residuos sólidos orgánicos de truchas, se puede diseñar un sistema de gestión para utilizar los residuos y, evaluar los impactos ambientales en las áreas circundantes de las empresas de los distritos de Juli y Pomata.

2.5.2. Hipótesis específicas

- La modelación matemática de residuos sólidos orgánicos de truchas en los distritos de Juli y Pomata región Puno se obtiene por regresión lineal múltiple, considerando las variables peso de la trucha, producción, y el rendimiento de carcasa.



- El diseño de un sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos y efluentes de truchas en las empresas de los distritos de Juli y Pomata de la región Puno, posibilita gestionar adecuadamente las operaciones acuícolas.
- La evaluación de los impactos ambientales permite conocer la incidencia causado por las empresas truchícolas en el entorno de los distritos de Juli y Pomata de la región Puno.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

Se realizó en la comunidad de Chukasuyo del distrito de Juli, de coordenadas geográficas $16^{\circ} 11' 43$ S y $69^{\circ} 25' 48$ O, y en el sector Faro distrito de Pomata $16^{\circ} 14' 17.286$ S y $69^{\circ} 20' 10.505$ O localizadas al sur del lago Titicaca Puno, pertenecientes a la provincia de Chucuito, departamento de Puno, ubicadas en la margen izquierda de la Panamericana sur a una distancia de 80.8 Km y 104.4 Km respectivamente, de la ciudad de Puno, Figura 3 (Ministerio de la Producción, 2007).

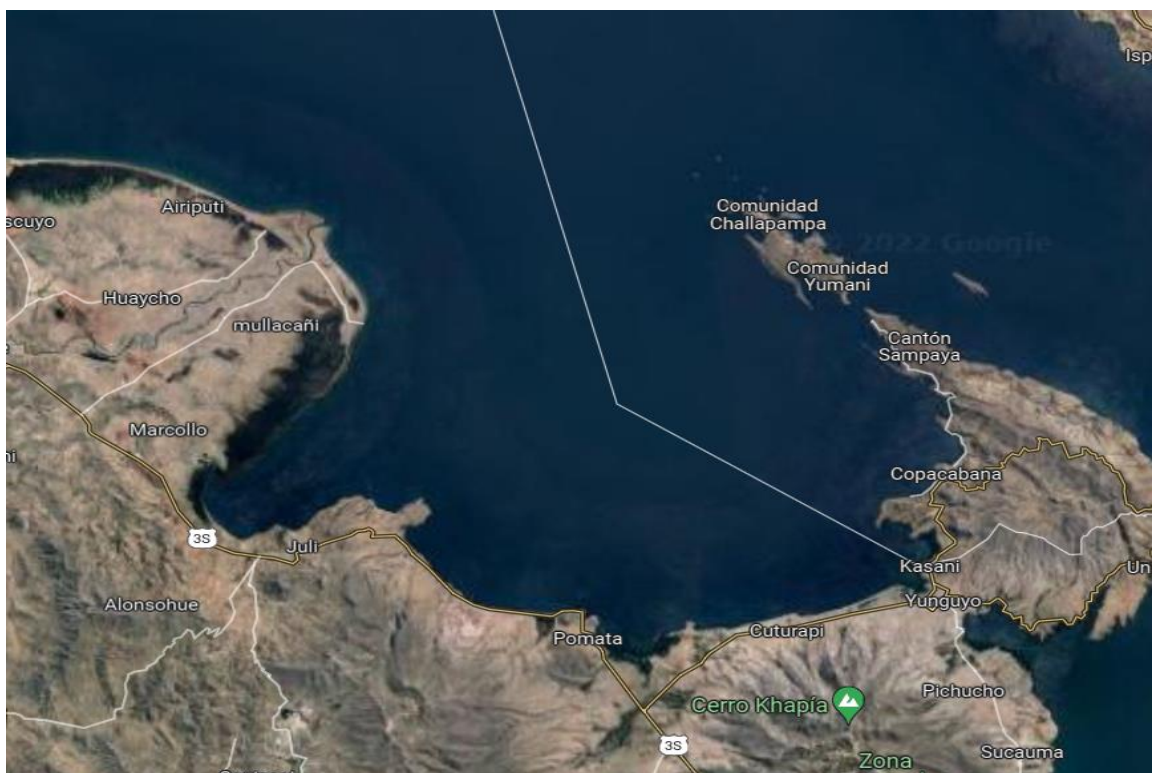


Figura 3. Localización de la zona pesquera de los distritos de Juli y Pomata, provincia de Chucuito-Puno.

3.2. Población

La población objetivo estuvo conformado por 23 empresas en el distrito de Juli y 52 empresas en el distrito de Pomata.

3.3. Muestra

3.3.1. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra fue calculado de acuerdo al muestreo aleatorio estratificado, según la fórmula siguiente (Cantanhede *et al.*, 2005).

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 * N * \sigma^2}{(N - 1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 * \sigma^2}$$

$$n = \frac{(1.96)^2 * (23) * (0.25)^2}{(23 - 1) * (0.061)^2 + (1.96)^2 * (0.25)^2}$$

n = 17 Empresas productoras de truchas del distrito de Juli

$$n = \frac{(1.96)^2 * (52) * (0.25)^2}{(52 - 1) * (0.061)^2 + (1.96)^2 * (0.25)^2}$$

n = 29 Empresas productoras de truchas del distrito de Pomata.

$Z_{1-\alpha/2}$ = Nivel de confianza 95% y coeficiente de confianza 1,96.

E= Error permitido, 10% de Generación Per Cápita (GPC) Nacional 0,061 Kg/hab/día (0.10 x 0.61Kg/hab/día) (MINAM, 2019).

Tabla 2

Distribución por estratos de empresas de truchas de los distritos de Juli y Pomata 2022.

Sector	Población		Muestra
Empresas de truchas del distrito de Juli			
	Nº	%	Nº
1	2	10.0	1
2	5	20.0	4
3	7	30.0	5
4	9	40.0	7
Total	23	100.00	17
Empresas de truchas del distrito Pomata			
1	5	10.0	3
2	10	20.0	5
3	16	30.0	9
4	21	40.0	12
Total	52	100.00	29

En la Tabla 2 se presenta el cálculo del tamaño de la muestra constituida por 17 empresas del distrito de Juli y 29 empresas del distrito de Pomata. El cual representa a un subconjunto de la población cuyos componentes se eligieron por la técnica del muestreo probabilístico. Los procedimientos, permitieron determinar los integrantes de la muestra que pudieron aportar la información más relevante a los propósitos de la investigación.

Tabla 3

Operacionalización de variables.

Variables	Dimensión	Indicador	Índice	Técnica
Y= Generación de residuos sólidos orgánicos de truchas.	Cantidad Composición	Peso Peso	Kg % de las fracciones	Regresión lineal múltiple, supuesto de homocedasticidad. Prueba de F, t-Student, ANVA, Distribución Normal, correlación, Instrumento Encuesta. SPSS y EXCEL
X1 = Cantidad de truchas	Cantidad	Unidades	Unidad	Regresión lineal múltiple, supuesto de homocedasticidad.
X2 = Peso de truchas	Cantidad	Peso	Kg	Prueba de F, t-Student,
X3 = Producción de truchas	Cantidad	Peso	Kg/año	ANVA, Distribución Normal, correlación,
X4 = Alimento de truchas	Cantidad	Peso	Kg/año	Instrumento
X5 = Recupero de carcasa	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje	Encuesta. SPSS y EXCEL

En la Tabla 3 se presentan las variables de estudios y las técnicas de análisis estadísticos, el t-Student, el Análisis de Variancia (ANVA), la Distribución Normal, la correlación entre variables y la prueba de homocedasticidad como parte de los supuestos de validación del modelo de regresión lineal múltiple.

3.4. Método de investigación

La investigación fue descriptiva, cuantitativa y correlacional, con diseño de muestreo probabilístico estratificado, se recolectaron datos cuantitativos para establecer y explicar las relaciones de significancia entre las variables de residuos sólidos orgánicos de truchas, el peso durante la cosecha, la producción y la recuperación de carcasa para encontrar modelos estadísticos en las empresas de truchas de los distritos de Juli y Pomata. Los

modelos estadísticos se hallaron por regresión lineal múltiple (Daza, 2006 ; Vilar, 2006; Velarde, 2016), y fueron considerados los supuestos de linealidad, independencia, homocedasticidad, normalidad y multicolinealidad, para su validez (Goldberger, 2001 y Wooldridge, 2006).

3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

3.5.1. Modelo estadístico por regresión lineal múltiple de generación de residuos sólidos orgánicos de truchas.

Descripción de variables analizadas por objetivo específico

La variable de investigación (Y_i), fue la generación de residuos sólidos orgánicos de truchas en empresas de truchas (Kg/año). Se evaluaron cinco variables independientes (X_i), mediante el método de selección Stepwise para la cantidad de truchas (Unid./año), el peso al momento de la cosecha (Kg), la producción de truchas (Kg/año), el alimento suministrado (Kg/año), y la recuperación de la carcasa durante el eviscerado (%).

Procedimiento de recolección de datos

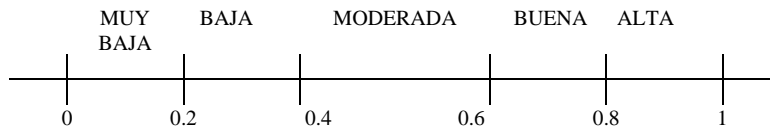
Se validó la confiabilidad del instrumento según el coeficiente alfa de Cronbach de 0.63 de 15 ítems de preguntas cerradas en Escala de Lickert, Tabla 19 (Vargas y Hernández, 2009), de 19 preguntas distribuidos por objetivos específicos, 6 para la modelación matemática, 5 para el diseño de un sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos de truchas y 8 para la evaluación del impacto ambiental (Anexo I).

Se recolectaron datos de 17 empresas de la comunidad Chukasuyo del distrito de Juli y 29 del sector Faro del distrito de Pomata, totalizando 46 entrevistados, en ambas zonas de alta producción truchícola del sur del lago Titicaca Puno.

Se realizó la representación gráfica de una propuesta de diseño de gestión de residuos sólidos de truchas adaptada a la actividad acuícola (Norma ISO 9001:2015).

Se evaluó el impacto ambiental de disposición de residuos sólidos orgánicos y efluentes de truchas de las empresas de Chukasuyo, distrito de Juli y del sector Faro, distrito de Pomata, empleando la matriz de Leopold modificada.

Escala unitaria (0,1) para la confiabilidad de Cronbach, se considera confiable $\alpha \geq$ de 0.6



Existen dos métodos de calcular el coeficiente α de Cronbach, habiendo sido empleado el método de la varianza de los ítems (Camones, 2019).

1. Método de la varianza de los ítems

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum V_i}{V_T} \right]$$

α : Alfa de Cronbach

K : Número de ítems

V_i : Varianza de cada ítem

V_t : Varianza del total

2. Método de la matriz de correlación

$$\alpha = \frac{N \cdot P}{1 + P(n - 1)}$$

α : Alfa de Cronbach

N : Número de ítems

P : Promedio de las correlaciones lineales de cada uno de los ítems.

Estimación de los modelos estadísticos

La estimación de los modelos estadísticos se realizó mediante la estadística inferencial aplicando la regresión lineal múltiple $\hat{Y} = f(x)$.

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_m + \varepsilon$$

$$\hat{Y} = (\text{peso, producción de truchas, recuperación de carcasa})$$

$$\hat{Y} = \text{Generación de residuos sólidos orgánicos de truchas (Kg)}$$

Tabla 4

Análisis de Variancia ANVA unifactorial de modelos estadísticos.

Fuentes de Variación	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad	Variancia CM	F
Factor entre grupos	$SC_{entre} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2$	$k-1$	$S_{entre}^2 = \frac{SC_{entre}}{k-1}$	$F = \frac{S_{entre}^2}{S_{intra}^2}$
Factor intragrupo	$SC_{intra} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{.j})^2$	$n-k$	$S_{intra}^2 = \frac{SC_{intra}}{n-k}$	
Total	$SC_{total} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$	$n-1$		

Estadístico de Prueba

$$F_0 = \frac{SS_{Tratamiento}/(k-1)}{SS_{Error}/(N-k)} = \frac{MS_{Tratamiento}}{MS_{Error}} \sim F_{(k-1, N-k)}$$

Si se cumple que $F_0 > F_{\alpha, (k-1), (N-k)}$, entonces se rechaza H_0 .

Prueba de t-Student

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$$

En la Tabla 4 se presentan las fórmulas empleadas de estadística inferencial (ANVA y t-Student), aplicadas en la operacionalización de variables (Llaugel, 2012).

3.5.2. Elaboración de propuesta de diseño de un sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos de truchas.

Para diseñar un sistema de gestión basado en procesos de residuos sólidos orgánicos de truchas (*Oncorhynchus mykiss*), para los distritos de Juli y Pomata se consideró la (Norma Española UNE-EN ISO 9000: 2005), apoyado con el Sistema de Gestión de la Calidad (Maldonado, 2018), modelo basado en procesos. Asimismo, se utilizó la representación esquemática de los elementos de un proceso y la representación de la estructura con el ciclo de Deming PHVA de acuerdo a la (Norma Internacional ISO 9001:2015) Quinta edición, Figuras 4 y 5; incorporando el Programa de Producción Más Limpia en los procesos (PML), Figura 6; considerando las alternativas de aprovechamiento de vísceras de truchas en subproductos ensilado, Figura 7; el balance de materia del proceso de coagulación y floculación del agua de cola, Figura 8; el diagrama de recuperación de sólidos en el tratamiento por coagulación y floculación del agua de cola, Figura 9; el diagrama de la fabricación de harina y aceite de pescado, Figura 10. Es decir, la forma de utilización de los residuos sólidos y líquidos del pescado, que sirven para obtener subproductos de innovación de truchas en el desarrollo en un sistema de gestión.

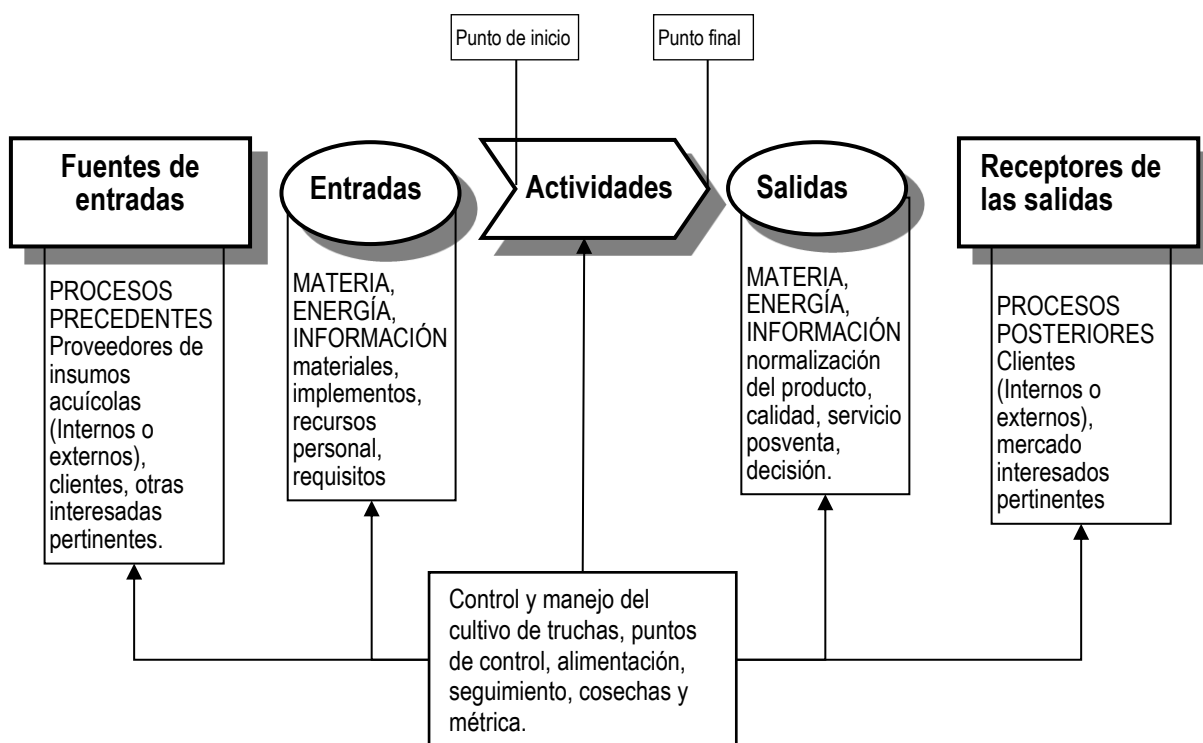
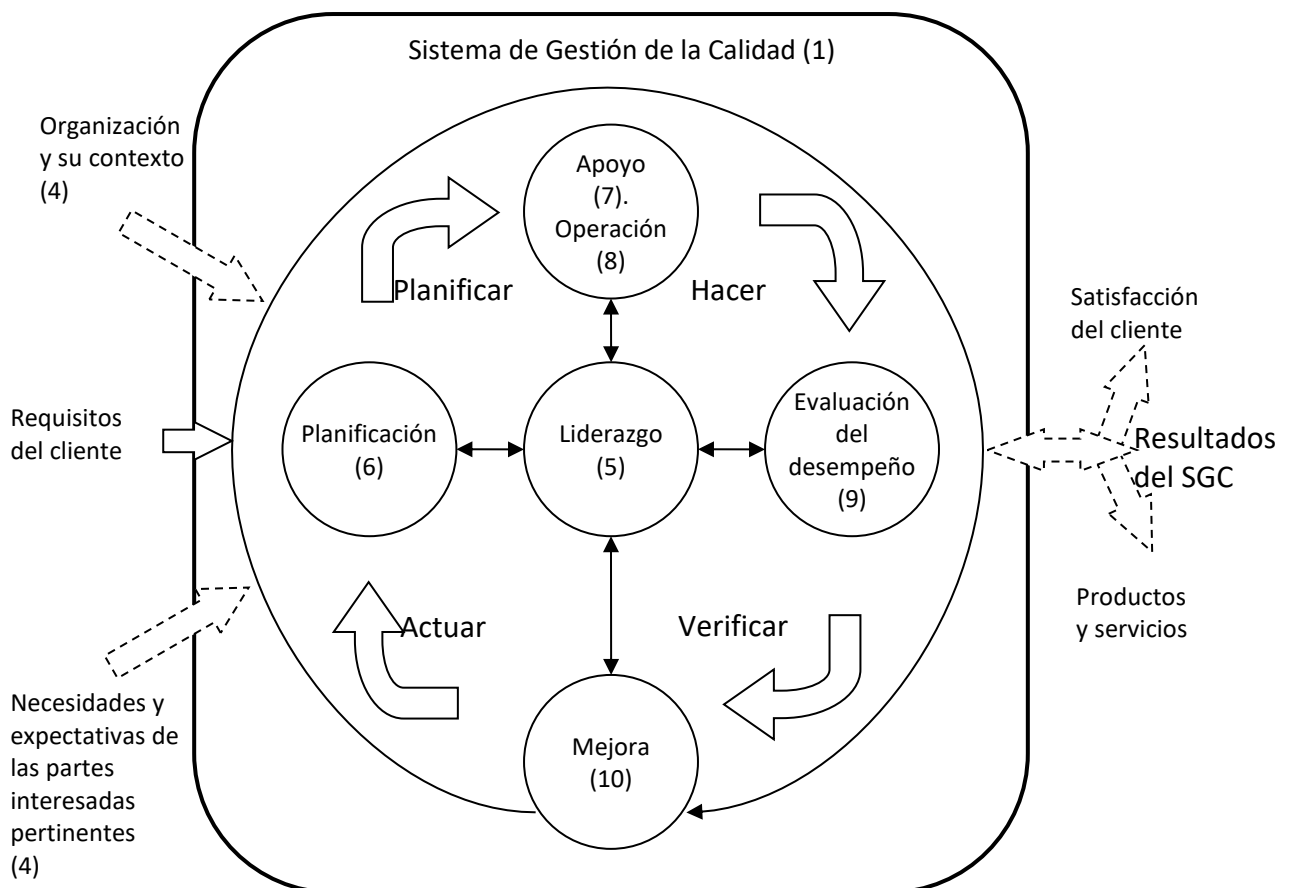


Figura 4. Representación esquemática de los elementos de un proceso adaptado a la actividad acuícola según la Norma ISO 9001:2015.

Fuente: Norma ISO 9001:2015.

La Figura 4 brinda la representación esquemática de cualquier proceso y muestra la interacción de sus elementos. Los puntos de control del seguimiento y la medición, que son necesarios para el control, son específicos para cada proceso y variarán dependiendo de los riesgos relacionado a la (Norma ISO 9001:2015). Estos elementos permiten el control y el manejo en las actividades de los cultivos acuícolas. En este sentido, el diagrama de flujo de producción involucra un plan de alimentación, seguimiento de la crianza (controles de alimentos y métricas), control físico y químico del agua, sanidad y control de enfermedades, engorde y cosechas. Así, todo proceso debe ir enfocado hacia el cliente, siendo vital para cualquier análisis que se efectúe en toda empresa. Además, el diseño de cualquier metodología debe recoger las mejores prácticas en el ámbito de la administración de operaciones (Maldonado, 2018).



Los números entre paréntesis hacen referencia a los capítulos de la Norma Internacional.

Figura 5. Representación de la estructura de la Norma Internacional con el ciclo PHVA
Fuente: Norma ISO 9001:2015.

En la Figura 5 se ilustra el ciclo de Deming de estrategias de una organización consistente en los siguientes elementos, Planificar-Hacer-Verificar-Actuar PHVA, que debe aplicarse a todos los procesos y al sistema de gestión de la calidad (SGC). En este caso, puede adaptarse a los cultivos acuícolas. *Las entradas al sistema* se refieren a la organización y presentación de los numerales codificados por la Norma. Así, el (4), refiere a los requisitos del cliente y las necesidades y expectativas de las partes interesadas pertinentes; *respecto al proceso* de gestión se desarrolla teniendo en consideración al liderazgo (5), planificación (6), apoyo (7), operación (8), evaluación del desempeño (9) y la mejora (10); *en las salidas* se indican los productos y los servicios y la satisfacción de los clientes (ISO 9001:2015).

El enfoque basado en procesos introduce la gestión horizontal, es decir, cruza las barreras entre las diferentes unidades funcionales y unifica los enfoques hacia las metas principales de la organización, asimismo, la gestión por procesos orienta la organización hacia el cliente, y convierte a las personas en el verdadero motor de la empresa. Con la gestión por procesos, se consigue que todas las personas que intervienen en un proceso sean conscientes de la importancia de su trabajo y busquen la excelencia en el mismo al saber que aportan valor al producto o servicio, ya que la atención se centra en los resultados del proceso, no en las actividades o tareas, de esta forma, la empresa pasa de ser de un conjunto de departamentos a una serie de personas que intervienen en uno o varios procesos (Maldonado, 2018).

El objeto y campo de aplicación del sistema de gestión de la calidad (1) destaca que la adopción de un sistema de gestión de la calidad es una decisión estratégica para una organización que puede ayudar a mejorar el desempeño global y proporcionar una base sólida para las iniciativas de desarrollo sostenible. En este marco, las empresas de Juli y Pomata destacan la necesidad de contar con un diseño de un sistema de gestión de la calidad para sus productos y, consiguientemente, para la utilización de subproductos derivados del procesamiento de truchas.

El cuanto la organización (4), nos indica la necesidad de comprender las necesidades y expectativas de las partes interesadas, determinar el alcance del sistema de gestión de la calidad y sus procesos. En este aspecto, las organizaciones

de truchas de Juli y Pomata sustentan la producción a partir de la Micro y Pequeña Empresa (AMYPE).

Liderazgo (5), implica el ejercicio de liderazgo y compromiso, enfocado al cliente y estableciendo una política de calidad, comunicación con fijación de roles, responsabilidades y fortaleciendo las autoridades de la organización. En este aspecto, los productores de Juli y Pomata, por lo general no cuentan con una política de calidad, sin embargo, se aprecia un liderazgo y autoridad asertivo que les permiten colocar los productos en el mercado regional y con accesibilidad en el mercado del Estado Plurinacional de Bolivia.

La planificación (6), implica las acciones para abordar riesgos y oportunidades, trazar los objetivos de la calidad y planificar para lograrlos. Los productores de Juli y Pomata no organizan una planificación estructurada, aunque cabe destacar, planean organizativamente la producción por campañas.

El apoyo (7), señala la importancia de disponer adecuada y oportunamente de los recursos (personas, infraestructura, recursos de seguimiento y medición y conocimiento de la organización). Los empresarios de Juli y Pomata no cuentan con el soporte organizacional de parte del Gobierno Regional y se sostienen en base a recursos económicos propios y créditos del sistema financiero.

La operación (8), destaca el aspecto de planificación y control operacional, los requisitos para los productos y servicios y, el diseño y desarrollo de los productos y servicios, que a su vez implican la planificación del diseño y desarrollo; las entradas para el diseño y desarrollo; y los controles del diseño y desarrollo. En este aspecto, los productores necesitan diseñar productos normalizados y estandarizados, los cuales, actualmente, los expenden en estado fresco, en cortes, viscerados o congelados.

La evaluación del desempeño (9), permite realizar el seguimiento, la medición, el análisis y la evaluación para la satisfacción al cliente, la auditoría interna y la revisión por la dirección de las entradas y salidas respectivas. En este sentido, los productores de Juli y Pomata no realizan auditorías internas que les ayuden en redireccionar en los procesos, sin embargo, se aprecia que llevan la contabilidad de los gastos generales, del plan de reinversiones y de las finanzas crediticias.



La mejora (10), implica el análisis de los resultados del proceso mediante la conformidad y la no conformidad de los productos entregables y las medidas de mejora continua. Los productores se pronuncian a favor de un plan de mejora continua y de medidas correctivas, dado que la competitividad del producto en el mercado aumenta, por lo cual, solicitan la implementación de un diseño de sistema de gestión de la calidad (SGC).

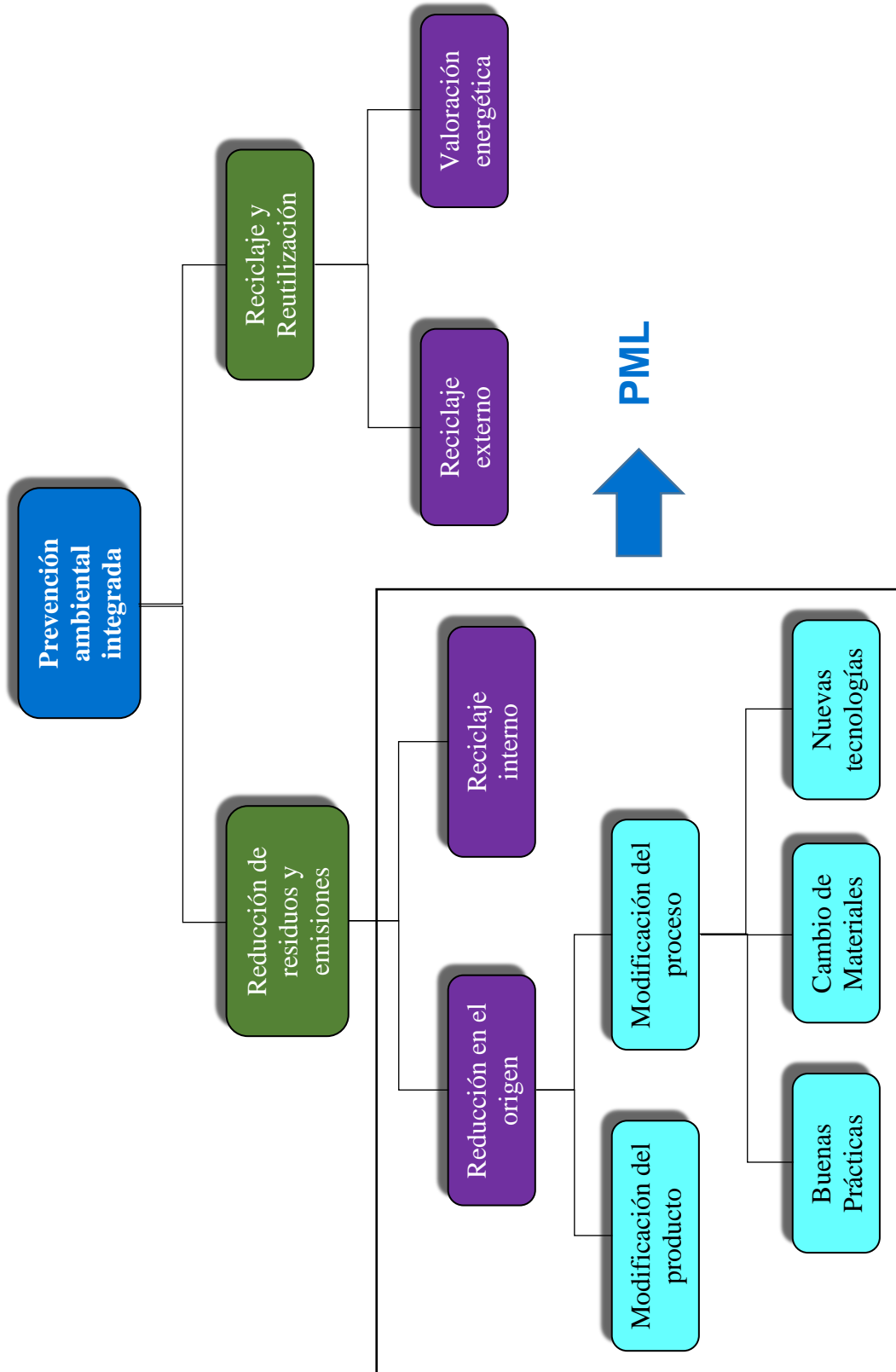


Figura 6. Programa de Producción más Limpia (PML) en los procesos.

Fuente: Tomado del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

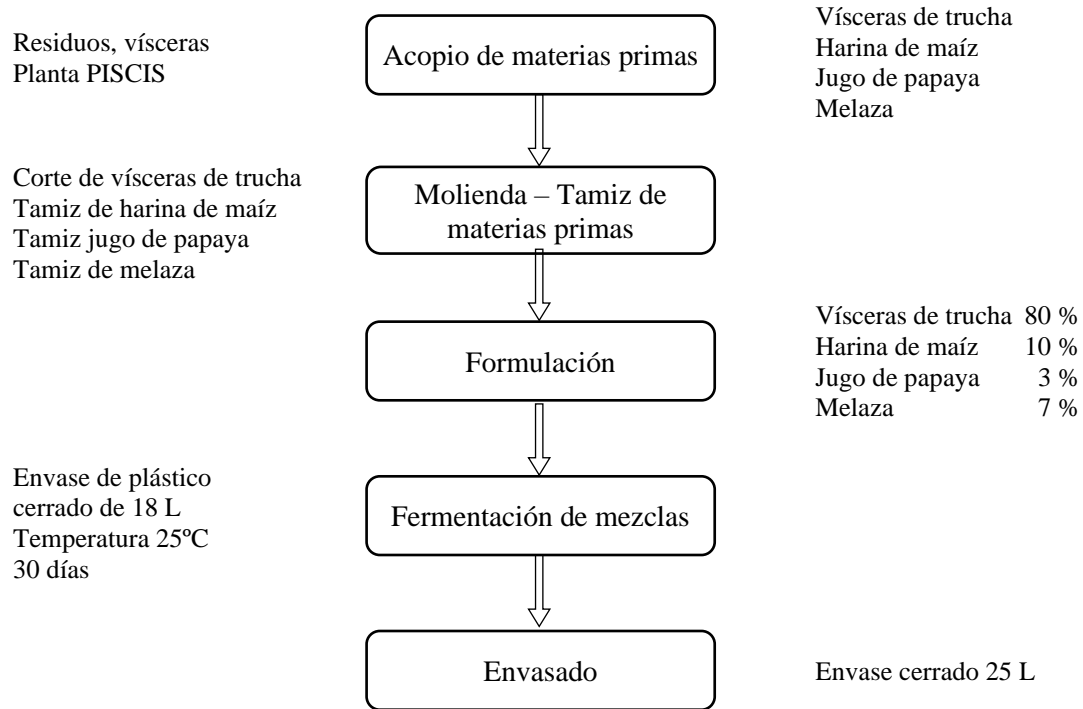


Figura 7. Flujo de elaboraci3n de ensilado biol3gico de vísceras de truchas.
Fuente: Yucra, 2021

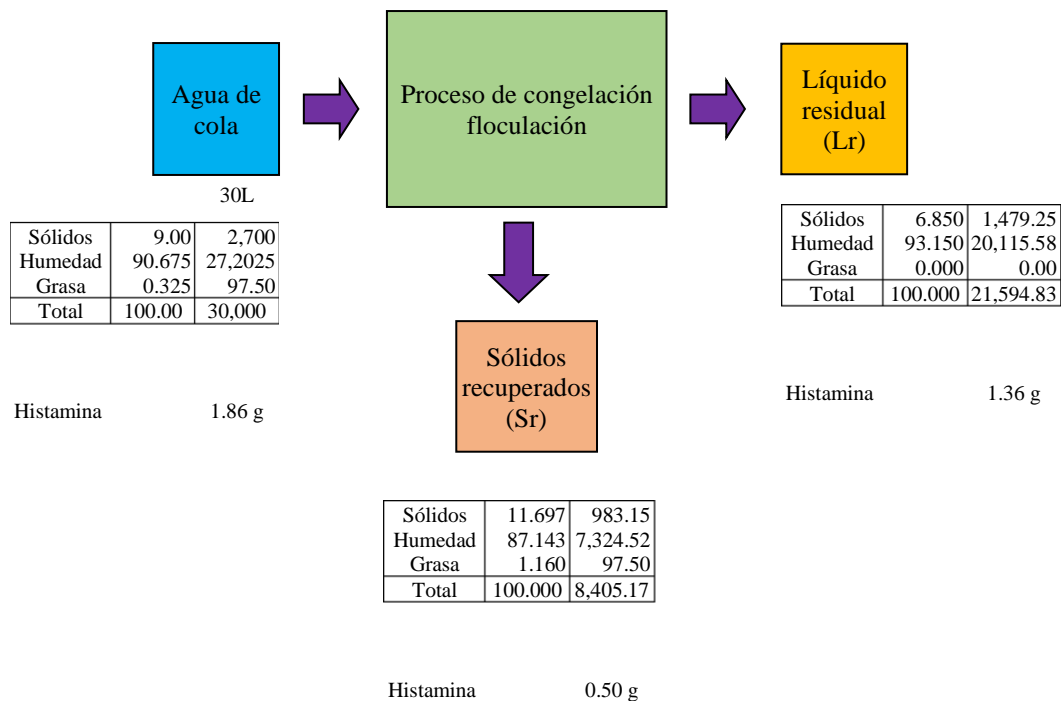


Figura 8. Balance de materia del proceso de coagulaci3n/floculaci3n del agua de cola.
Fuente: Núñez, 2014.

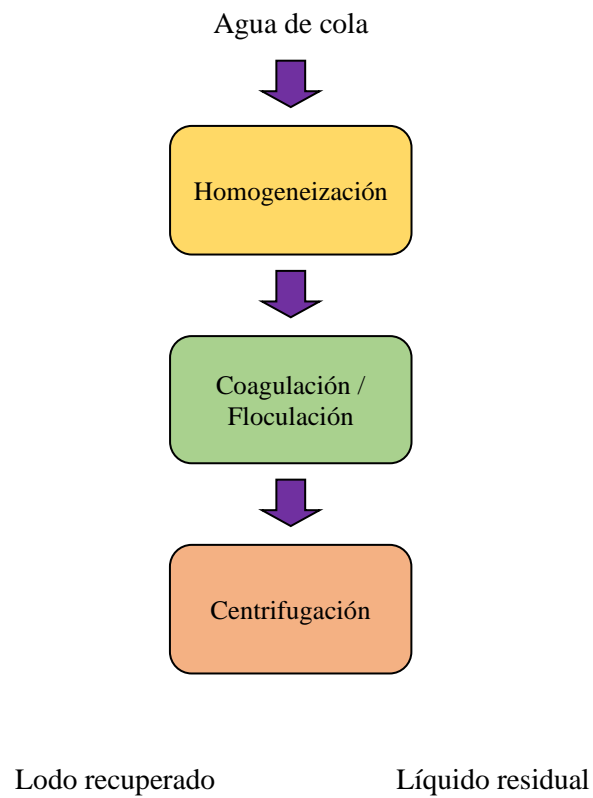


Figura 9. Recuperación de sólidos en el tratamiento por coagulación/floculación del agua de cola.

Fuente: Núñez, 2014.

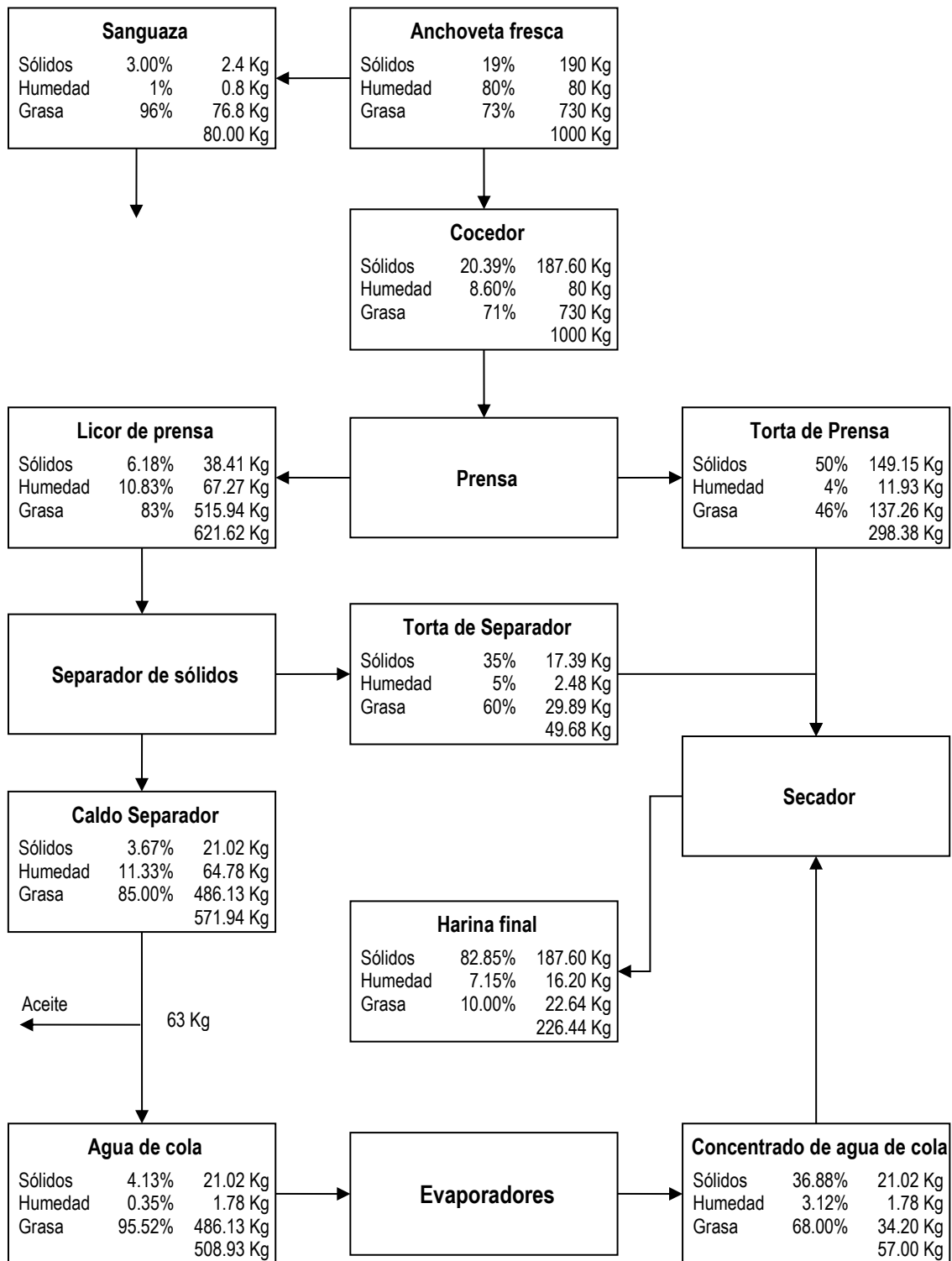


Figura 10. Fabricación de harina y aceite de pescado.
Fuente: Landeo y Ruíz, 1996.

- **Elaboración del diseño de diagrama de flujo de utilización de residuos sólidos orgánicos y efluentes de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) en los distritos de Juli y Pomata.**

Los residuos sólidos orgánicos y líquidos de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) se utilizan en forma provechosa. Al respecto, existen diferentes estudios (Senevirathne y Kim, 2012; Marine Biotech, 2015; Grupo Vento, 2018). En la Figura 11 se muestra una ilustración propia del autor, en la cual se indica que como resultado de la crianza de truchas en el lago Titicaca Puno, y en virtud a la generación de los residuos sólidos orgánicos, los mismos, pueden ser aprovechados para consumo humano directo, como los recortes, las cabezas, colas, el hígado y el bazo, asimismo, los compuestos solubles derivados de los procesos, mediante la biotecnología, para la obtención de productos biotecnológicos ya sean enzimas proteasas, lipasas o ácidos grasos omega 3; en cuanto al consumo humano indirecto, de las vísceras y descartes se elaboran subproductos ensilados para la alimentación de animales, (Figura 7); obtención de harina residual y aceites utilizables, Figura 10; del resultado del lavado y eviscerado del pescado en planta se generan efluentes líquidos, que contienen agua de cola recuperables, Figura 8 y 9, proteínas solubles, recuperación proteica sea por medios químicos, de ingeniería biológica e industrial (Gutiérrez-Correa, 1996; Gutiérrez-Correa y Villena, 2010).

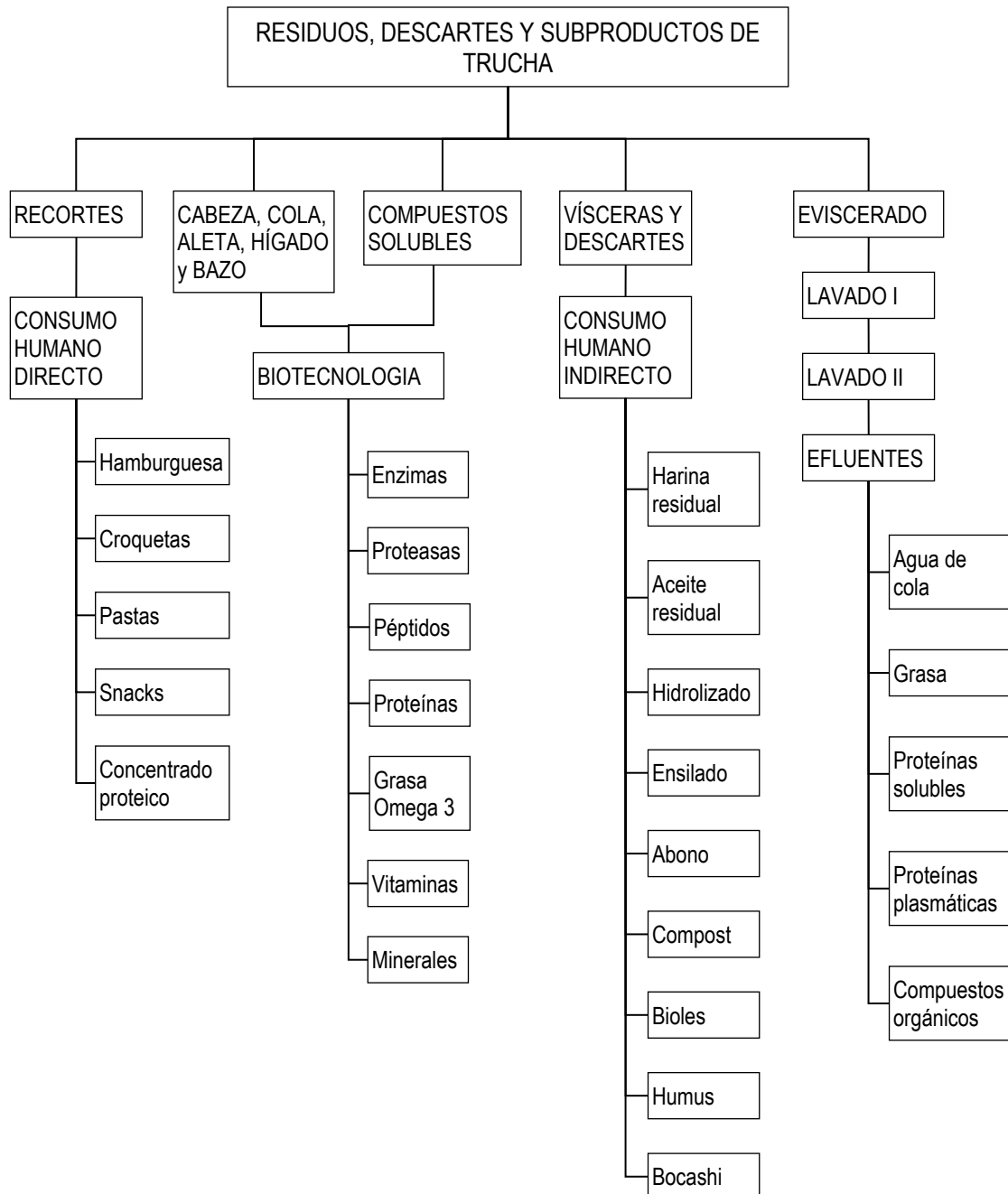


Figura 11. Esquema de utilización de residuos sólidos orgánicos y efluentes de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) para los distritos de Juli y Pomata.

La Figura 11, presenta el esquema de utilización de residuos sólidos orgánicos y efluentes de trucha (*Oncorhynchus mykiss*), para consumo humano directo de los recortes aprovechables y por medio de la biotecnología, la obtención de compuestos nutraceuticos; en el consumo humano indirecto los efluentes resultantes del procesamiento, para obtener ensilados, abonos y bioles, entre otros

(Piscifactorías Los Andes, 2021). Los subproductos se utilizan en la obtención de piensos (no solo en forma de harina y aceite de pescado), biodiésel y biogas, productos dietéticos (quitosano), productos farmacéuticos (incluidos los aceites), pigmentos naturales, cosméticos y componentes en otros procesos industriales. Las vísceras y las estructuras óseas del pescado son una fuente de posibles productos con valor añadido, como los péptidos bioactivos para utilizar en complementos alimenticios y en las industrias biomédica y nutracéutica (Senevirathne y Kim, 2012). La utilización de los residuos sólidos orgánicos de la industria pesquera presenta una variedad de subproductos (harinas residuales, abonos, ensilados, compost, bioles, hidrolizados y aceites residuales), los cuales han sido destacados en el marco de un plan de sistema integrado de gestión de residuos sólidos orgánicos provenientes de la acuicultura y de la pesca (Sociedad Nacional de Pesquería, 2016). Para depurar los efluentes de agua para incubar huevos de truchas en el hatchery de Biescas, Huesca (Márquez, 2016) empleó filtro de carbón de madera, turba, fibra de madera, grava y esponjas. Experiencias con residuos de origen pesquero han sido aplicado en alimentación animal en pollos de engorde, gallinas ponedoras, cerdos y rumiantes (Bello, 1997). Pruebas químicas permitieron cuantificar en 18.46 % el contenido de proteínas en el ensilado de residuos de sardina en comparación con 65 % de proteínas de la harina de pescado (Berenz, 1994). En el proyecto Gas de Camisea (Bustamante, 2012), ubicado en el bajo Urubamba, de la empresa petrolera Pluspetrol Norte S.A., se generó, en promedio, aproximadamente 32 toneladas mensuales de residuos orgánicos. Por ello, cuentan con un programa de reducción de residuos orgánicos, motivo por el cual en el año 2011 disminuyeron los residuos orgánicos de 86 % (enero) a 40 % (diciembre). Los residuos son incinerados con un incinerador pirolítico con lavador de gases, cuyo rendimiento es 1.500 Kg/día. El costo del incinerador es \$ 800.000. La jerarquía en el manejo de residuos sólidos es parte de las medidas del sistema de gestión de residuos donde el reciclaje es para la recuperación de energía. Reducir, reusar, reciclar, reaprovechar y rellenar después del tratamiento de lo nos reciclables. El manejo de los residuos sólidos incluye toda actividad técnica operativa de residuos sólidos que va desde la generación hasta la disposición final de los residuos. En todas partes es considerada en el futuro la disposición en rellenos sanitarios de los residuos últimos, es decir, lo que queda después del tratamiento. El tratamiento busca la reducción de la reactividad

y consiste en cualquier proceso, método o técnica que permita modificar la característica física, química o biológica del residuo sólido, a fin de reducir o eliminar su potencial peligroso de causar daños a la salud y el ambiente. El tratamiento mecánico biológico (MBT), tiene el objetivo de estabilizar los residuos antes de ser dispuestos en los rellenos sanitarios. El tratamiento térmico tiene por objetivo el tratamiento *per sé* y no la generación de energía. En el tratamiento se trata de disminuir la reactividad y destruir los contaminantes. El objetivo de la incineración es la inertización de residuos previa al vertido en el relleno sanitario, a través de la destrucción de los compuestos orgánicos peligrosos; asimismo, reduce las emisiones de gases de los rellenos sanitarios y de lixiviados (Binner, Méndez y Miyashiro, 2016). La alternativa más viable para eliminar los residuos líquidos de la industria pesquera es a través del sistema de flotación por aire disuelto (DAF). Los beneficios obtenidos en la separación de sólidos mediante el sistema DAF son muy satisfactorios logrando aislar lodos, aceites y grasas en la transformación (Grupo Vento, 2018). Los órganos internos del pescado son una excelente fuente de enzimas especializadas proteolíticas, como la pepsina, la tripsina, la quimotripsina, las colagenasas y las lipasas. La proteasa, por ejemplo, es una enzima digestiva que se utiliza en la fabricación de productos de limpieza, la elaboración de alimentos y la investigación biológica. La piel del pescado en particular de los de mayor tamaño, proporciona gelatina, así como cuero para prendas de vestir, zapatos, bolsos, billeteras, cinturones y otros artículos (Marine Biotech, 2015).

- **Elaboración de flujograma del proceso de producción truchícola en los distritos de Juli y Pomata.**

En la presente Figura 12 se muestra el flujograma del proceso de producción truchícola que deben tener en consideración las empresas en los distritos de Juli y Pomata. En las que se puede analizar esquemáticamente las etapas de las operaciones acuícolas desde la fase de siembra, durante las operaciones de producción, hasta la cosecha de los productos y la generación de residuos sólidos y líquidos derivados (SINEACE, 2018).

En la Figura 12 se presenta el flujograma del proceso de producción truchícola para los distritos de Juli y Pomata. Expertos (Yapu, *et al.*, 2022), consideran que en la generación de los residuos sólidos orgánicos de truchas la genética de ovas, el tipo de alimento y el ayuno inciden en el volumen de los residuos y efluentes. (Bermejo-Poza *et al.*, 2015), encontraron que el coeficiente de condición alimentaria estuvo influido por el tiempo de ayuno ($p= 0,002$), siendo mayor en las truchas no ayunadas.

- **Elaboración de un diseño de planta piloto de tratamiento de residuos sólidos orgánicos y efluentes de truchas (*Oncorhynchus mykiss*).**

En la Figura 13 se presenta el proceso de diseño de una planta (Sinnot, 2012), considerando los criterios para determinar las necesidades del consumidor, y la aprobación del consumidor o cliente. En una planta de residuos sólidos orgánicos y efluentes de truchas se requiere un diseño basado en especificaciones, evaluando la economía, seleccionando el equipo para investigación y desarrollo de productos, la adquisición y la puesta en marcha. La infraestructura y soporte de una planta requiere de las dimensiones: Dirección General de Administración donde se debe analizar el proyecto; Oficina de Obras donde se asigna el desarrollo del equipo o la planta de tratamiento de residuos; Oficina de Supervisión donde se construye, se usa el equipo y se realiza la capacitación; Unidad de mantenimiento, se emplea los locales, ejemplo sede Pomata y las subunidades correspondientes del Gobierno Regional Puno.

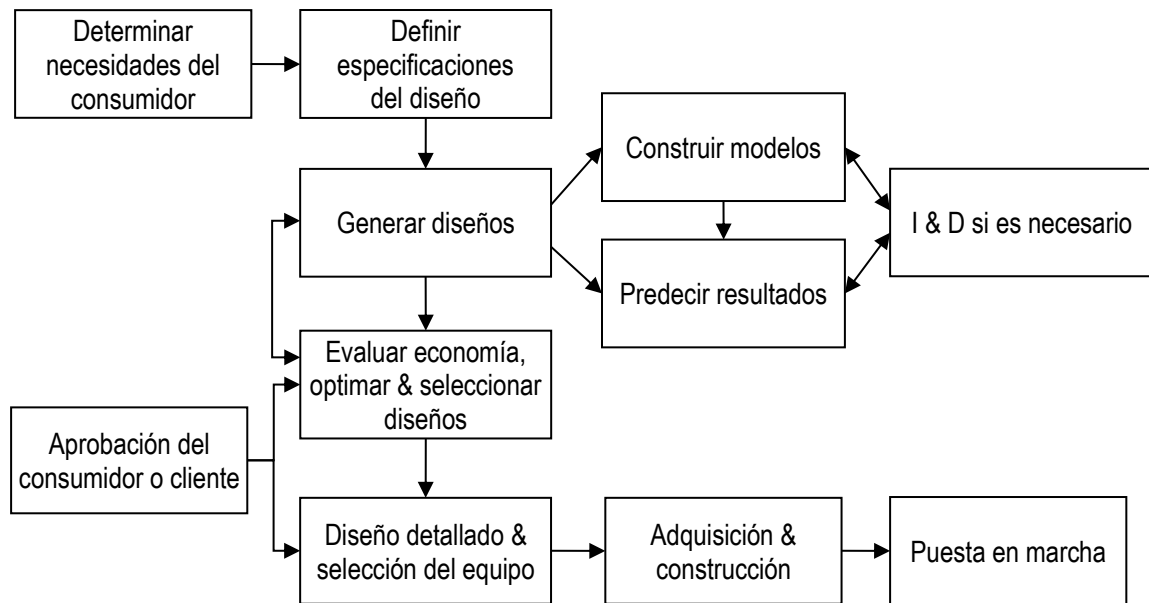


Figura 13. Proceso de diseño de una planta adaptado de Sinnott *et al.*, 2012.
Fuente: Sinnott *et al.*, 2012.

La Figura 13, representa las fases del procedimiento de desarrollo del diseño en el cual, el diseñador será consciente de nuevas posibilidades y limitaciones, y estará constantemente buscando nuevos datos e ideas, y evaluando posibles soluciones del diseño (Sinnott *et al.*, 2012). En el Panel Fotográfico de Anexos se muestran las Fotografías 8, 9 y 10 donde se exhibe el equipo de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos y sistema electro-mecánico automatizado. Es posible desarrollar esfuerzos de diseño de plantas de aprovechamiento de residuos orgánicos en la producción de gas y fertilizantes (NEIKER, 2022). La producción de biogás con alto contenido de metano CH₄ y compost a partir de residuos orgánicos (aguas residuales), es posible a partir de excrementos de animales y humanos, desechos vegetales no cítricos mediante procesos de fermentación anaeróbica para producir metano y fertilizantes orgánicos rico en nitrógeno, fósforo y potasio, para disminuir el potencial de contaminantes de los excrementos (Padilla y Rivero, 2015).

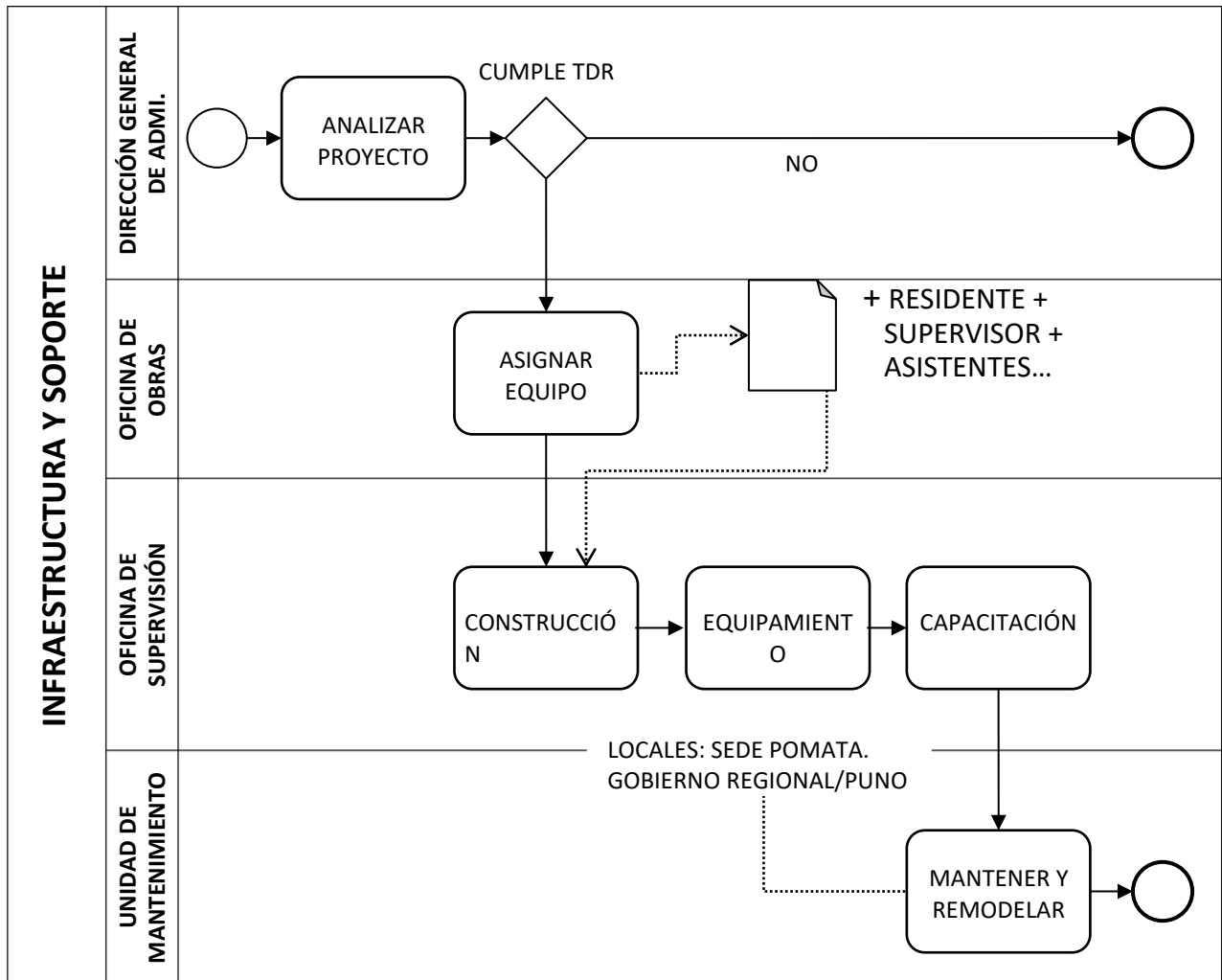


Figura 14. Diseño de una planta de utilización de residuos sólidos orgánicos de truchas.
Fuente: ISO 9001:2015.

La Figura 14 presenta la estructura esquemática del diseño de una planta adecuada a la utilización de residuos sólidos orgánicos de truchas, en concordancia a la (Norma ISO 9001: 2015), la cual implica fases tales como las especificaciones técnicas, el análisis del proyecto y la asignación de un equipo profesional calificado; la construcción y el equipamiento de la planta; la capacitación, el mantenimiento y la renovación del equipo electro-mecánico y las maquinarias como resultado de la depreciación y del cumplimiento del periodo de vida útil. Adicionalmente, en el diseño de una planta de tratamiento se considera el diagnóstico, la documentación, el diseño de segregación en la fuente, la recolección selectiva de los residuos sólidos, la valorización energética y económica de los residuos, y la sostenibilidad en el tiempo. Un estudio específico



de diseño de planta, concluyó con la posibilidad de procesar 16.12 t/día de residuos sólidos orgánicos (Rojas, 2020).

- **Programa de capacitación en residuos sólidos orgánicos y efluentes.**

En la Tabla 5 se presenta la elaboración de un programa de capacitación en residuos sólidos orgánicos de truchas a los productores de los distritos de Juli y Pomata, para el mejor aprovechamiento de los residuos (Plan Regional de Acuicultura Puno, 2015-2030).

Tabla 5
Implementación de un Programa de capacitación en residuos sólidos orgánicos de trucha para los distritos de Juli y Pomata.

Actividad	2023 - 2025												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Capacitaciones en planificación y organización de empresas acuícolas.													
Capacitación en mejoramiento y modernización de instalaciones de cultivo, procesamiento y comercialización de productos.													
Capacitaciones en implementación del sistema de gestión de calidad.													
Capacitación en estudio de mercado de productos hidrobiológicos.													
Capacitación en mejora de infraestructura y equipamiento.													
Capacitación en información y comunicación.													
Capacitación en uso y mantenimiento de la infraestructura acuícola													
Capacitación en auditorías acuícolas													
Capacitación sobre acceso a créditos para la acuicultura.													
Capacitaciones sobre formalización de la actividad acuícola.													
Capacitaciones sobre normatividad de la actividad acuícola													
Capacitaciones sobre articulación en la cadena productiva y valor agregado de la acuicultura.													
Capacitaciones en buenas prácticas de acuicultura.													
Difusión de beneficios y potencialidades de la actividad acuícola													
Capacitaciones sobre registros y monitoreos de producción.													
Capacitación en contaminación y gestión ambiental en acuicultura, desarrollo sostenible.													
Gestionar el asesoramiento jurídico para diferentes acciones relacionadas con la acuicultura que requieren procedimientos legales.													
Promoción de un programa de educación ambiental formal e informal en alianza con otras instituciones (MINAM y sector Educación), que propicien una acuicultura con principios ecosistémicos.													
Capacitaciones en planificación y organización de empresas acuícolas.													

Fuente: Plan Regional de Acuicultura Puno (2015), Gobierno Regional de Puno. Dirección Regional de la Producción de Puno.

Normas específicas para el cumplimiento y fiscalización de la disposición final de residuos sólidos orgánicos y efluentes de truchas.

La Tabla 6 refiere las normas específicas para el cumplimiento y fiscalización de la disposición final de residuos sólidos orgánicos y efluentes de pescado, considerando las medidas y los planes de mejora en el marco de la Ley del Medio Ambiente, la Ley N° 27446; Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, D.S. N° 010-2008-PRODUCE; que establece los límites máximos permisibles para la industria de harina y aceite de pescado y normas complementarias; el D.S. N° 005-2011-PRODUCE, que indica específicamente, en su artículo 6° que los descartes y residuos de recursos hidrobiológicos deberán ser aprovechados en plantas autorizadas de harina residual, de reaprovechamiento de descartes y residuos, de ensilado, ictiocompost y otros procesos, que permitan la utilización integral y racional del recurso hidrobiológico. El D.S. N° 011-2009-MINAM, que aprueba los límites máximos permisibles para las emisiones de la industria de harina y aceite de pescado y harina de residuos hidrobiológicos, Resolución Ministerial N° 621-2008-PRODUCE, que establece disposiciones dirigidas a titulares de plantas de harina y aceite de pescado y de harina residual de pescado, a fin de garantizar la innovación tecnológica para mitigar sus emisiones al medio ambiente. La Resolución de Consejo Directivo N° 038-2017-OEFA-CD, que hace hincapié a la normatividad legal de infracciones y sanciones a las actividades de procesamiento industrial pesquero y acuicultura de mediana y gran empresa que se encuentran bajo la competencia del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental-OEFA. La fiscalización en contexto, permite examinar las actividades para comprobar si se cumple con las normativas vigentes en materia de cuidado ambiental (OEFA, 2022). Resulta imprescindible que los productores se adecúen a los beneficios de formalización en la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT), y gestionen la obtención del Número del Registro Único del Contribuyente (RUC).

Tabla 6
Medidas y planes de mejora de los impactos ambientales para las empresas truchícolas de los distritos de Juli y Pomata

Dimensiones	Factores	Elementos	Medidas y planes de mejora
I. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	1.1. Entorno	1.1.1. Disposición final de residuos	<p>Gestión de procesos y mecanismos de control, regulación y seguimiento de la disposición final de residuos sólidos orgánicos y efluentes de truchas. Para lo cual se requiere la capacitación del personal en asuntos medio ambientales. El D. S. N° 015-2017-VIVIENDA, aprueba el reglamento para el reaprovechamiento de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales, destaca los lineamientos de la Gestión Integral de Residuos Sólidos e involucra su cumplimiento a través del Ministerio del Ambiente y la OEFA. Las Municipalidades son responsables por la gestión de los residuos sólidos de origen domiciliarios, especiales y similares, en el ámbito de su jurisdicción (art. 22). La gestión y manejo de los residuos sólidos implica operaciones y procesos de los residuos siguientes: barrido y limpieza de espacios públicos, segregación, almacenamiento, recolección, valorización, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final (art. 32). Implementación del mejoramiento de las instalaciones y equipos para el adecuado manejo de los efluentes. El D. S. N° 007-2017-VIVIENDA, avala la política nacional de saneamiento, la Resolución Ministerial Nacional N° 128-2017-VIVIENDA, que aprueba las condiciones mínimas de manejo de lodos y las instalaciones para su disposición final.</p>
		1.1.2. Litoral	<p>Implementación de procedimientos y empleo de tecnologías limpias por las empresas para la disposición final de los efluentes en los alrededores de las poblaciones. El Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, en concordancias con la Resolución Ministerial N° 024-2017-VIVIENDA, destacan el reaprovechamiento de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales. La Resolución Ministerial N° 061-2016-PRODUCE, que aprueba el Protocolo para el Monitoreo de efluentes de los Establecimientos Industriales Pesqueros de Consumo Humano Directo e Indirecto, y la Ley General de Residuos Sólidos 2000.</p>

<p>Gestión y manejo adecuado de los residuos sólidos orgánicos de truchas para evitar los olores y la presencia de vectores en las áreas libres. El D.S. N° 014-2017-MINAM Reglamento del Decreto legislativo N° 1728, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, refiere al material de descarte proveniente de actividades productivas, del programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos, procesos, métodos o técnicas de tratamiento de residuos sólidos, valorización de residuos sólidos, infraestructuras de disposición final de residuos sólidos, manejo de áreas degradadas y educación ambiental.</p>	<p>1.1.3. Aire</p>		
<p>Monitoreo de la disposición final de los residuos sólidos orgánicos de truchas en los suelos agrícolas. El D. S. N° 014-2017-MINAM Reglamento del Decreto legislativo N° 1728, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, refiere al material de descarte proveniente de actividades productivas, del programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos, procesos, métodos o técnicas de tratamiento de residuos sólidos, valorización de residuos sólidos, infraestructuras de disposición final de residuos sólidos, manejo de áreas degradadas y educación ambiental.</p>	<p>2.1.1. Suelo agrícola</p>	<p>2.1. Suelo</p>	
<p>Seguimiento del estado de los pastizales de pastoreo del ganado. La Resolución Ministerial N° 061-2016-PRODUCE, que aprueba el Protocolo para el Monitoreo de efluentes de los Establecimientos Industriales Pesqueros de Consumo Humano Directo e Indirecto, y la Ley General de Residuos Sólidos 2000.</p>	<p>2.2.1. Pastizales</p>		<p>II. CONDICIONES BIOLÓGICAS</p>
<p>Mejoramiento de los procesos primarios de truchas para impedir causar daño a la flora silvestre de las zonas circundantes de producción. El D.S. N° 019-2009-MINAM, la aprobación del Reglamento de la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del impacto Ambiental, D.S. N° 010-2008-PRODUCE, que establece límites máximos permisibles para la industria de harina y aceite de pescado y normas complementarias.</p>	<p>2.2.2. Flora silvestre</p>	<p>2.2. Uso del territorio</p>	
<p>Mejoramiento de los procesos primarios de truchas para impedir causar daño a la fauna silvestre de las zonas circundantes de producción. La Ley del Medio Ambiente N° 28611 art. 26 De los programas de Adecuación y Manejo Ambiental, art. 97°, De los lineamientos para políticas sobre diversidad biológica.</p>	<p>2.2.3. Fauna silvestre</p>		

<p>III. FACTORES CULTURALES</p>	<p>3.1. Estéticos y de interés humano</p>	<p>3.1.1. Paisaje</p>	<p>Gestión y seguimiento para la mejora de la infraestructura piscícola. El D. S. N° 011-2009-MINAM, que aprueba los límites máximos permisibles para las emisiones de la industria de harina y aceite de pescado y harina de residuos hidrobiológicos, Resolución Ministerial N° 621-2008-PRODUCE, que establece disposiciones dirigidas a titulares de plantas de harina y aceite de pescado y de harina residual de pescado, a fin de garantizar la innovación tecnológica para mitigar sus emisiones al medio ambiente. La Resolución de Consejo Directivo N° 038-2017-OEFA-CD, hace hincapié a la normatividad legal de infracciones y sanciones a las actividades de procesamiento industrial pesquero y acuicultura de mediana y gran empresa que se encuentran bajo la competencia del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental-OEFA. La Ley del Medio Ambiente N° 28611, art. 119°, refiere Del manejo de los residuos sólidos.</p>
		<p>3.1.2. Turismo</p>	<p>Evaluación de los sistemas productivos acuícolas para conservar el turismo en las zonas de producción. El Decreto Supremo N° 018-2019-PRODUCE, que modificó el Reglamento del procesamiento de descartes y/o residuos de recursos hidrobiológicos, aprobado por Decreto supremo D. S. N° 005-2011-PRODUCE, expresa en su artículo 6 que los descartes y residuos de recursos hidrobiológicos deberán ser aprovechados en plantas autorizadas de harina residual, de reaprovechamiento de descartes y residuos, de ensilado, ictiocompost y otros procesos, que permitan la utilización integral y racional del recurso hidrobiológico. Considerar la vigencia de la Ley del Medio Ambiente N° 28611, art. 81°, Del turismo sostenible, art. 139° del régimen de sanciones.</p>

3.5.3. Evaluación de impacto ambiental generados por los residuos sólidos orgánicos de truchas.

La evaluación se realizó considerando los factores ambientales aire, litoral lacustre, suelos agrícolas, pastizales, flora silvestre, fauna silvestre, paisaje y turismo, aplicando la matriz de Leopold modificada, según la metodología de evaluación de impacto ambiental (Conesa, 1993), y la prueba de media (Quijano, 2013; Rodo, 2020).

Fórmula de la Prueba de media para $n \leq 30$ muestras (Quijano, 2013).

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}} \quad (n - 1) \text{ (Grados de Libertad GL)}$$

$$z = \frac{\bar{x} - \mu}{S / \sqrt{n}}$$

Tabla 7

Matriz de Leopold modificada de evaluación de impacto ambiental.

Evaluación Cualitativa de Impactos		Manejo de la producción de trucha			
		A. Instalación de alevinos a las jaulas flotantes	B. Madurez de la trucha en jaulas	C. Cosecha	Evaluaciones
CARACTERÍSTICAS O CONDICIONES DEL MEDIO SUSCEPTIBLES A ALTERARSE	A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	1. AGUA	A. pH		
			B. Oxígeno disuelto		
			C. Temperatura		
	B. CONDICIONES BIOLÓGICAS	2. FLORA	A. Cosecha		
			3. USOS DEL TERRITORIO	A. Zonas húmedas	
		B. Pastos			
	C. FACTORES CULTURALES	4. ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO	C. Agricultura		
			A. Vistas panorámicas y paisajes		
			B. Naturaleza		
			C. Espacios abiertos		
5. NIVEL CULTURAL		D. Paisajes			
	A. Estados de vida				
	B. Salud y seguridad (rural)				
		C. Empleo (autosustentable)			
		D. Densidad de población			
IMPACTO AMBIENTAL PONDERADO					

Fuente: Gutiérrez, 2018.



La Tabla 7 se muestran los factores ambientales de la matriz de Leopold modificada en Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), para un proyecto acuícola (Gutiérrez, 2018). Al respecto, para un cultivo de truchas el factor ambiental agua implica evaluar el pH, el oxígeno y la temperatura. En tanto, para la disposición de residuos sólidos orgánicos de truchas el factor ambiental entorno evalúa el litoral lacustre.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Modelos estadísticos de residuos sólidos orgánicos de truchas de las empresas pesqueras de los distritos de Juli y Pomata.

El método de selección Stepwise de variables que influyeron significativamente en los residuos sólidos orgánicos de truchas fueron el peso de truchas, la producción y la recuperación de carcasa (Mohamad, 2016).

4.1.1. Modelo estadístico de residuos sólidos orgánicos de truchas de empresas pesqueras del distrito de Juli.

$$\hat{Y} = 32315,99 - 1973,66X_2 + 0.32X_3 - 421,83X_5 \quad R_{aj}^2 = 97 \%$$

Donde:

\hat{Y} = Residuos sólidos orgánicos de truchas (Kg/año)

X_2 = Peso de truchas (Kg)

X_3 = Producción de truchas (Kg/año)

X_5 = Recuperación de carcasa (%)

En cuanto al efecto del peso de las truchas, el coeficiente de regresión asociada a esta variable se estimó en $-1973,66$ lo cual nos indica que por cada Kg/año adicional que haya en el peso de las truchas, el residuo sólido disminuirá en $1973,66$ Kg/año permaneciendo constante la otra variable. Referente al efecto de la producción de truchas, el coeficiente de regresión asociada a esta variable se estimó en 0.32 lo cual indica que por cada Kg/año adicional que haya en la producción de truchas, los residuos sólidos aumentarán en 0.32 Kg/año permaneciendo constante la otra variable. En tanto al efecto de la recuperación de carcasa, el coeficiente de regresión correspondiente a esta variable se estimó en $-421,83$ lo cual nos indica

que por cada porcentaje adicional que haya en la recuperación de carcasa, el residuo sólido disminuirá en 421.833 Kg/año permaneciendo constante la otra variable. Las investigaciones en modelación matemática de residuos sólidos orgánicos de origen truchícola son limitadas. Un modelo matemático permitió calcular la producción de trucha en el lago Tota, Colombia considerando el valor de incremento o decremento de la producción y la tasa de crecimiento de la acuicultura. Los desperdicios generados debido a la producción de truchas alcanzaron 504 t/año (Torres y Grandas, 2017). El 75 % del alimento suministrado a las truchas se convirtió en nitrógeno, fósforo, carbono y pérdidas como alimento no capturado, como fecas no digeridas y otros productos de excreción (Folke y Kautsky 1989; Buschmann *et al.*, 1996). La modelación matemática de gestión de producción integral de truchas se sustenta por la utilidad de la empresa y la demanda del mercado (Altamirano, 2013).

Tabla 8

Análisis de Varianza para los residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Juli.

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	736908718,960	3	245636239,653	128,214	0,000 ^b
Residuo	22989932,977	12	1915827,748		
Total	759898651,938	15			

Y: Residuos Sólidos Orgánicos de Truchas (Kg/año).

X₂= Peso de trucha (Kg), X₃= Producción de truchas (Kg/año). X₅= Recuperación de carcasa (%).

En la Tabla 8 se observa el análisis estadístico correspondiente con el propósito de analizar la significancia de la regresión, lo cual nos muestra un valor F=128,214 con un valor p=0.000, es decir, los residuos sólidos orgánicos de truchas se relacionan significativamente con el peso de las truchas, la producción de truchas y la recuperación de carcasa. Sin embargo, esto no implica necesariamente que la relación obtenida sea la adecuada. El modelo estadístico estimado presenta un coeficiente de determinación ajustado del 97 %. Con modelo matemático para estabilizar residuos sólidos orgánicos vegetales en el biosecado, se puede predecir la duración de la fase termofílica en el centro de la pila (Piña, 2016).

Tabla 9

Coefficientes de regresión para residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Juli

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
1 (Constante)	32315,987	3207,982		10,074	0,000
Peso de trucha (Kg)	-1973,660	554,289	-,199	-3,561	0,004
Producción de truchas (Kg/año)	,316	,024	,745	13,252	0,000
Recuperación de carcasa (%)	-421,833	39,471	-,567	-10,687	0,000

Y: Residuos Sólidos Orgánicos de Truchas (Kg/año).

En la Tabla 9 se muestra las pruebas adicionales que permiten verificar la significancia de los parámetros correspondientes al modelo estadístico de regresión lineal múltiple, en la cual se observa a los coeficientes de regresión estimados y la prueba t correspondiente a cada uno de las variables consideradas que justificaron su inclusión mediante el nivel de significancia. Al respecto, se observó que las 3 variables resultaron significativas.

Tabla 10

Pruebas de normalidad de validación del modelo estadístico de residuos sólidos de truchas del distrito de Juli.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	sig
Residuales estandarizados	0,947	16	0,451

Normalidad

Debido a que el tamaño de la muestra fue menor a 30 se utilizó la prueba de (Shapiro-Wilk, 1972), mostrada en la Tabla 10, la cual nos refleja un valor $p=0,451$, lo que permite tomar la decisión de aceptar la hipótesis nula y concluir que los residuos siguen una distribución normal.

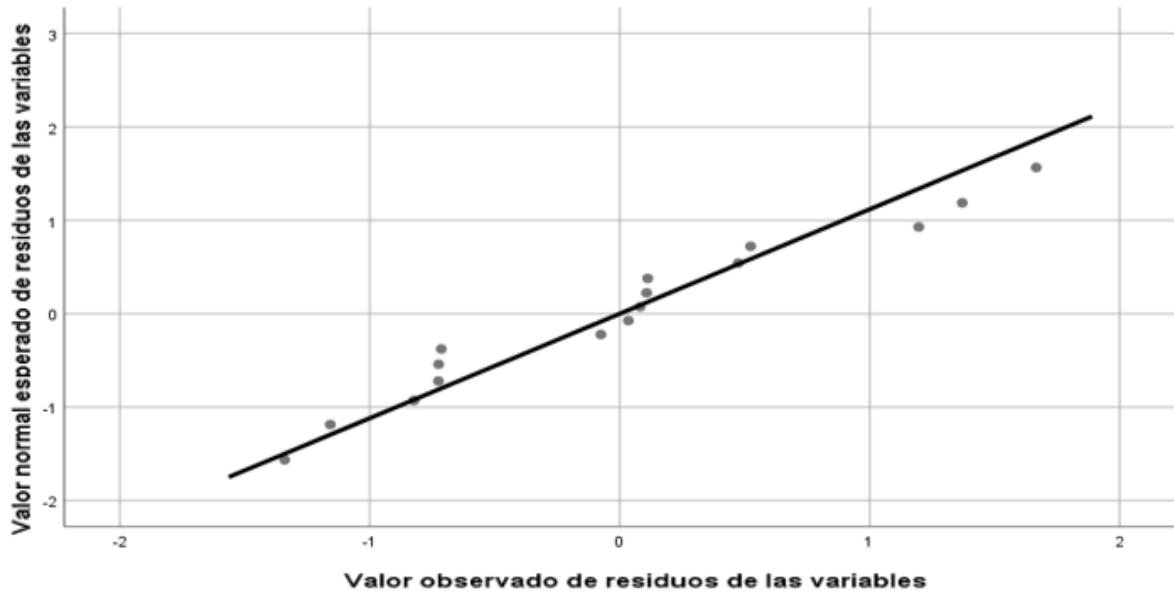


Figura 15. Probabilidad normal del modelo de residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Juli.

Las pruebas de probabilidad normal de los residuos que se muestran en la Figura 15 implica fundamentar la prueba estadística presentada en la Tabla 10.

Multicolinealidad

Tabla 11

Factores de inflación de la varianza (VIF) de validación del modelo estadístico de residuos sólidos de truchas del distrito de Juli.

Modelo	Estadísticas de colinealidad
	VIF
Peso de las truchas (Kg)	1,243
Producción de truchas (Kg/año)	1,253
Recuperación de carcasa (%)	1,118

Y = Residuos Sólidos Orgánicos de truchas Kg/año.

La Tabla 11 muestra los valores VIF los cuales indican que son menores que 5 ó 10, lo cual permite concluir respecto de la no existencia de problemas serios de multicolinealidad.

Heterocedasticidad

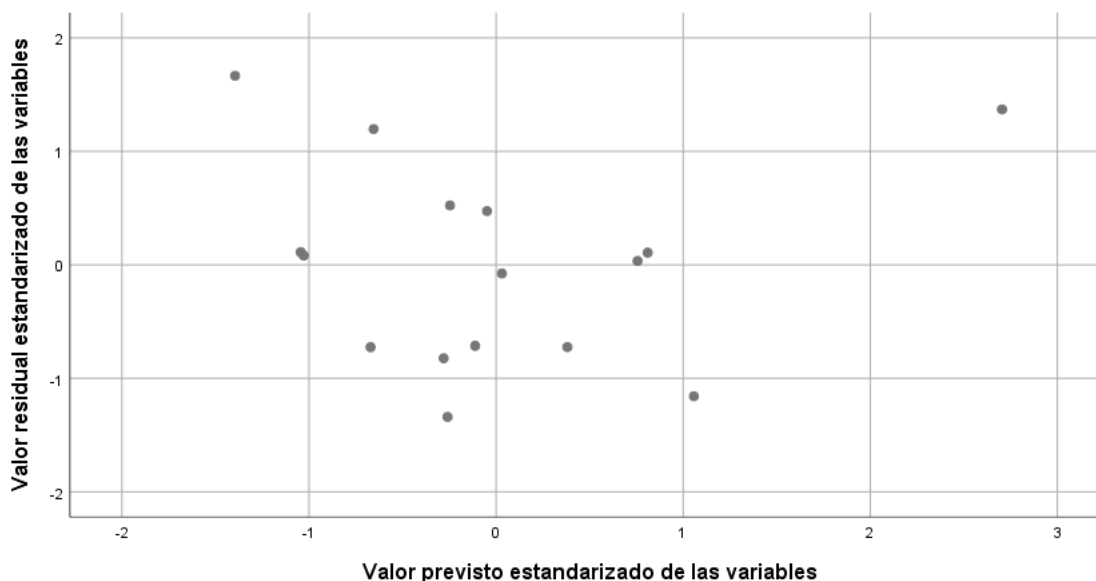


Figura 16. Análisis de los residuos de valores estimados de variables en estudio del distrito de Juli.

Cuando se observa la Figura 16 se aprecia la inexistencia de un patrón sistemático entre las dos variables, es decir no existe heterocedasticidad; los valores de varianza son constantes y se cumple con el supuesto de homocedasticidad.

Autocorrelación

De acuerdo a la tabla estadística de Durbin-Watson para $n=17, \alpha=0.05, k=3$ se encuentra que $d_L=0.897$, y $d_U=1.710$, para el estadístico $d=2.412$. Como d es mayor que d_U no hay evidencia estadística de que los términos de error estén autocorrelacionados positivamente. Por tanto, la matriz de varianza y de covarianza de los coeficientes no está subestimada, y los residuos sucesivos no están correlacionados.

4.1.2. Modelo matemático de residuos sólidos orgánicos de truchas de empresas pesqueras del distrito de Pomata.

$$\hat{Y} = 9560,59 + 4111,66X_2 + 0,41X_3 - 207,16X_5 \quad R_{aj}^2 = 97 \%$$

Donde:

\hat{Y} = Residuos sólidos orgánicos de truchas (Kg/año)

X_2 = Peso de las truchas (Kg)

X_3 = Producción de truchas (Kg/año)

X_5 = Recuperación de carcasa (%)

En cuanto al efecto del peso de las truchas, el coeficiente de regresión asociada a esta variable se estimó en 4111,66 lo cual nos indica que por cada Kg/año adicional que haya en el peso de las truchas, el residuo sólido aumentará en 4111,66 Kg/año permaneciendo constante la otra variable. Así mismo, respecto al efecto de la producción de truchas, el coeficiente de regresión asociada a esta variable se estimó en 0.41 lo cual, nos indica que por cada Kg/año adicional que haya en la producción de truchas, el residuo sólido aumentará en 0.41 Kg/año permaneciendo constante la otra variable. En tanto el efecto de la recuperación de carcasa, el coeficiente de regresión correspondiente a esta variable se estimó en $-207,16$ lo cual nos indica que por cada porcentaje adicional que haya en la recuperación de carcasa, el residuo sólido disminuirá en 207,16 Kg/año permaneciendo constante la otra variable. La gestión del diseño de un modelo matemático de la generación de residuos sólidos municipales con una significancia superior a 90 % (Rodríguez, 2004). Varón *et al.*, (2015), modelaron matemáticamente por programación lineal para asignar los flujos de residuos en instalaciones del sistema para residuos sólidos urbanos, cumpliendo con los requisitos de recolección, recuperación de materiales y con las demás restricciones establecidas. (Larreategui y Banchón, 2014), elaboraron modelaron matemáticamente por ajuste polinomial para la optimización de residuos del proceso de compostaje, tanto en calidad como en el tiempo de producción y disminución de la huella de carbono. (Rodríguez, 2004), modeló matemáticamente la generación de residuos sólidos municipales empleando el índice de generación por vivienda y el índice de generación por unidad económica.

Tabla 12

Prueba para la significancia de la regresión del modelo estadístico de residuos sólidos de truchas del distrito de Pomata.

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	1919024997,13	3	639674999,04	311,290	0,000 ^b
	Residuo	51372933,903	25	2054917,36		
	Total	1970397931,03	28			

Y= Residuos Sólidos Orgánicos Totales de truchas Kg/año.

X= (Constante), X₂= Peso de trucha (Kg), X₃= Producción (Kg/año), X₅= Recuperación de carcasa (%).

En la Tabla 12 se muestra el análisis estadístico correspondiente con el propósito de analizar la significancia de la regresión, lo cual nos indica un valor F=311,290 con un valor p=0.000, es decir, el residuo sólido orgánico de truchas se relaciona significativamente con el peso de las truchas, la producción y la recuperación de la carcasa. El modelo estadístico fue estimado con un coeficiente de determinación ajustado del 97 %.

Tabla 13

Pruebas de normalidad de validación del modelo estadístico de residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Pomata.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Residuales estandarizados	0,946	29	0,147

Normalidad

La prueba de Shapiro-Wilk obtenida en la Tabla 13, indica un valor p=0.147, lo que permite tomar la decisión de aceptar la hipótesis nula y concluir que los residuos siguen una distribución normal.

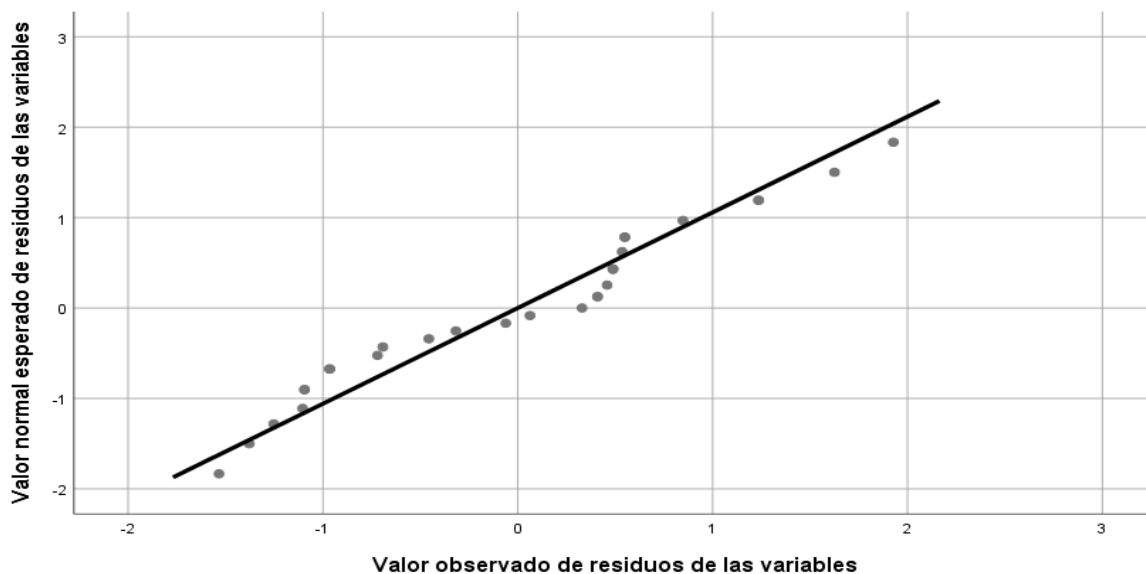


Figura 17. Probabilidad normal del modelo estadístico de residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Pomata.

El gráfico de probabilidad normal de los residuos que se muestra en la Figura 17 permite fundamentar la prueba presentada en la Tabla 13, es decir, comprueba la normalidad de datos en procesos (Flores y Flores, 2021).

Multicolinealidad

Tabla 14

Factores de inflación de la varianza (VIF) de validación del modelo estadístico de residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Pomata.

Modelo	Estadísticas de colinealidad
	VIF
Peso de las truchas (Kg)	1,116
Producción de truchas (Kg/año)	1,031
Recuperación de carcasa (%)	1,118

Y= Residuos Sólidos Orgánicos de truchas (Kg/año).

La Tabla 14 muestra los valores VIF los cuales indican que son menores que 5 o 10, lo cual lleva a concluir la no existencia de problemas serios de multicolinealidad. En tanto, la multicolinealidad corregida con la regresión de

cordillera logró obtener un factor de inflación de la varianza (VIF) cercano a 4.5 (Rodríguez, 2004).

Heterocedasticidad

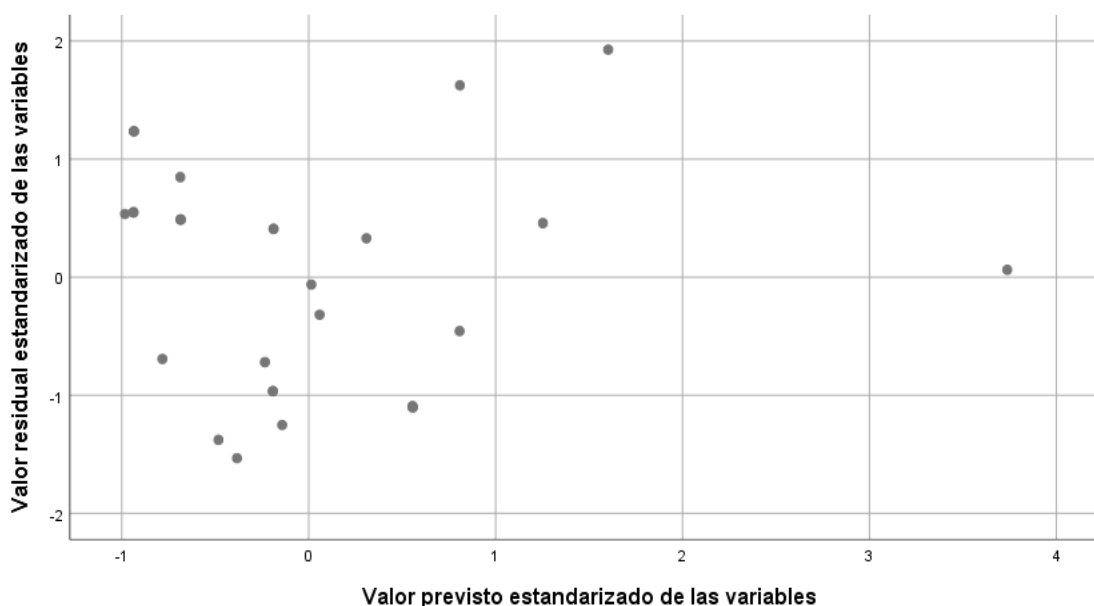


Figura 18. Análisis de los residuos en relación a los valores estimados de las variables en estudio del distrito de Pomata.

Al observar la Figura 18 se aprecia la inexistencia de un patrón sistemático entre las 2 variables, lo cual permite concluir que no existe heterocedasticidad; es decir, los valores de varianza son constantes en todas las observaciones realizadas, y cumple con el supuesto de homocedasticidad (Daza, 2006; Rodríguez, 2004).

Autocorrelación

En la tabla de Durbin-Watson para $n=29, \alpha=0.05, k=3$ se encuentra que $d_L=1.198, d_U=1.650$ y el estadístico respectivo $d=2.001$. Como d es mayor que d_U no hay evidencia estadística de que los términos de error estén autocorrelacionados positivamente, de otro lado, $(4 - d)$ es mayor que d_U y no hay evidencia estadística de que los términos del error estén autocorrelacionados negativamente. Por tanto, la matriz de varianza y covarianza de los coeficientes no están subestimados ni sobreestimados, es decir, los residuos sucesivos no están correlacionados.

4.1.3. Propuesta de diseño de un sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos de truchas para empresas pesqueras de los distritos de Juli y Pomata

El diseño de un sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) para las empresas truchícolas de los distritos de Juli y Pomata de la región Puno, resultó de considerar los factores de calidad del servicio, los criterios y los estándares de calidad (SINEACE, 2018), y las argumentaciones de Toulmin (Rodríguez, 2004). Para lo cual, se empleó los elementos de un proceso, Figura 4; el ciclo de estrategias según Deming de Planificar, Hacer, Verificar y Actuar PHVA, Figura 5; el Programa de Producción Más Limpia PML de los procesos, Figura 6; los diagramas de elaboración de ensilado, Figura 7; coagulación y floculación de agua de cola, Figura 8; recuperación de sólidos de agua de cola, Figura 9; fabricación de la harina de pescado y el aceite de pescado, Figura 10; diseño del diagrama de flujo de utilización de residuos sólidos y efluentes, Figura 11; diseño del flujograma de procesos de producción truchícola, Figura 12; y el esquema del diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos mediante el tratamiento mecánico biológico (MBT), Figuras 13 y 14 (Sinnot *et al.*, 2012).

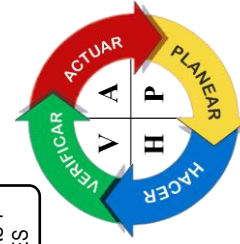
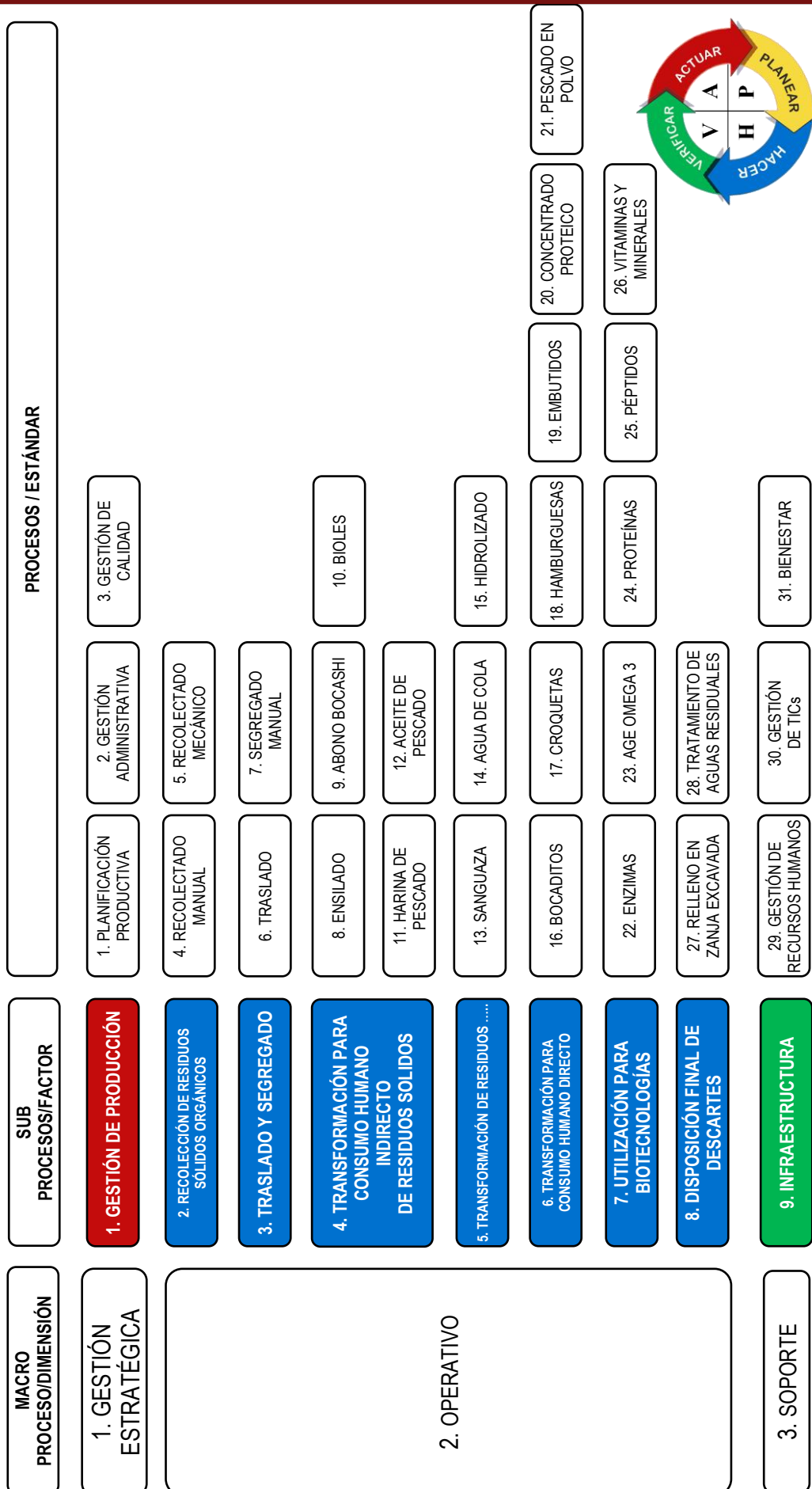


Figura 19. Propuesta de diseño de un sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) para las empresas truchícolas de los distritos de Juli y Pomata de la región Puno.

Fuente: Adaptado del mapa de procesos de la Norma ISO 9001:2015

La Figura 19 ilustra los macro procesos estratégico, operativo y de soporte, los subprocesos estratégicos de gestión de producción, es decir, que implican la planificación productiva, la gestión administrativa y la gestión de la calidad. Se destaca el macro proceso operativo con los sub procesos de recolección de residuos sólidos orgánicos, el traslado y segregado, la transformación para consumo humano indirecto de residuos sólidos y efluentes, la transformación para consumo humano directo, la utilización para biotecnologías y la disposición final de los descartes. Y señala el macro proceso de soporte el cual incorpora la infraestructura, la gestión de recursos humanos, la gestión de las tecnologías de la información y comunicación (TICs), y el bienestar. Las argumentaciones de Toulmin de garantía, seguridad y respaldo dan solidez a los procesos (Rodríguez, 2004). La necesidad de un diseño de sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos y efluentes de truchas requiere considerar los factores de planificación, gestión, calidad del producto, investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), recursos humanos y la verificación del producto. La reducción de la materia prima en la cadena de valor es muy importante para los productores de los distritos de Juli y Pomata, que faenan en playa acondicionando planta artesanal (DIREPRO PUNO, 2018).

El subproceso de gestión de la producción refiere el proceso de planificación productiva e incorpora el ciclo de estrategias de Deming de Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA). Al respecto, la recolección de los residuos sólidos orgánicos realizada de forma manual debe ser mecánica o tecnificada; el traslado y segregado de los residuos sólidos ir acorde a la jerarquización de las 5R, es decir, reducir, reusar, reciclar, reaprovechar (tratamiento anaerobio) y rellenar (Binner, Méndez y Miyashiro, 2016), asimismo ir alineado a las bases de la economía circular definidas por las 9R que consideran, repensar, reutilizar, reparar, restaurar, remanufacturar, reducir, reponer, reciclar y recuperar. En tal sentido, se destaca que la transformación de la economía lineal hacia una economía circular requiere de un proceso de cambio y ajuste del paradigma productivo y de consumo, no sólo de empresas y consumidores, sino de toda la cadena de valor. Los diferentes ajustes requieren a su vez diversos niveles de cambio, que van desde el aprovechamiento de materiales, agua y energía, hacia la extensión de la vida útil de los productos y servicios, hasta un uso eficiente y sostenible de materiales y recursos. Precisamente, este proceso de transformación del paradigma de la economía lineal hacia una

economía circular incorpora el concepto de las 9R, como una jerarquía de etapas o escalones para aumentar la circularidad en cada paso y mantener el valor económico del producto y material a lo largo de su vida útil. "Si bien al transitar de las 9R a la R1 aumenta la circularidad, no es suficiente recuperar los materiales mediante una correcta separación en la fuente y reciclarlos, ya que el reciclaje polietileno (PET), se constituye en un pasivo ambiental si se deja acumulado en las bodegas y no logra incorporarse nuevamente a la cadena de valor para su transformación y/o reutilización en los procesos productivos" (Ministerio del Ambiente de Colombia, 2018; Ivorra, 2021).

La transformación para consumo humano indirecto de residuos sólidos orgánicos y efluentes, sugiere el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en elaboración de ensilados, abonos, compost, humus, bioles, bocashi, harina de pescado residual, aceite de pescado residual. En cuanto a los efluentes generados, se posible reaprovechar la sanguaza, el agua de cola del licor de prensa y la obtención de hidrolizados. Estos subproductos de origen hidrobiológico pueden ser reaprovechados en piensos para la alimentación de aves, ganado vacuno, porcinos, pollos de engorde y peces en sistemas productivos acuícolas (García *et al.*, 2009; Núñez, 2014; Meza, 2019).

La transformación para consumo humano directo de diversos recursos excedentes del fileteado y refinado de la trucha se aprovechan gastronómicamente. Las cabezas, las estructuras óseas, los recortes del fileteado y la piel pueden utilizarse directamente como alimento o transformarse en salchichas, tortas, bocadillos (bocadillos crujientes, pepitas, galletas, pasteles), gelatina y salsas de pescado y otros productos destinados al consumo humano. Las espinas de peces pequeños, con una cantidad mínima de carne, se consumen como aperitivo en determinados países asiáticos (Senevirathne y Kim, 2012).

El uso de biotecnologías resultan importantes en la utilización de los fluidos, páncreas y riñones del pescado valiosas por los contenidos de proteínas, péptidos e insulina; los órganos como el bazo y el hígado de la trucha son ricas en ácidos grasos Omega 3. Investigaciones diversas se han realizado al respecto, la inmovilización de lipasas microbianas para uso en la mejora funcional del aceite de pescado (Ludeña, 2020), y otras como la purificación de enzimas celulasas, gluconasas, xilanasas y

pectinasas, y, escalamientos de procesos de fermentación en sustrato sólido en cultivos mixtos (Gutiérrez-Correa, 1996; Gutiérrez-Correa y Villena, 2010).

La disposición de los descartes de recursos hidrobiológicos debe implicar el relleno en zanjas excavadas con protección y, en cuanto al tratamiento de las aguas residuales de origen pesquero-acuícola no tratadas pueden aprovecharse y darle uso en riegos de plantas y árboles de tallos altos y árboles nativos del Altiplano Queñuas y K'ollis, para restaurar minibosques y crear arboretos y parques acuáticos de recreación y turismo vivencial (Méndez *et al.*, 2006). Actualmente, el tratamiento de las aguas residuales de los productos pesqueros congelados marinos, emplean el reactor anaeróbico de flujo ascendente para utilizar en la obtención de biogas, bioabonos y lodos activados (Campoverde, 2019).

La *dimensión estratégico*, considera la gestión de producción que relaciona la planificación productiva, la gestión administrativa y la gestión de la calidad.

La *dimensión operativo*, presenta los subprocesos que vincula la recolección de residuos sólidos orgánicos, el cual relaciona los procesos de recolección manual y mecánica; el traslado y segregado, con el traslado y segregación manual; en cuanto a la transformación para consumo humano indirecto de residuos sólidos y efluentes, implica la obtención de ensilados, abono, compost, biol (Méndez *et al.*, 2017), bocashi, harina de pescado residual, aceite de pescado y humus; los efluentes, la sanguaza, el agua de cola e hidrolizados; en transformación para el consumo humano directo, se consideran los bocaditos (snacks), croquetas, hamburguesas, embutidos y concentrados proteicos; y a través de la biotecnología, destacan las enzimas, los ácidos grasos esenciales (AGE) Omega 3, proteínas, péptidos, vitaminas y minerales; y en la disposición final de los descartes, se refiere al relleno en zanja excavada y el tratamiento de las aguas residuales.

La *dimensión soporte*, comprende la infraestructura, jaulas, embarcaciones, equipo de lavado de redes, otros, además, la gestión de recursos humanos y el bienestar.

Es útil recordar, algunos eventos trágicos sobre la necesidad de implementar sistemas de gestión de residuos. En Leuwigaja (Bandung, Indonesia), país insular montañoso ubicado en el continente asiático ocurrió en 2005 el colapso de un relleno

sanitario en ladera empinada debido a la ausencia de un diseño técnico en su construcción. Las lluvias intensas de la zona cercana al relleno sanitario, humedecieron el material que lo compactaba al punto que los residuos se desplazaron por una distancia de 750 m, arrasando todo lo que este botadero alud encontró a su paso. Tal evento ocasionó pérdidas irreparables, 174 personas del pueblo cercano murieron (Binner, 2012b).

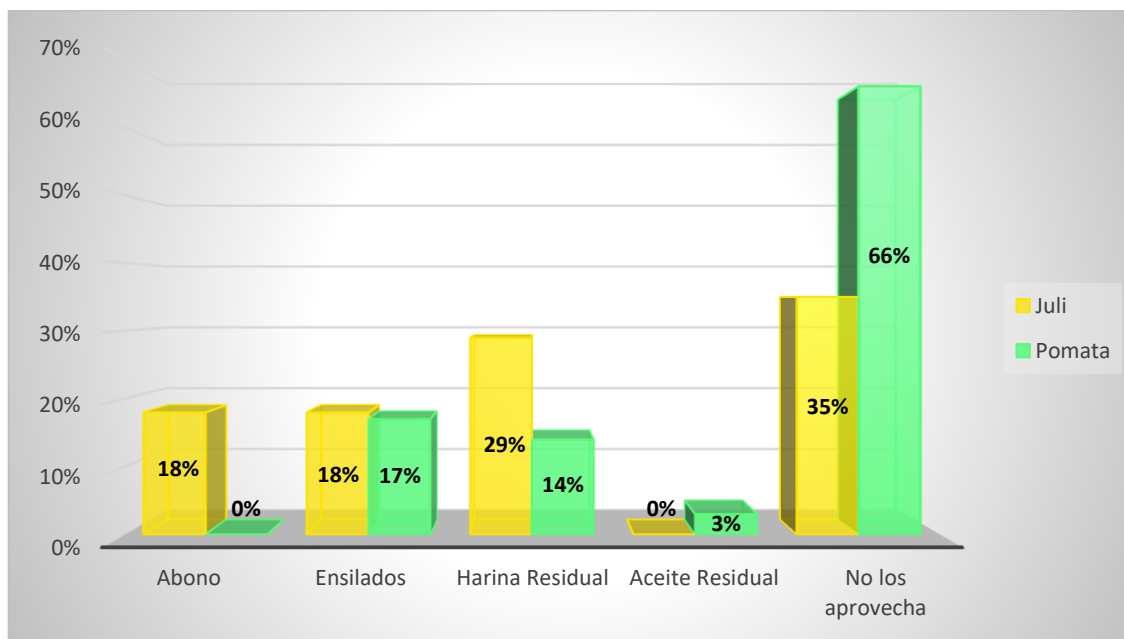


Figura 20. Elaboración de subproductos a partir de residuos sólidos orgánicos de truchas de productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).

En la Figura 20 se observa el porcentaje de elaboración de subproductos a partir de residuos sólidos orgánicos de trucha, donde el 36 % de los productores de Juli elaboran abono y ensilados, el 29 % harina residual mientras que el 35 % no aprovechan los residuos. Se determinó que las condiciones que maximizan el grado de hidrólisis de la reacción del sistema vísceras de Tilapia roja -Alcalasa 2,4L, en la región experimental son: Velocidad de agitación de 982 rpm y Concentración de grasa en las vísceras de 2,0 %, con las que es posible obtener hidrolizados con grado de hidrólisis de 9,5 % (Gómez y Zapata, 2017). Es importante destacar que la harina de pescado es un material proteináceo harinoso que se obtiene tras la molienda y el secado del pescado entero o de partes del mismo, mientras que el aceite de pescado se obtiene mediante el prensado del pescado cocido y su posterior centrifugación y separación. La harina de pescado es rica en Fósforo, Calcio, Magnesio, Sodio, Cobre



y Hierro (Jackson y Newton, 2016). Por su parte, los productores de Pomata el 17 % elaboran ensilados, el 14 % harina residual, el 3% aceite residual y el 66 % no aprovechan los residuos. El aceite de pescado representa la fuente más rica disponible de ácidos grasos altamente insaturados (AGAI) de cadena larga, importantes en la dieta de las personas para una gran variedad de funciones vitales (Auchterionie, 2018). La tecnología conduce a la sofisticación de la elaboración de las harinas y aceites de origen marinos, produciéndolas en las mejores condiciones de calidad (harinas “prime” y “super prime”), así como la mayor recuperación de subproductos y la incorporación de otros derivados como los solubles de pescado, de alto contenido de nucleótidos. De esta forma, su adición a dietas que las requieran probablemente disminuya en proporción, aunque sin reducir la capacidad nutricional de los alimentos balanceados (Berger, 2002). Es necesario sostener que ensilado de pescado representa una fuente rica en hidrolizados proteínicos, una alternativa menos onerosa para la harina y el aceite de pescado y cobra cada vez más importancia como aditivos para piensos, por ejemplo, en la acuicultura y el sector de alimentos para mascotas (Kim y Mendis, 2006). Los hidrolizados de proteína de pescado no son complicados elaborarlos de los pescados baratos y de desperdicios de pescado (López y Sampedro, 1977). El ensilado de pescado es de fácil elaboración y de bajo costo y que puede ser componente de raciones alimenticias para animales. Es un producto que no atrae insectos indeseables ni olores desagradables (Llanes *et al.*, 2011). Aproximadamente, el 58 % de los residuos sólidos orgánicos municipales corresponde a residuos orgánicos, más del doble de lo que representan otras fracciones como los envases y embalajes (plásticos, cartón, vidrio, latas, etc.), no obstante, la tasa de valorización de los residuos orgánicos es inferior al 1 % del total de las toneladas generadas cada año (Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile, 2020).

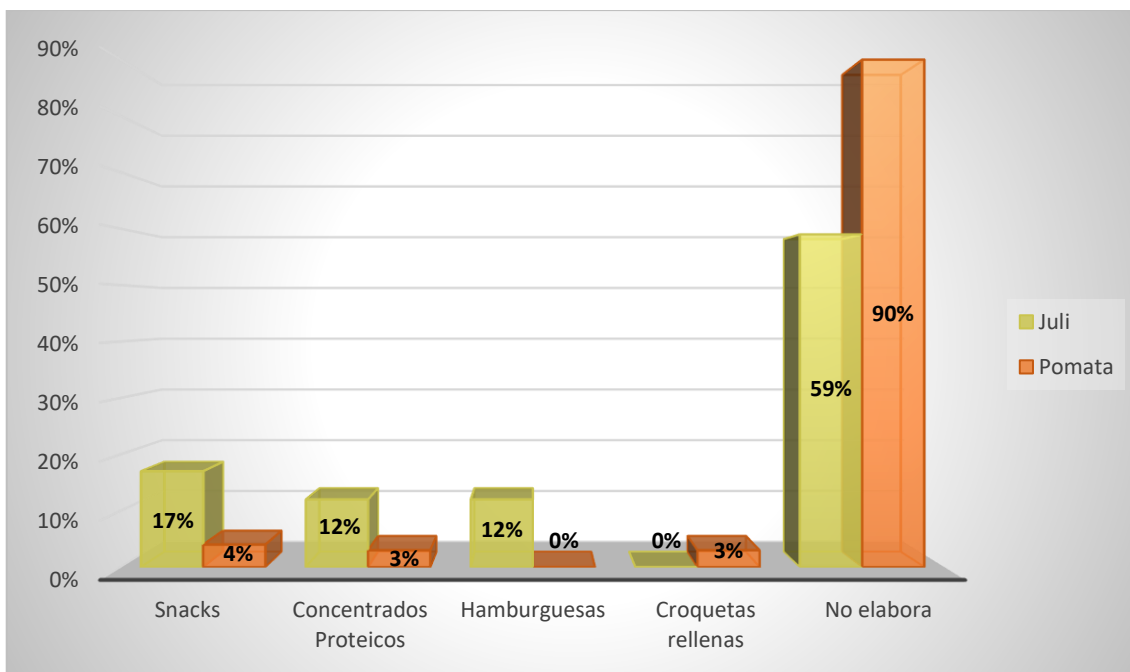


Figura 21. Elaboración de subproductos comestibles por productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).

En la Figura 21 se observa que el 17 % de los productores de Juli manifiestan elaborar bocadillos (snacks) de truchas, 12 % producen concentrados proteicos, el 12 % produce hamburguesas y el 59 % no elaboran ningún subproducto. De otro lado, los productores de Pomata señalan que el 4 % elaboran snacks de truchas, 3 % producen concentrados proteicos, el otro 3 % produce croquetas rellenas y el 90 % de no elabora ningún subproducto. En este contexto, los recortes del fileteado y la piel pueden utilizarse directamente como alimento o transformarse en salchichas, tortas, bocadillos, gelatina y salsas de pescado y otros productos destinados al consumo humano (Senevirathne y Kim, 2012).

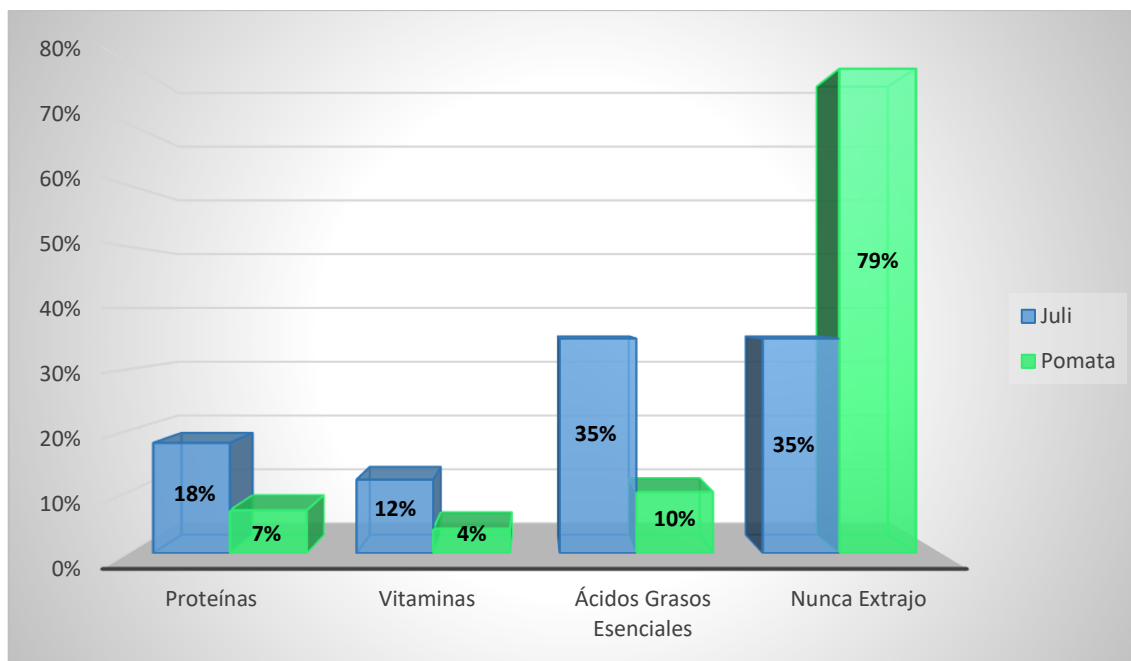


Figura 22. Descartes de trucha aprovechables por medio de la biotecnología en los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).

En la Figura 22 se observa en los productores de Juli que a partir de la biotecnología, el 12 % extrajeron vitaminas, el 18 % extrajeron proteínas, el 35 % extrajeron ácidos grasos esenciales mientras que el 35 % no extrajeron ningún compuesto. En el caso de Pomata, se observa que el 4% de productores extrajeron vitaminas, el 7 %, proteínas; el 10 %, ácidos grasos esenciales; el 79 % nunca extrajeron algún compuesto. En este marco, investigaciones científicas demuestran la producción de celulasas a partir de biopelículas mixtas de hongos filamentosos (Villena, 2002); de igual modo, la producción de enzimas es posible obtenerlas a partir de la fermentación por adhesión a superficies de biopelículas del hongo *Aspergillus niger* (Villena, 2006).

4.2. Evaluación del impacto ambiental

4.2.1. Evaluación cualitativa del impacto ambiental con matriz de Leopold modificada para empresas truchícolas del distrito de Juli.

Tabla 15

Matriz de Leopold modificada de Evaluación del Impacto Ambiental de residuos sólidos orgánicos de truchas para el distrito Juli.

CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO SUSCEPTIBLE DE RECIBIR IMPACTO AMBIENTAL			MATRIZ DE LEOPOLD MODIFICADA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL					
			ETAPAS DEL PROCESO DE MANEJO DE TRUCHA					
			A. Cosecha entera, fresco	B. Fileteado en playa o en planta	C. Subproductos vísceras y descartes	EVALUACIONES - +		
EVALUACIÓN CUALITATIVA DE IMPACTOS	A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	1. ENTORNO	A. Disposición final de residuos	2 2	2 2	3 4	7 8	
			B. Litoral lacustre	2 2	2 2	3 3	7 7	
			C. Aire	2 2	2 2	3 3	7 7	
	B. CONDICIONES BIOLÓGICAS	2. SUELO	A. Suelos agrícolas	2 3	3 3	3 3	8 9	
			3. USOS DEL TERRITORIO	A. Pastizales	2 1	3 3	2 4	7 8
		B. Flora silvestre		3 1	2 3	2 4	8 7	
		C. Fauna silvestre		2 2	3 3	2 2	7 7	
		C. FACTORES CULTURALES		4. ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO	B. Paisaje	2 1	3 4	3 4
			C. Turismo		3 4	2 2	2 2	7 8
	IMPACTO AMBIENTAL PONDERADO						66 70	

Fuente: Adaptado de Gutiérrez, 2018 y Hernández, 2020.

En la Tabla 15 se aprecia la matriz de Leopold modificada para los productores de Juli, donde se muestran los indicadores de las magnitudes (M) e importancia (I), de los impactos ambientales distribuidas en las celdas, para los factores de disposición de residuos sólidos, litoral lacustre, aire, suelos agrícolas, pastizales, flora silvestre, fauna silvestre, paisaje y turismo. Los impactos ambientales resultaron con un puntaje de 66/70 respectivamente, que representan un impacto severo (alto). A pesar de ello, es posible seguir llevando a cabo la actividad piscícola, teniendo en consideración las medidas correctivas y de mitigación para los impactos negativos y las medidas de optimización para los impactos positivos, Tabla 6. En este marco, los métodos y técnicas de evaluación de impacto ambiental involucran una pérdida parcial o total del recurso natural o el deterioro absoluto de un componente ambiental. La pesca presenta una huella de carbono especialmente baja en comparación con otras fuentes de alimentos (Ainsworth y Cows, 2018). En este contexto, la matriz de evaluación ambiental constituye un instrumento que debe recoger todos los aspectos y actividades de que consta el proyecto o actividad, para confrontarlos con los elementos del ambiente, y establecer qué actividades del proyecto afectan a qué elemento del ambiente y en qué grado (Bina, 2007); en ese sentido, el producto final de la evaluación, es la determinación de los impactos ambientales, los nodos críticos y las medidas de mitigación de impactos (Pineda, 2006).

4.2.2. Comparativos de impacto ambiental entre las empresas truchícolas de los distritos de Juli y Pomata.

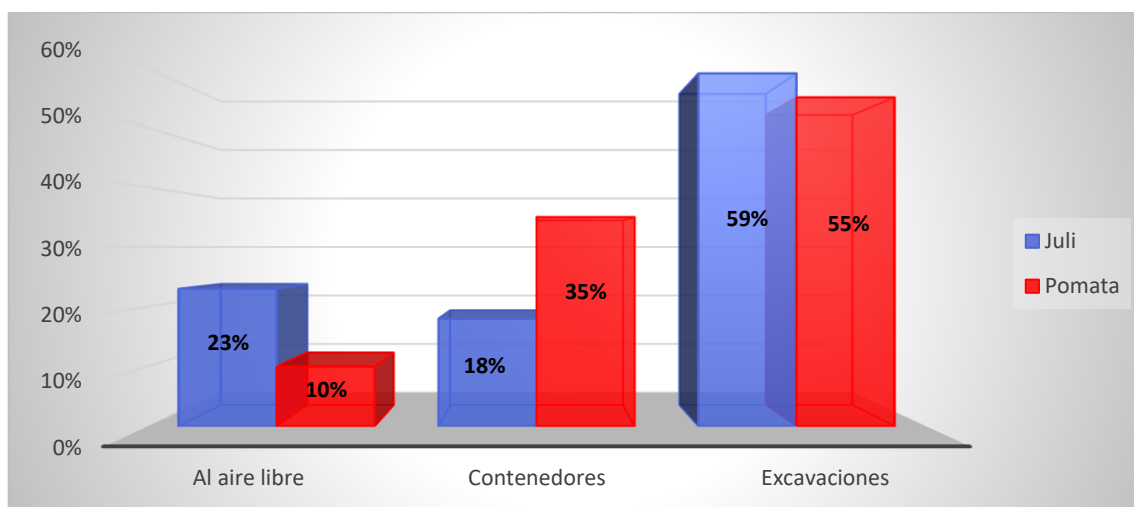


Figura 23. Disposición final de residuos sólidos orgánicos de truchas de productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).

En la Figura 23 en las empresas de Juli el 59 % disponen los residuos en excavaciones que impactan en el medio ambiente ante la descomposición de los mismos por la acción de hongos y bacterias. En tanto, en las empresas de Pomata, se disponen el 55 % los residuos en excavaciones o pozas de tierra. Estudios llevados a cabo en los residuos sólidos orgánicos de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) permitieron obtener biogás y bioles o abonos líquidos con principios hormonales. Además, se emplearon en un consorcio microbiano (B-LAC), y la obtención de gas metano CH₄ 12.57 % y CO₂ 21.94%. Los bioles contenían Nitrógeno, Potasio y Potasio (NPK) en concentraciones de N 3829 ppm, K 522.67 ppm y P 503.47 ppm (Rivas, 2018). Asimismo, es posible obtener bioabonos microbianos a partir de una variedad de residuos sólidos orgánicos, inclusive residuos de pescado, como enmiendas o mejoradores de suelos. El bocashi es un abono orgánico en base de residuos domésticos fermentados, y el biochar es el carbón vegetal que reduce las emisiones de dióxido de carbono y secuestra metales pesados (Meza, 2019). En cuanto al proceso de ensilaje preparados con vísceras enteras se logró un grado de licuefacción mayor (9.75 –20.38 cm/30s), la digestibilidad *in vitro* de la materia seca de los ensilajes estuvo por encima del 96 %, y ésta fue equivalente a la encontrada en la harina de pescado una alternativa de buena calidad para alimentación animal debido al contenido de nutrientes que presentan (Perea, 2017).

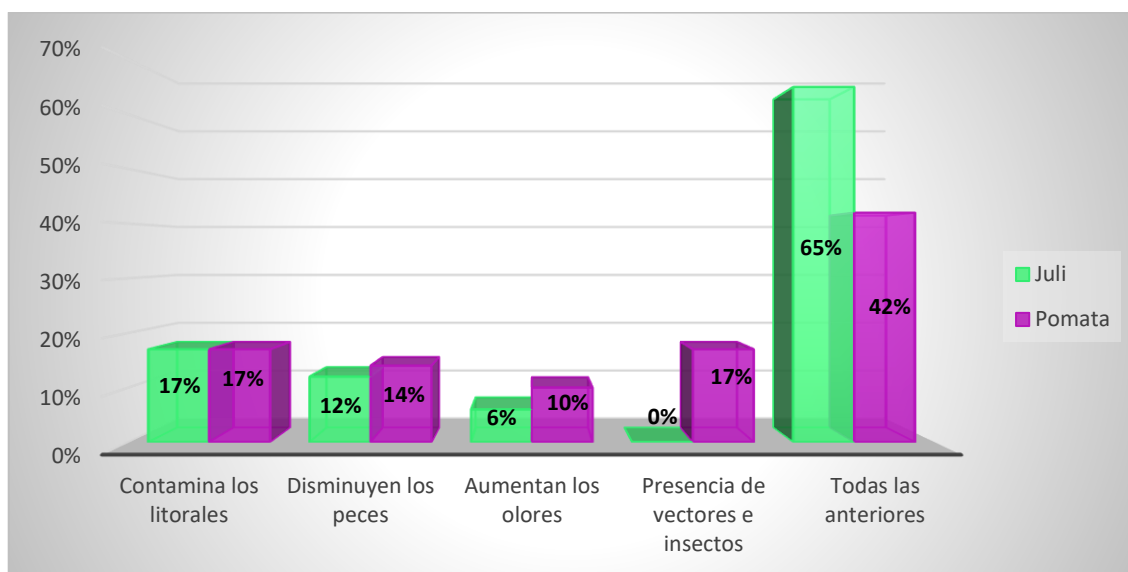


Figura 24. Impacto ambiental de los residuos sólidos orgánicos de truchas en el litoral lacustre, de productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).

En la Figura 24 los productores de Juli señalan que el 65 % de los residuos sólidos orgánicos de truchas impactan el litoral lacustre debido a la escorrentía y el transporte de los residuos por acción de las lluvias. En tanto, los productores del sector Faro Pomata mencionan que el 42 % de los residuos inciden en el litoral lacustre ocasionando contaminación acuática. El desarrollo del proyecto truchícola presenta impacto negativo en el factor ambiental físico en los componentes agua, aire, suelo y paisaje (Quispe, 2019). El Estándar de Calidad Ambiental (ECA), es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (Normas Legales, 2015). Al respecto, la categoría 4, concierne a la conservación del ambiente acuático referidos a aquellos cuerpos de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento y que cuyas características requieren ser protegidas; en cambio, la subcategoría E1, comprende a las lagunas, lagos y humedales. Es necesario tener en consideración algunos parámetros y valores consolidados normados de concentraciones totales, para los organoclorados, Endosulfan 0.000056 mg/L y Policloruros Bifenilos Totales (PCBs) 0.000014 mg/L, DBO₅ 5 mg/L, Nitratos (NO₃) 13 mg/L, Oxígeno disuelto (valor mínimo) ≥ 5 , potencial de Hidrógeno expresado en la Unidad de pH 6,5 a 9,0.

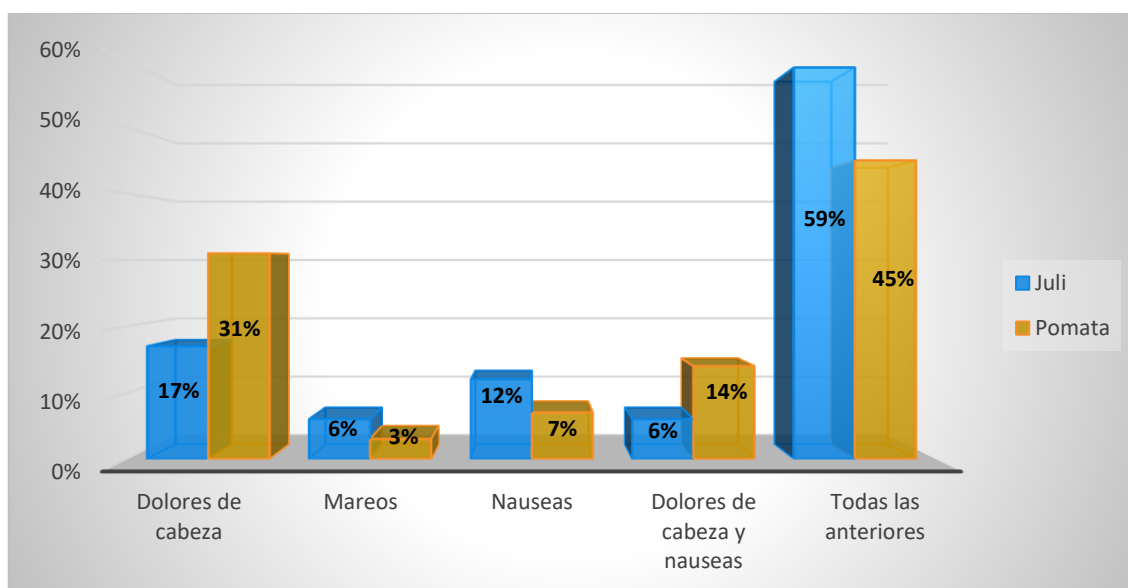


Figura 25. Impacto ambiental de residuos sólidos orgánicos de truchas en el aire, circundante a los productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).

En la Figura 25 se indica que la población cercana a las empresas de Juli, el 59 % experimentan dolores de cabeza, mareos y náuseas. En tanto, el 45 % de la población de Pomata mencionan que los residuos sólidos orgánicos de truchas les causan dolores de cabeza, náuseas y mareos. Al respecto, es útil destacar investigaciones en las que mencionan, que los residuos sólidos orgánicos de carnes y pescados generan impactos ambientales negativos severos en el aire, en la contaminación visual por alteración del paisaje y daño a la salud por la proliferación de vectores (Dávila y Espinoza, 2018).

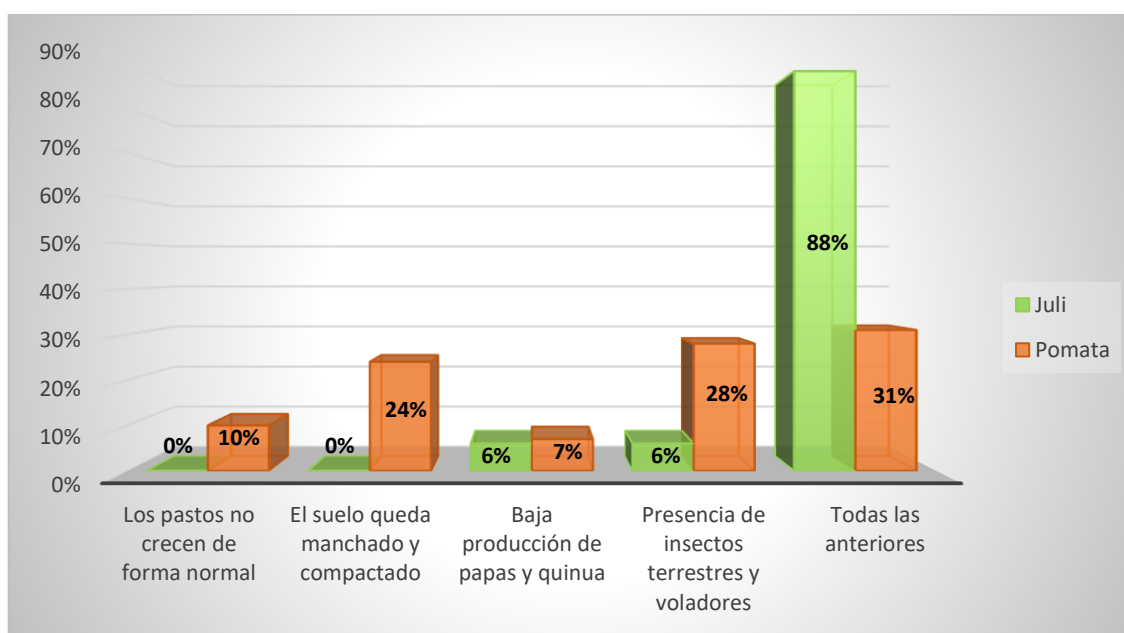


Figura 26. Impacto ambiental de los residuos sólidos orgánicos de truchas en suelos agrícolas, de productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).

En la Figura 26 se nota que el 88 % de los residuos sólidos orgánicos de truchas impactan los suelos agrícolas de Juli causando una baja producción de papas y quinua, y la presencia de insectos terrestres y voladores. Así mismo, se aprecia que el 31 % en el sector Faro Pomata, afectan los suelos y pastos en igual medida. Los efluentes como sanguaza (sangre y agua de lavado del pescado eviscerado) y el agua de cola efluente del licor de prensa, pueden ser tratados por medios físicos, químicos y biológicos para la recuperación de sólidos (García, *et al.*, 2009), de proteínas, grasas y la recuperación como harina integral (Núñez, 2014). La empresa Trucha Dorada Sociedad de Responsabilidad Limitada, de tipo industrial dedicada a la crianza y fabricación de enlatados a base de trucha, caballa, jurel, entre otras

especies, generó producto de sus operaciones 304.52 Kg de residuos sólidos, los cuales fueron enterrados pudiéndose aprovechar para generar nuevos ingresos, asimismo, comunicando que dentro de sus operaciones carecían de una metodología adecuada en la manipulación y proceso de fileteado, por lo que dejan caer al suelo la pulpa de pescado, desaprovechando la materia prima y, como consecuencia ocasionando una baja productividad, que causaron problemas ambientales, productivos y económicos (Arce y Rojas, 2017). Circula la especie del presupuesto falso de que “existe una cantidad ilimitada de energía y de recursos utilizables, que su regeneración inmediata es posible y que los efectos negativos de las manipulaciones de la naturaleza pueden ser fácilmente absorbidos” (Conferencia Episcopal Peruana, 2015).

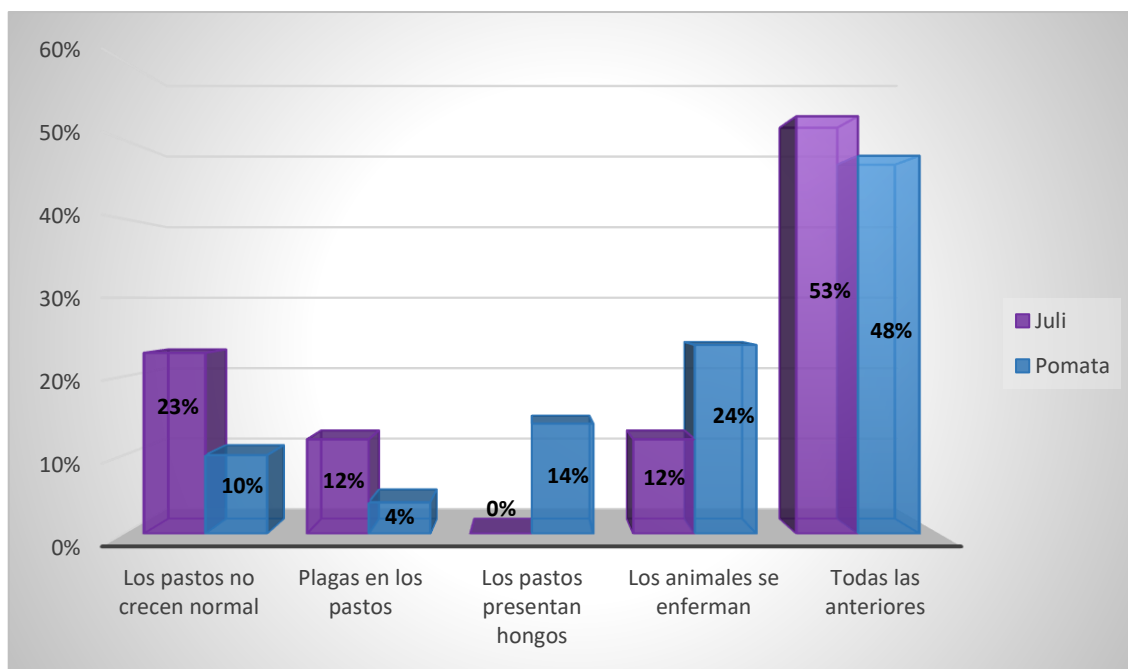


Figura 27. Impacto ambiental de residuos sólidos orgánicos de truchas en pastizales, de productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).

En la Figura 27 los pastizales de Juli el ganado está impactado por un 53 %, debido a la disposición final de los residuos sólidos orgánicos de truchas que daña los pastos por presencia de ciertas plagas, que causan enfermedades a los animales. (Gutiérrez, 2018), evaluó el impacto ambiental de las cosechas de truchas del lago Titicaca y su incidencia como resultado del manejo de dicha especie en los pastos, obteniendo una valoración negativa de -3 puntos con calificación malo en una escala de -1 hasta -5. Además, se aprecia que el 48 % de los residuos sólidos orgánicos de

truchas del sector Faro Pomata impactan en los pastizales del ganado donde se presentan hongos que enferman a los animales. Asimismo, (Gutiérrez, 2018), evaluó en dicho sector el impacto ambiental de las cosechas de truchas del lago Titicaca y su incidencia como resultado del manejo de dicha especie en los pastos, obteniendo una valoración negativa de -2 puntos con una calificación regularmente malo en una escala de calificación de -1 hasta -5. Al respecto, la pesca y la acuicultura presentan un menor impacto ambiental que la producción de carne de rumiantes (Clark y Tilman, 2017).

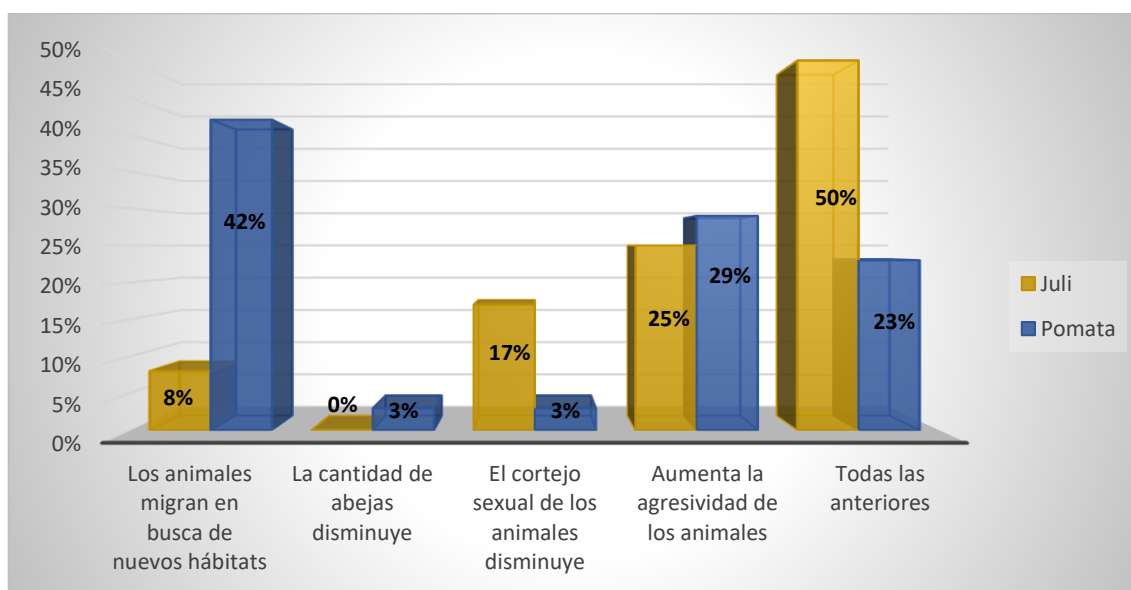


Figura 28. Impacto ambiental de residuos sólidos orgánicos de truchas en la fauna silvestre, de productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).

La Figura 28 se muestra que en la zona aledaña a la comunidad de Chukasuyo Juli, el 50 % de la fauna silvestre está afectada. El 8 % de los animales migran en busca de nuevos hábitats, el 17 % el cortejo sexual de los animales disminuye y el 25 % de los animales presentan agresividad. En el sector Faro Pomata, el 42 % de los animales migran en busca de nuevos hábitats, el 29 % observa agresividad, el 3 % de las abejas disminuyen y, con el mismo porcentaje afecta el cortejo sexual de los animales. Una matriz de impacto ambiental es un método que permite evaluar de manera directa o indirecta las alteraciones presentadas por acciones antrópicas (Hernández, 2020).

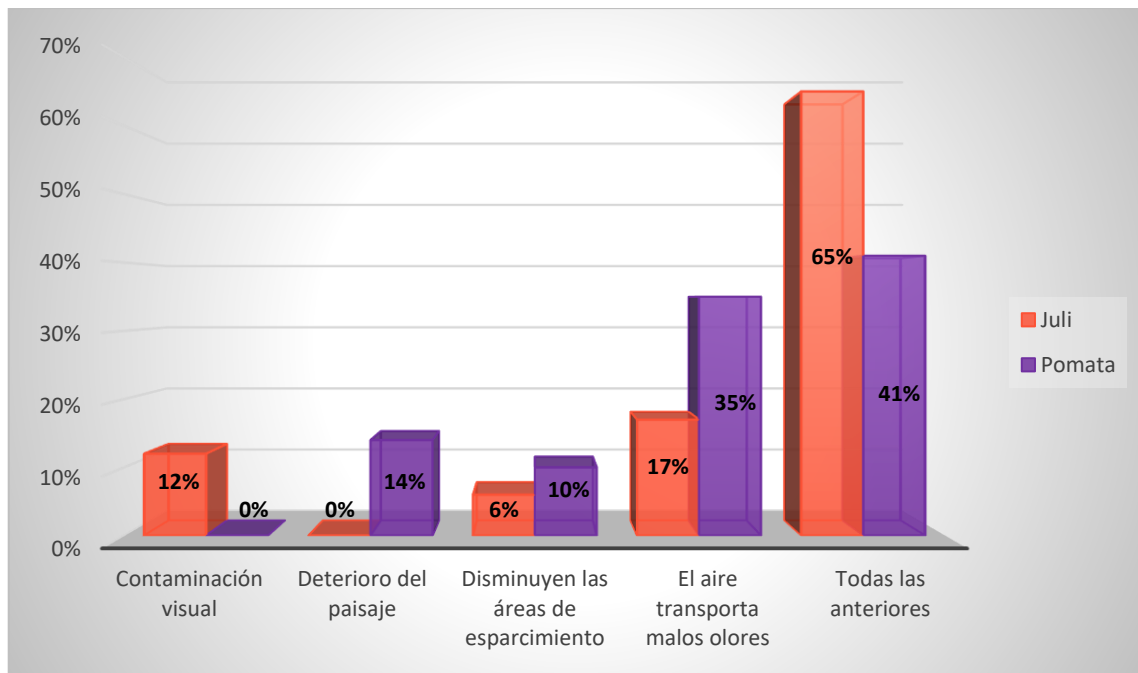


Figura 29. Impacto ambiental de residuos sólidos orgánicos de truchas en el paisaje, de productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).

En la Figura 29 se observa que el 65 % de los residuos sólidos orgánicos de truchas causan impacto ambiental en el paisaje de Juli, generando 12 % de contaminación visual, 6 % disminución de áreas de esparcimiento y 17 % del aire transporta malos olores. Gutiérrez (2018), destaca que el paisaje en Juli es impactado ambientalmente de modo positiva debido al manejo de las cosechas de truchas con un puntaje +1 en una escala de +1 a +5. Asimismo, obtiene un puntaje de +56 en una escala de 21 a 60, categoría compatible y permanente. En tanto Pomata, el 41 % de los residuos deterioran el paisaje, el 35 % del aire transporta olores, y en 10 % disminuyen las áreas de esparcimiento. (Gutiérrez, 2018), para la zona de Pomata presenta un puntaje de +68 en una escala de 61 a 100, categoría irrelevante y permanente. Agrega, que el paisaje es impactado ambientalmente de forma positiva con un puntaje +3, es decir una calificación buena en una escala de +1 a +5.

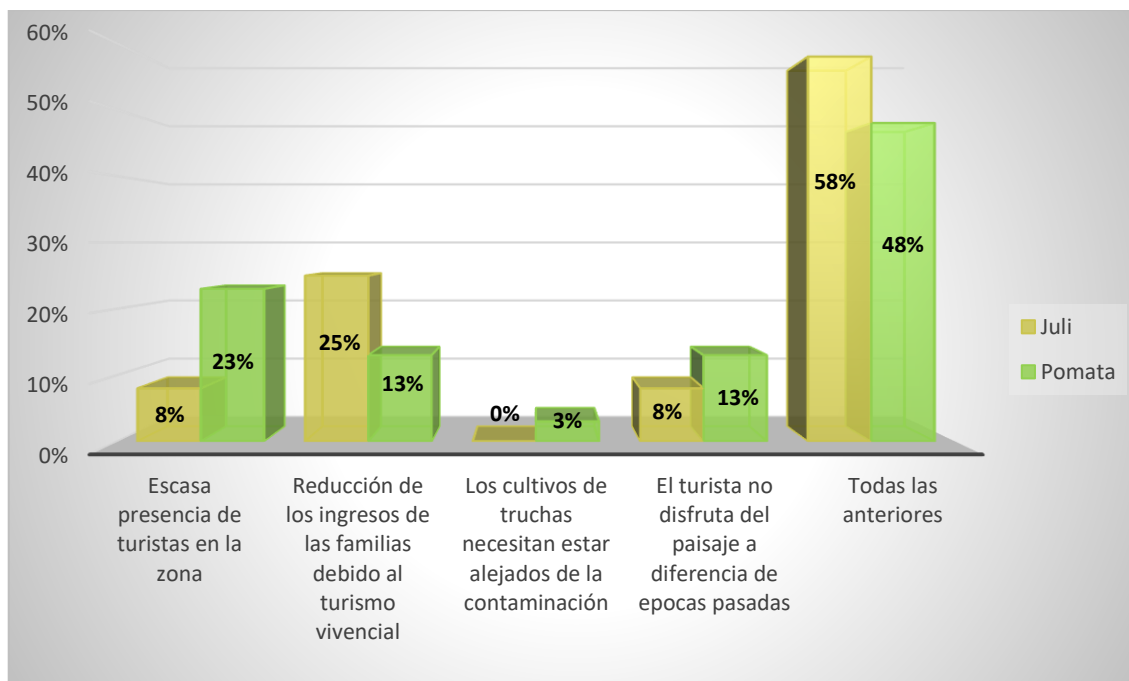


Figura 30. Impacto ambiental de los residuos sólidos orgánicos de truchas en el turismo, de productores de los distritos de Juli y Pomata (en porcentaje).

En la Figura 30 se aprecia que el turismo en Juli es afectado en 58 %, donde se aprecia que hay un 8 % de escasa presencia de turistas en la zona, 25 % de reducción de ingresos de las familias debido al turismo vivencial y, un 8 % del turista no disfruta del paisaje a diferencias de épocas pasadas. En cuanto a Pomata, el turismo se muestra impactado por un 48 %, y se visualiza un 23 % de escasa presencia de turistas en la zona, y un 13 % en la reducción de ingresos de las familias debido al turismo vivencial y, con el mismo porcentaje el turista no disfruta del paisaje a diferencia de las épocas pasadas. Los residuos sólidos vertidos en las márgenes de los ríos, carreteras, canales de agua y chacras, entre otros, ocasionan serios impactos ambientales en el agua, suelo, afectan la salud de los pobladores y provocan el deterioro de los ecosistemas naturales, poniendo en grave riesgo el aprovechamiento de los atributos turísticos de la región Cusco en la cuenca del Vilcanota (Sotomayor, 2008).

4.2.3. Evaluación cuantitativa del impacto ambiental con Prueba de media de empresas truchícolas del distrito de Juli.

Se consideró las siguientes hipótesis de investigación:

H_0 : El impacto ambiental que causan los residuos sólidos orgánicos de trucha no es alto.

H_1 : El impacto ambiental que causan los residuos sólidos orgánicos de truchas es alto.

Tabla 16

Estadísticos para identificar el nivel del impacto ambiental en empresas truchícolas del distrito de Juli.

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
d1	17	26	3,97	0,96

Prueba de media para identificar el nivel del impacto ambiental en empresas truchícolas del distrito de Juli.

	t	gl	Sig.
I.A.	27,012	16	,000

I.A. Impacto Ambiental.

En la Tabla 16 la prueba de media se destaca el p-valor obtenido ($p=0.00 < \alpha=0.05$), lo cual denota que existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. Este resultado confirma que el impacto ambiental que causan los residuos sólidos orgánicos de las truchas generadas por las empresas del distrito de Juli es alto (Quijano, 2013; Rodo, 2020).

4.2.4. Evaluación cualitativa del impacto ambiental con matriz de Leopold modificada de empresas truchícolas del distrito de Pomata.

Tabla 17

Matriz de Leopold modificada de Evaluación del Impacto Ambiental de residuos sólidos orgánicos de truchas para el distrito de Pomata.

CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO SUSCEPTIBLE DE RECIBIR IMPACTOS AMBIENTALES		MATRIZ DE LEOPOLD MODIFICADA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL				
		ETAPAS DEL PROCESO DE MANEJO DE TRUCHA				EVALUACIONES - M +
		A. Cosecha entera, fresco	B. Fileteado en playa o en planta	C. Subproductos vísceras y descartes		
EVALUACIÓN CUALITATIVA DE IMPACTOS						
A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	1. ENTORNO	A. Disposición final de residuos	2 / 3	3 / 3	3 / 4	8 / 10
		B. Litoral lacustre	2 / 2	2 / 3	3 / 3	7 / 8
		C. Aire	2 / 3	2 / 2	3 / 3	7 / 8
B. CONDICIONES BIOLÓGICAS	2. SUELO	A. Suelos agrícolas	2 / 3	3 / 3	3 / 3	8 / 9
		A. Pastizales	2 / 2	3 / 3	2 / 4	7 / 9
	3. USOS DEL TERRITORIO	B. Flora silvestre	3 / 1	3 / 3	2 / 4	8 / 8
		C. Fauna silvestre	2 / 2	2 / 3	3 / 3	7 / 8
		4. ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO	D. Paisaje	2 / 2	3 / 4	3 / 3
E. Turismo	3 / 4		3 / 2	2 / 3	8 / 9	
IMPACTO AMBIENTAL PONDERADO					68	78

Fuente: Adaptado de Gutiérrez, 2018 y Hernández, 2020.

En la Tabla 17 se aprecia las magnitudes e importancia de los impactos ambientales presentadas en las diagonales, para los factores: disposición de residuos sólidos, litoral lacustre, aire, suelos agrícolas, pastizales, flora silvestre, fauna silvestre, paisaje y turismo. Los impactos ambientales 68/78, de acuerdo a la matriz de Leopold modificada corresponden con un impacto severo, es decir alto. Al respecto, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), es un procedimiento jurídico, administrativo y técnico que recoge información para análisis y predicción, destinada para anticipar, corregir y prevenir los posibles impactos ambientales directos e indirectos causados sobre el medio ambiente (Martella *et al.*, 2012). El diseño de un plan de manejo de disposición final de residuos sólidos del mercado “San Luis del Municipio del Cantón Pillaro”, de Ecuador determinó a través de la matriz de Leopold el impacto ambiental de -176 (impacto valorado como perjudicial), para lo cual, el estudio recomendó cuatro programas: manejo de residuos sólidos, disminución y aprovechamiento, seguimiento y monitoreo del diseño del plan de manejo y campaña de sensibilización y difusión (Quispe, 2015).

4.2.5. Evaluación cuantitativa de impacto ambiental con Prueba de media de empresas truchícolas del distrito de Pomata.

Tabla 18

Estadísticos para identificar el nivel del impacto ambiental en empresas truchícolas del distrito de Pomata.

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
d1	29	23,83	4,80	0,89

Prueba de media para identificar el nivel del impacto ambiental en empresas truchícolas del distrito de Pomata.

	t	gl	Sig.
I.A.	26,71	28	0,000

I.A. = Impacto ambiental.

En la Tabla 18 se observa que el p-valor obtenido ($p=0.00 < \alpha=0.05$), por lo cual existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. Este resultado confirma que el impacto ambiental, que causan los residuos sólidos orgánicos de las

truchas generadas por las empresas del distrito de Pomata es alto (Quijano, 2013; Rodo, 2020).

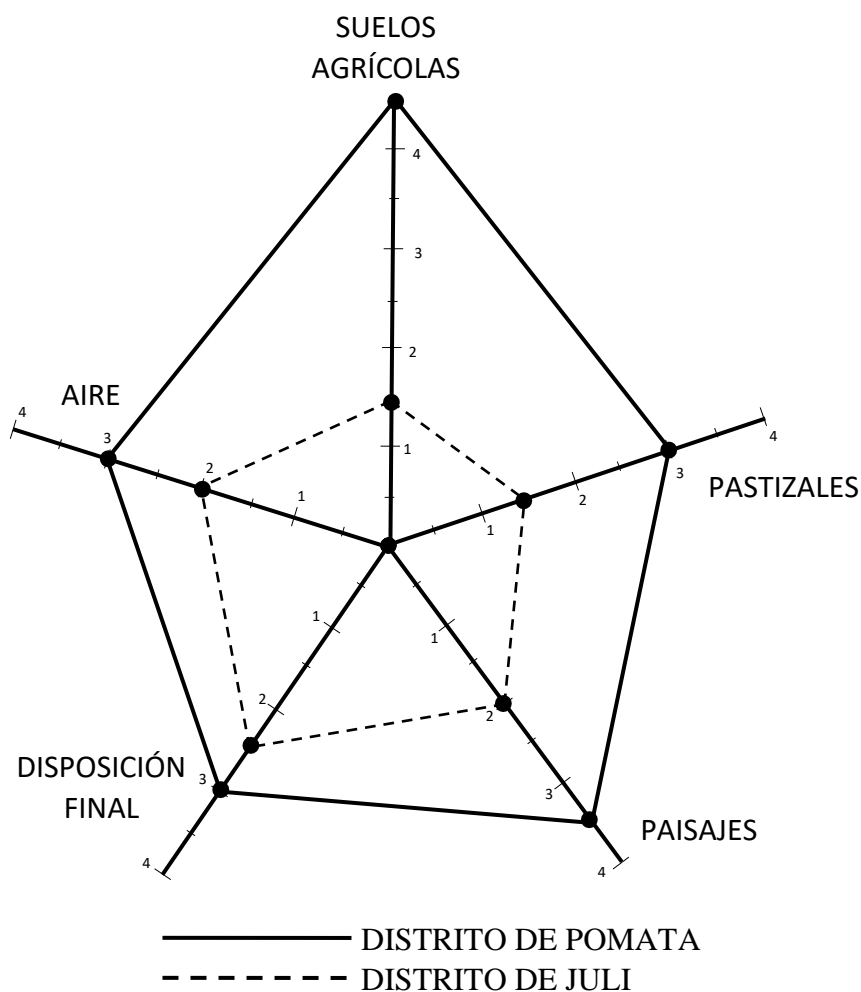


Figura 31. Comparativo de impactos ambientales en los distritos de Juli y Pomata.

En la Figura 31 se observa los factores de acuerdo a la matriz de Leopold modificada en una escala de 5 unidades, donde los impactos ambientales resultaron mayores en el distrito de Pomata respecto del distrito de Juli. Esto se debe a que en la zona de Pomata la densidad de empresas de truchas superan a la zona de Juli. (Gutiérrez, 2018), determinó el grado de significatividad de cada actividad en relación al impacto ambiental. Para el distrito de Juli halló mediante la matriz de Leopold modificada un impacto ambiental categoría “Compatible” y “Permanente” de 56/78. En tanto, para el distrito de Pomata obtuvo 68/82 categoría “Irrelevante” y “Permanente”. Las evaluaciones de impacto ambiental (EIA), son acciones que constituyen instrumentos de gestión preventiva y que garantizan la inclusión de políticas ambientales en un proyecto (Pineda, 2006).

CONCLUSIONES

Los modelos matemáticos empíricos presentan alto valor predictivo, y permiten desarrollar modelos estadísticos mediante regresión lineal múltiple, al relacionar la generación de residuos sólidos orgánicos de truchas con las variables explicativas de peso, producción y recuperación de carcasa en las empresas de los distritos de Juli y Pomata.

El diseño de un sistema de gestión de residuos sólidos de truchas para las empresas de los distritos de Juli y Pomata, según la Norma Internacional ISO 9001:2015, propone la utilización de los residuos y efluentes en la obtención de subproductos de innovación para consumo humano directo, consumo humano indirecto y derivados de la biotecnología.

El impacto ambiental originado por los residuos sólidos orgánicos y efluentes en las áreas aledañas a las empresas de los distritos de Juli y Pomata, presentó un nivel alto, implicando la necesidad de mayor vigilancia y control en armonía con las Normas Legales Nacionales vigentes.



RECOMENDACIONES

Estudiar la influencia de la calidad proteica y energética de los alimentos suministrados a las truchas, así como la calidad genética de huevos en la generación de los residuos sólidos orgánicos y efluentes.

Investigar nuevos diseños de sistemas de gestión de residuos sólidos orgánicos y efluentes de truchas con sistemas automatizados de procesos, para transformar los subproductos incorporando herramientas de gestión de planificación, calidad, métrica, mejora continua y auditoría ambiental.

Gestionar una planta de procesamiento de residuos sólidos orgánicos y efluentes de truchas para los distritos de Juli y Pomata, para minimizar los impactos ambientales en concordancia con las Normas Legales Nacionales de residuos y descartes de recursos hidrobiológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aderaldo, J.; Passos, M. do C.; Fuentes, J.; & Vieira, M. (2011). Protein concentrate from the residues left after filleting Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Physical-chemical characterization and sensory acceptance. *Revista Ciencia Agronómica*, 42(1), 92–99.
https://www.researchgate.net/publication/262468266_Protein_concentrate_from_the_residues_left_after_filleting_Nile_tilapia_Oreochromis_niloticus_Physical-chemical_characterization_and_sensory_acceptance
- Ainsworth, R. F. y Cowx, I. G. 2018. Validation of FAO inland fisheries catch statistics and replacement of fish with equivalent protein sources. Informe para la FAO no publicado.
- Altamirano, L. (2013). *Modelación y simulación con dinámica de sistemas para la gestión de producción integral de truchas (Oncorhynchus mykiss) en la corporación San Miguel EIRL, Distrito de Kishuara – Andahuaylas*. 10–15.
http://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/123456789/200/06-2013-EPIA-Altamirano_Echevarria-modelacion_y_simulacion_con_dinamica_de_sistemas_para_la_gestion.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arce, Y., & Rojas, J. (2017). *Propuesta de implementación de un sistema de producción más limpia con el aprovechamiento de sus residuos sólidos de la Empresa Trucha dorada, para mejorar la productividad y contribuir con la Gestión Medio Ambiental*. [Universidad Privada del Norte].
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12337/Arce>
- Auchterlonie, N. (2018). The continuing importance of fishmeal and fish oil in aquafeeds. Presented at the Aquafarm Conference, Pordenone (Italia), 15-16 de febrero de 2018. www.iffonet.net/iffonet-presentations.
- Backhoff, H. P. (1976). Some chemical changes in fish silage. *International Journal of Food Science & Technology*, 11(4), 353–363. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1976.tb00734.x>
- Behnke, R. J. (1992). *Integrated Taxonomic Information System - Report*. American Fisheries Society Monograph Vol.6.

https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=553423#null

- Belén-Camacho, D. R., García, D., Moreno-Álvarez, M. J., Medina, C., & Granados, Á. (2006). Composición proximal, ácidos grasos y características fisicoquímicas de aceite de harina artesanal de caribe (*Serrasalmus rhombeus* Pisces: Characidae) proveniente de Caicara del Orinoco-Venezuela. *Grasas y Aceites*, 57(4), 382–386. <https://doi.org/10.3989/gya.2006.v57.i4.63>
- Bello, R. A., (1997). *Capítulo 1 : Experiencias con Ensilado de Pescado en Venezuela*. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela Caracas, Venezuela. Ciencia, I. D. & Universidad, D. A. (n.d.). <https://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/aph134/cap1.htm>
- Berenz, Z. 1994. Utilización del ensilado de Residuos de Pescado en Pollos. Tratamiento y Utilización de Residuos de Origen Animal, Pesquero y Alimenticio en la Alimentación Animal. (FAO Library, 1993. An: 372293). <https://www.fao.org/3/w4132s/w4132s.pdf>
- Berger, Ch. (2002). Acuicultura: Nuevo Paradigma. Sociedad Nacional de Pesquería 2001-2003. 50 Aniversario: Libro de Oro de la Pesquería Peruana. (Yan Producciones, SAC y Edic. BIBLOS S. A.) Lima, Perú. p. 261-300.
- Bermejo-Poza, R., De la Fuente, J., Pérez, C., Lauzurica, S., González, E., Díaz, M., Torrent, F., & Villaruel, M. (2015). Efecto de los grados día de ayuno y del hacinamiento previos al sacrificio sobre el contenido sstomacal y respuesta de estrés en Trucha Arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *XVI Jornadas sobre Producción Animal*, 2, 3. <http://oa.upm.es/42359/>
- Bertullo, E. (1989). Desarrollo del ensilado de pescado en América latina. *2da. Consulta de Expertos sobre Tecnología de Productos Pesqueros en América Latina*. Montevideo, 11-15 de diciembre. FII 819/RLAC/2.
- Bina, O. (2007). A critical review of the dominant lines of argumentation on the need for strategic environmental assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 27(7), 585–606. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2007.05.003>
- Binner, E. (2012b). Waste Management in Austria (Manejo de residuos sólidos en



- Austria). Presentación en el Seminario "Waste Management" de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Facultad de Ciencias del Ambiente, 15.10.2012, Huaraz, Perú.
- Binner, E., Méndez, L., & Miyashiro, V. (2016). *Gestión de residuos sólidos municipales en el Perú y en Austria: mitigación de impactos ambientales en el clima y el agua*. 2016. Universidad Nacional Agraria La Molina. Fondo Editorial UNALM, 186 p.
- Bioenciclopedia. (2022). Trucha. <http://www.wildtrout.org/content/trout-facts>
- Bullón-Vela, V., Valdiviezo, G., Baiocchi, N., Campos, M., Llanos-Cuentas, A., & Ochoa, T. J. (2018). Aceptabilidad de pre-escolares y escolares a la proteína purificada de pescado en polvo. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 234. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3274>
- Buschmann, A. H., López, D. A., & Medina, A. (1996). A review of the environmental effects and alternative production strategies of marine aquaculture in Chile. *Aquacultural Engineering*, 15(6), 397–421.
- Buschmann, A., & Fortt, A. (2005). Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 21, 58–64. <https://www.researchgate.net/publication/237744781>
- Bustamante, R. (2012). Experiencia de incineración de residuos en el Bajo Urubamba. Proyecto Camisea, Compostaje Upstream. PLUSPETROL. 2do. Congreso de Residuos Sólidos 2012. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Calderón-Quispe, V., Churacutipa-Mamani, M., Salas, A., Barriga-Sánchez, M., & Aranibar, M. J. (2017). Effect of the inclusion of silage of trout residues in pigs feed and its effect on the productive performance and the taste of meat. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(2), 265–274. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i2.13055>
- Camones, E. (2019). ¿Cómo calcular el alfa de Cronbach?. <https://www.youtube.com/watch?v=dcNJ5ZhVJJM>
- Campoverde, O. (2019). *Tratamiento de aguas residuales de una empresa industrial de congelados*. 142.

- https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4397/ING_635.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Facultad de Ingeniería. Universidad de Piura.
- Cantanhede, A., Monge, G., Sandoval Alvarado, L., & Caycho Chumpitaz, C. (2005). HDT 97 Junio 2005. Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos. *Revista AIDIS*, 1(1).
<http://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/13553/12897>
- Castañeda-Torres, S., & Rodríguez- Miranda, J. P. (2017). Modelo de aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos en Cundinamarca, Colombia. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia y AQUAFORMAT. Pasto Mar. *Universidad y Salud*, 19(1), 116. <https://doi.org/10.22267/rus.171901.75>
- Clark, M., & Tilman, D. (2017). Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. *Environmental Research Letters*, 12(6). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6cd5>
- Conesa Fernández-Vítora, V. (1993). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Editorial MUNDI-PRENSA, 2da. Edic. Madrid-España.
<http://www.paginaspersonales.unam.mx/app/webroot/files/1613/Asignaturas/1818/Archivo1.5036.pdf>
- Conferencia Episcopal Peruana (2015). LAUDATO, SI. *Documento Pontificio. Carta Encíclica del Sumo Pontífice Francisco. Sobre el cuidado de la casa común*. EPICONSA. Paulinas. p. 187
- Consejo Pontificio Justicia y Paz (2015). LAUDATO, SI. *Documento Pontificio. Carta Encíclica del Sumo Pontífice Francisco. Sobre el cuidado de la casa común. Compendio de la Doctrina Social de la Iglesia*, 462
- Churacutipa Mamani, M. (2016). Obtención de un ensilado biológico a partir de residuos de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). *Universidad Nacional del Altiplano*, 103.
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3264/Churacutipa_Mamani_Marisol.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Churata, P. T. (2017). Inclusion del ensilado de vísceras de trucha en la elaboración de alimento extruido para pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) [Universidad Nacional del Altiplano].

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6787/Churata_Neira_Pedro_Teobaldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Dávila, A. & Espinoza, A. (2018). Propuesta de un programa de manejo de residuos sólidos orgánicos en la sección de carnes y pescados del mercado modelo municipal de la provincia de Chiclayo-2017. Universidad de Lambayeque. Facultad de Ciencias de Ingeniería. <https://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/121>

Daza Portocarrero, J. (2006). *Estadística aplicada con microsoft excel*. Estadística Empresarial. Primera Edición. Grupo Editorial. Lima, Peru: Grupo Editorial Megabyte. S.A.C. Lima, Perú. p. 647.

Dirección Regional de Pesquería Puno. (2018). DIREPRO PUNO. Informe Final de evaluación de residuos sólidos de origen acuícola en la Región Puno. Grupo Técnico de Residuos Sólidos de la Mesa Técnica de la Pesca y Acuicultura. (Velezví, Montoya y Chacolli). Resolución Directoral Regional N° 273-2018-DIREPRO/GR-PUNO (16 Nov. 2018).

Dirección Regional de Pesquería Puno. (2019). DIREPRO PUNO. Puno: Volumen Anual de Extracción y Producción Piscícola de Productos Hidrobiológicos, 2006-2018. Compendio Estadístico Puno 2018.

Dirección Regional de Pesquería Puno. (2021). DIREPRO PUNO. Dirección de Acuicultura. Estadística de Acuicultura (Mollocondo, H.).

FAO. (1983). El reciclaje de materias organicas en la agricultura de America Latina. Boletín de Suelos de la FAO No. 51. *Boletín de Suelos de la FAO*. <http://www.fao.org/3/a-ar127s.pdf>

FAO. (2014). *Fishery and Aquaculture Statistics Statistiques des pêches et de l' aquaculture Estadísticas de pesca y acuicultura*. División de Pesca y Acuicultura. Programa de Estadísticas de Pesca (Fish Stat Plus). <https://www.fao.org/3/i5716t/i5716t.pdf>

FAO. (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. <https://doi.org/CC BY-NC-SA 3.0 IGO> <https://www.fao.org/3/I9540ES/i9540es.pdf>

- FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. <https://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>
- Federación de Productores de Truchas y Comercializadores de Productos Hidrobiológicos de la zona Sur Región Puno. (2022). Cultivo de truchas en comunidad de Chukasuyo Juli y sector Faro Pomata. (Comunicación personal, Choque y Mulluni).
- Fernández, J. T., & Pérez, K. V. P. (2018). Nuevos escenarios y competencias digitales docentes: hacia la profesionalización docente con TIC. *Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 22(1), 25–51.
- Ferrer, Y., & Pérez, H. (2010). Los microorganismos en la digestión anaerobia y la producción de biogas. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120681002.pdf>
- Flores, E., & Yapuchura, A. (2016). Formación de clústers de productores de trucha y la articulación con el mercado objetivo en la región Puno – Perú. *Comunicación*, 7(1), 38–48.
- Flores Jalixto, M. A. (2017). *Elaboracion de biofertilizante líquido utilizando subproductos del procesamiento de trucha (Oncorhynchus mykiss)*. [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3271/florez-jalixto-marco-antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Flores, C. y Flores, K. (2021). Pruebas para comprobar la Normalidad de datos en procesos productivos: Anderson-darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov. *Societas. Revista de Ciencias Sociales y Humanísticas. Universidad de Panamá*. vol. 23, núm. 2, 2021 . <http://portal.amelica.org/ameli/journal/341/3412237018/html/>
- Folke, C. & Kautsky, N. (1989). The role of ecosystems for a sustainable development of aquaculture. *Ambio*, 18, 234–243. <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v18n2/0122-8706-ccta-18-02-00247.pdf>
- García-Sifuentes, C. O., Pacheco-Aguilar, R., Valdez-Hurtado, S., Márquez-Rios, E., Lugo-Sánchez, M. E., & Ezquerro-Brauer, J. M. (2009). Impacto del agua de cola de la industria pesquera: Treatment and uses impact of stickwater produced by the

- fishery industry: Treatment and uses. *CYTA - Journal of Food*, 7(1), 67–77.
<https://doi.org/10.1080/11358120902850412>
- Gaviria, E.; Benítez, R.; Lenis, L.; & Hoyos, L. (2015). Optimización de la hidrólisis enzimática de proteínas presentes en semillas de Guandul (*Cajanus cajan*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(2), 114–122.
[https://doi.org/10.18684/bsaa\(13\)114-122](https://doi.org/10.18684/bsaa(13)114-122)
- Gómez, L.; Zapata, J. (2017). Efecto del nivel de grasa y velocidad de agitación en la hidrólisis enzimática de vísceras de Tilapia Roja (*Oreochromis sp.*). Grupo de Nutrición y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias, Universidad de Antioquia UdeA, Medellín, Colombia. *Información Tecnológica* Vol. 28(4), 47-56(2017). doi: 10.4067/S0718-07642017000400007
- González, D., & Marín, M. (2005). Obtención de ensilados biológicos a partir de los desechos del procesamiento de sardina. *Revista Científica FCV-LUZ*, 6, 560–567.
<https://www.redalyc.org/pdf/959/95915611.pdf>
- Goldberger, A. & Wooldridge, F. (2001). Multicolinealidad, Heterocedasticidad, Autocorrelación. Corporación Universitaria Asturias. Red SUMMA. p. 12.
https://www.centrovirtual.com/recursos/biblioteca/pdf/econometria/unidad3_pdf1.pdf
- Grupo Vento (2018). Diseño y Fabricación de maquinaria industrial. Eliminar los residuos de la industria pesquera. <https://evaporadoresindustriales.grupovento.com/eliminar-los-residuos-liquidados-de-la-industria-pesquera/#:~:text=La%20alternativa%20m%C3%A1s%20viable%20para,y%20grasas%20en%20la%20transformaci%C3%B3n>.
- Gutiérrez, S. (2018). Influencia de la producción de trucha en el impacto ambiental en la Región de Puno 2017. *Universidad Nacional del Altiplano*, 160.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8523>
- Gutiérrez-Correa, M. (1996). Fermentación en Sustrato Sólido en Cultivo Mixto. En V Curso Latinoamericano de Biotecnología. 25 pp., Escuela de Ingeniería Bioquímica/Universidad Católica de Valparaíso: Valparaíso, Chile. Monografía.
- Gutiérrez-Correa, M. & Villena, G. (2010). Characteristics and techniques of fermentation systems. In *Comprehensive Food Fermentation and Biotechnology*.

- Ashok pandey, Carlos Ricardo Soccol, Christian Larroche, Edgard Gnansounou, Poonam Nigam-Singh (eds.). Volume I, Chapter 7, p. 183-227. Asiatech Publisher, Inc. New Delhi
- Hernández, M. (2020). Evaluación de impacto ambiental. Matriz de Leopold. <https://www.youtube.com/watch?v=KK73DuvacW0>
- Hleap Zapata, J. I., & Gutiérrez Castañeda, C. A. (2017). Hidrolizados de pescado, producción, beneficios y nuevos avances en la industria. Una Revisión. *Acta Agronómica*, 66(3), 311–322. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n3.52595>
- Hoyos Argueta, E. O. (2019). *Herramientas matemáticas para la recolección de residuos sólidos urbanos*. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/22005>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2015). INEI. Perú: *Síntesis Estadística 2015 INEI*. Compendio Estadístico Perú. Sistema Estadístico Nacional. Tomo I. Lima 11, Perú. p. 902
- Ivorra, J. (2021). Estas son las 9R, las bases de la Economía Circular. Área Financiera de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad El Bosque de Colombia.
- ISO. (2005). Sistema de Gestión de la Calidad - Fundamentos y vocabulario. *Normativa ISO, 2005*. http://www.uco.es/sae/archivo/normativa/ISO_9000_2005.pdf
- ISO. (2015). Norma Internacional 9001: Sistemas de Gestión de la Calidad. *Norma Internacional, Quinta Edic.* <https://www.redalyc.org/pdf/2110/211026873005.pdf> [http://www.itvalledelguadiana.edu.mx/ftp/Normas ISO/ISO 9001-2015 Sistemas de Gestión de la Calidad.pdf](http://www.itvalledelguadiana.edu.mx/ftp/Normas%20ISO/ISO%209001-2015%20Sistemas%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20la%20Calidad.pdf)
- Jackson y Newton (2016). Proyecto para modelar el uso de subproductos pesqueros en la producción de ingredientes marinos, con especial referencia a los ácidos grasos omega 3 EPA y DHA. Instituto de Acuicultura, Universidad de Stirling, Reino Unido e IFFO, Organización de Ingredientes Marinos.
- Jørgensen, G. y Szymeczko, R. (1992). Utilization of fish silage in animal

- nutrition. *National. Institute of Animal Science. Denmark.*1-20.
- Kim, S. K., & Mendis, E. (2006). Bioactive compounds from marine processing byproducts. A review. *Food Research International*, 39(4), 383–393. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.10.010>
- Landeo, G., & Ruiz, A. (1996). Producción de harina de pescado. *Libro Relacionado a la Industria de Harina de Pescado. 153p.*
- Larreategui, E., & Banchón, C. (2014). Un modelo matemático para la reducción del tiempo de compostaje. *Enfoque UTE*, 5(2), 29–37.
Universidad Tecnológica Equinoccial.
<https://www.redalyc.org/pdf/5722/572260843003.pdf>
- León Vásquez, S. C., & Sifuentes Penagos, G. O. (2017). *Estudio de la hidrólisis de proteínas en Anchoeta entera (Engraulis ringens) por acción enzimática.* [Universidad Nacional del Santa].
<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2983/46308.PDF?sequence=1&isAllowed=y>
- López-Benito, M., & Sampedro, G. (1977). *Fabricación de hidrolizados de proteína de pescado.* Instituto de Investigación Pesquera, 49: 3-23.
- Llanes, J., Bórquez, A., Alcaíno, J., & Toledo, J. (2011). Composición físico-química y digestibilidad de los ensilajes de residuos pesqueros en el salmón del Atlántico (*Salmo salar*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(4), 417–422.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=73880721&lang=es&site=ehost-live>
<https://www.redalyc.org/pdf/1930/193022260012.pdf>
- Llaugel, F. (2012). Diseños de experimentos. Experimentos con un solo factor. Análisis de varianza. <https://www.slideserve.com>
- Llerena Daza, T. E., & Aranda Pariasca, D. M. (2017). Extracción y caracterización del aceite crudo obtenido de un hidrolizado enzimático de residuos frescos de anchoeta (*Engraulis ringens*). Universidad Nacional Agraria La Molina . *Anales Científicos*, 78(1), 34. <https://doi.org/10.21704/ac.v78i1.858>

- Ludeña, I. (2020). Aislamiento, selección e inmovilización de lipasas microbianas para uso en la mejora de propiedades funcionales del aceite de pescado. Laboratorio de Micología y Biotecnología. "Marcel Gutiérrez-Correa". Facultad de Biología. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.
- Madrugal, G., Quispe, J. & Vargas, Y. (2018). Cálculo de la generación de biogas para el relleno sanitario de la ciudad de Juliaca, utilizando el modelo LandGEM Versión 3.02 de la USEPA y estimación del potencial de producción eléctrica. Universidad Peruana Unión. Lima, Perú. p. 14. Revista de Investigación . Ciencia, Tecnología y Desarrollo. Vol. 4 Núm. 2 (2018) <https://doi.org/10.17162/rictd.v4i2.1096>
- Maiz, P. A. R., Valero, L. L., & Briceño, P. D. (2010). Coloración característica de la Trucha Arco Iris . *Sitio Argentino de Produccion Animal*, 2, 157–168. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/137-truchas.pdf
- Maldonado, J. (2018). Gestión de Procesos.
file:///C:/Users/SSD/Downloads/Gestion_de_Procesos.pdf
- Mamani, S. (2017). Caracterización del crecimiento de Truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en el lago Titicaca mediante modelos no lineales. *06(2)*, 99–114. <https://scholar.archive.org/work/rfjgeo4z5rakjcp5homwtakmy/access/wayback/http://www.revistaepgunapuno.org/index.php/SECONOMICO/article/download/620/201>
- Marine Biotech. (2015). Examples of Marine Biotechnology successes [online]. (Disponible en www.marinebiotech.eu/wiki/Examples_of_Marine_Biotechnology_successes). Consultado el 13 de marzo de 2018
- Márquez La Puente, M. Á., & Escós Quílez, J. (n.d.). (2016). *Proyecto de piscifactoría de trucha arcoíris con depuración de aguas por filtro verde, en Biescas (Huesca)*. Escuela Politécnica Superior de Huescas. p. 581. https://zagan.unizar.es/record/60599/files/TAZ-PFC-2016-089_ANE.pdf
- Martella, M. B., Trumper, E. V, Bellis, L. M., Renison, D., Giordano, P. F., Bazzano, G., & Gleiser, R. M. (2012). Manual de Ecología Evaluación de la biodiversidad. Esfuerzo de muestreo. *Reduca*, 5(1), 71–115.

- Méndez, M. P., Peña, E. P., Hechemendía, S. A. L., Yero, Y. B., & Hernández, A. H. (2017). Producción de biol y determinación de sus características físico-químicas. *Ojeando La Agenda*, 48, 6. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6105592>
- Méndez, M., Pérez, J., Hernández, G., & Campos, O. (2006). Uso de las Aguas Residuales Para el Riego de Cultivos Agrícolas, en la Agricultura Urbana. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(3), 17–21. <https://www.redalyc.org/pdf/932/93215304.pdf>
- Merino, M. C., Bonilla, S. P., & Bages, F. (2013). Diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia. *Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia* AUNAP-FAO.
- Meza, V. y Paredes, E. (2019). Curso Taller de Alta Especialización en Gestión de Residuos Sólidos y Valorización de Residuos Orgánicos para la Producción de Abonos. Organizado por el Colegio de Ingenieros del Perú-Consejo Departamental Puno: Capítulo de Ingenieros Químicos. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Química. (26-28 Jul. y 2-4 Ago., 2019)
- Ministerio del Ambiente . (2019). MINAM. Implementación de un sistema integrado de manejo de residuos sólidos. *Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal*. <http://www.ambiente.gob.ec/el-ministerio/>
- Ministerio del Ambiente. (2022). Plataforma digital única del Estado Peruano. Información Institucional. <https://www.gob.pe/minam>
- Ministerio de la Producción. (2007). Mejoramiento del catastro acuícola del Departamento de Puno efectuando acciones en diversas áreas del lago Titicaca y de laguna Lagunillas. Con el auspicio de la Embajada de España- Oficina Técnica de Cooperación AECID. Lima, Perú. p. 160
- Ministerio de la Producción. (2018). PRODUCE. Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola. Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. Oficina de Estudios Económicos. Lima, Perú, p. 200. file:///C:/Users/SSD/Downloads/PRODUCE%202020%20Anuario_Estadistico_de_Pesca_y_Acuicultura_2018.pdf

- Ministerio de la Producción. (2020). PRODUCE. Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola. Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. Oficina de Estudios Económicos. Lima, Perú, p. 185
file:///C:/Users/SSD/Downloads/Anuario_Estadistico_de_Pesca_y_Acuicultura_2020.pdf
- Ministerio de la Producción. (2022). Infraestructura de Datos Espaciales.
<https://www.geoidep.gob.pe/ministerio-de-la-produccion>
- Ministerio del Ambiente de Colombia (2018). Colombia le apuesta a las 9R en economía circular. Estrategia Nacional de Economía Circular.
<https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/4225-colombia-le-apuesta-a-las-9r-en-economia-circular>
- Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno de Chile. (2020). MMA. *Propuesta Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos 2020 - 2040*.
https://chilecircularsinbasura.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/10/propuesta_Estrategia-Nacional-Residuos-Organicos-2020-2040.pdf
- Mohamad. (2016). PCR-Stepwise-Principales componentes Stepwise Regresión.
<https://support.numxl.com/hc/es/articles/215730623-PCR-Stepwise-Principales-componentes-Stepwise-Regresi%C3%B3n>
- Montesinos, J. (2018). *Diagnóstico situacional de la crianza de truchas arco iris (Oncorhynchus mykiss) en centros de cultivo del lago Titicaca*. Universidad Peruana Cayetano Heredia.
http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/3862/Diagnostico_MontesinosLopez_Jeansen.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Moreira, D., Jonas, C., & Tirabassi, T. (2006). Modelo matemático de dispersão de poluentes na atmosfera: um instrumento técnico para a gestão ambiental. *Ambiente & Sociedade*, 7(2), 159–172. <https://doi.org/10.1590/s1414-753x2004000200010>
- NEIKER. 2022. Planta piloto para convertir los residuos orgánicos de las plantas de biogas en fertilizantes de alta calidad.
<https://www.retema.es/noticia/neiker-presenta-una-planta-piloto-para-convertir->

los-residuos-organicos-de-las-plantas-de-biogs-en-fertilizantes-de-alta-calidad

- Norma Española UNE-EN ISO 9000: 2005. Sistema de Gestión de la Calidad. Fundamentos y vocabulario. Nov. 2005. Editada por la Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR, Madrid-España. p. 32.
- Norma Internacional ISO 9001: 2015. Sistemas de gestión de la calidad. Publicado por la Secretaría Central de ISO en Ginebra, Suiza. Quinta Edición. p. 30
- Normas Legales (2015). El Peruano. Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM. Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación (5659076-569082).
- Normas Nacionales de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Recursos Hidrobiológicos. (2019). Publicado en el Diario Oficial "El Peruano". Decreto Supremo N° 018-2019-PRODUCE, Decreto Supremo N° 005-2011-PRODUCE y Resolución de Consejo Directivo N° 038-2017-OEFA-CD.
- Núñez Álvarez, C. C. (2014). *Recuperación de sólidos del agua de cola por coagulación-floculación y cuantificación de histamina*.
[Universidad Nacional Agraria La Molina].
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1920/P10.N8-T.pdf?sequence=1>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. 2022. OEFA. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú. <https://www.gob.pe/oefa>
- Otoniel, B., & Israde, I. (2003). La gestión de los residuos sólidos municipales en la cuenca del lago de Cuitzeo, México. *Rev. Int. Contam. Ambient.*, 19(4), 161–169. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37019401>
- Oude, E., Stefanie, J. W. H., Driehuis, F., Gottschal, J. C., & Spoelstra, S. F. (1999). Silage fermentation processes and their manipulation. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)(Ed.) FAO Electronic Conference on Tropical Silage*, 1(15.12), 1999.
<http://www.fao.org/docrep/005/X8486S/x8486s04.htm#bm04%0AUso>
- Pacheco-Aguilar, R., Leyva-Soto, P., Carvallo-Ruiz, G., García-Carreño, L. F., &

- Márquez-Ríos, E. (2009). Efecto de la concentración de quitosano y ph sobre la remoción de sólidos en agua de cola de la industria sardinera. *Interciencia*, 34(4), 274–279.
https://www.researchgate.net/publication/286629093_Effect_of_chitosan_concentration_and_pH_on_the_removal_of_solids_from_stickwater_produced_in_the_sardine_industry
- Padilla, A., & Rivero, J. (2015). Producción de biogás y compost a partir de residuos orgánicos recolectados del Complejo Arqueológico Huaca de la Luna. *Revista Ciencia y Tecnología*, 12(1), 29–43. Universidad Tecnológica del Perú (UTP). *Ciencia y Tecnología*, Año 12, N° 1, 2016, 29-43.
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-tecnologica-del-peru/ingenieria/produccion-de-biogas-y-compost-a-partir-de-residuos-organicos-recolectados-del-complejo-arqueologico-huaca-de-la-luna/17760373>
- Palomino, L. (2021). Diseño de planta de gestión integral de residuos sólidos para la ciudad de Puno. Tesis de Doctorado en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú. pág. 132.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/17581>
- Paredes Concepción, P. (2014). Producción más limpia y el manejo de efluentes en plantas de harina y aceite de pescado. *Industrial Data*, 17(2), 72.
<https://doi.org/10.15381/idata.v17i2.12050>
- Perea Roman, C., Hoyos Concha, J. L., Garcés Caicedo, Y. J., Muñoz Arboleda, L. S., & Gómez Peñaranda, J. A. (2017). Evaluation of processes to obtain silage of fish residues in animal feed. *Ciencia en Desarrollo*, 8(2), 39–50.
<https://doi.org/10.19053/01217488.v8.n2.2017.6174>
- Pérez, M., Peña, E., Amado, S., Hechemendía, L., Yero, Y., & Hechavarría, A. (2018). *Producción de biol y determinación de sus características físico-químicas*. 12. [_y_determinacion_de_sus_caracteristicas_fisico-quimicas](https://www.researchgate.net/publication/326841755_Titulo_Produccion_de_biol_y_determinacion_de_sus_caracteristicas_fisico-quimicas)
https://www.researchgate.net/publication/326841755_Titulo_Produccion_de_biol
- Pineda, M. (2006). Educación ambiental y gestión de residuos sólidos. *Puno: Editorial*

- Sagitario*. Impresores. Puno, Perú. p. 117.
- Piña, D. (2016). Aplicación de un modelo matemático para el análisis de la estabilización de residuos sólidos orgánicos vegetales durante el biosecado en condiciones ambientales húmedas. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. México, pág. 63. <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/42040>
- Piscifactorías Los Andes. (2021). Planta industrial de procesamiento de truchas (*Oncorhynchus mykiss*), (comunicación personal, Yapu, L.).
- Plan Regional de Acuicultura Puno 2015-2030. Produciendo en armonía con la naturaleza. Gobierno Regional de Puno. Dirección Regional de la Producción de Puno. Instrumento de Gestión aprobado por Ordenanza Regional N° 016-2015-GRP-CRP del 12 Nov. 2015. p. 116
- Poulter, R.G. y Disney, J.G. (1982): Fish silage for animal feed. *Infofish Marketing Digest*. (9): 30-32.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Producción Más Limpia ¿Qué es? (PNUMA). *Regional Activity Centre for Sustainable Consumption and production*. <http://www.cprac.org/es/sostenible/produccion/mas-limpia>
- Quijano, Y.(2013). Prueba de Hipótesis para la media. Obtenido de Archivo de video: Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=AJcy4eZMwWM>
- Quispe Machuca, M. B. (2015). *Diseño de un plan de manejo ambiental para la disposición final de los residuos sólidos del mercado San Luis del Municipio del Cantón Píllaro*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Ciencias Químicas. Ingeniería en Biotecnología Ambiental. <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/4862>
- Quispe, C. (2019). Evaluación del impacto ambiental de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) cultivada en forma extensiva en laguna Suches de la Región Tacna. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann UNJBG, Tacna. p. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3722>
oai:172.16.0.151:UNJBG/3722
- Quispe, J. ; Uribe, M. & Cervantes, L. (2020). Alimentos alternativos a formular para

- Truchas Arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) según sus necesidades nutritivas y procesos eficientes de residuos de mataderos. Universidad de Cuenca. Vol. 4 Núm. 3 (2020). Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal. <http://orcid.org/0000-0002-7751-9631>
- Raa, J. y Gilberg, A. (1982): Fish silage. *A Review CRC. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.383.
- Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad. 2022. Impacto ambiental. Fundamentos de Responsabilidad Social Empresarial (RSE). https://responsabilidadsocial.net/impacto-ambiental-que-es-definicion-tipos-causas-medicion-y-ejemplo/?amp#Que_es_el_Impacto_Ambiental
- Rivas, W., Canales, C., & Bazalar, J. (2018). Determinación de arsénico y plomo en truchas (*Oncorhynchus mykiss*), piensos y agua de piscigranjas del distrito de Pachangara, provincia de Oyón, región Lima. *In Crescendo*, 9(2), 211–220. <https://revistas.uladech.edu.pe/index.php/increscendo/article/view/1982/1476>
- Rodo, P. (2020). Niveles de significación. Obtenido de Economipedia.com: <https://economipedia.com/definiciones/niveles-de-significacion.html>
- Rodriguez, L. (2004). *El modelo argumentativo de Toulmin en la escritura de artículos de investigación educativa*. Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas, Venezuela. Revista Digital Universitaria.. Vol. 5, Núm. 1. https://www.revista.unam.mx/vol.5/num1/art2/ene_art2.pdf
- Rodríguez, M. (2004). Diseño de un modelo matemático de la generación de residuos sólidos municipales en Nicolás Romero, México. 1–92. <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/1617>
- Roldán, P. (2019). Modelo matemático. Diccionario económico. matemáticas. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/modelo-matematico.html>
- Rojas Vilcahuamán, D. L. (2020). *Propuesta de una planta de tratamiento para mejorar la valorización de los residuos sólidos inorgánicos reaprovechables en el distrito de La Merced - Chanchamayo - Junín, 2019*. 158. Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental. Universidad Continental. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8246/3/IV_FIN_107

_TE_Rojas_Vilcahuaman_2020.pdf

- Ruiz, M. A., & Torpoco, M. (2007). Obtención de Residuos Crudos de Pescado Fermentados y Proteolizados (Ensilados) Mediante el Uso de “Koji.” *Bol. Invest. Inst. Tecnol. Pesq.*, 8, 9–15.
https://repositorio.itp.gob.pe/bitstream/ITP/25/1/publicacion_8.2.pdf
- Sahagún-Sánchez, F. J., & Reyes-Hernández, H. (2007). Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. *CienciaUAT*, 12(2), 6–21.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/cuat/v12n2/2007-7858-cuat-12-02-6.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). Impacto Ambiental y tipos de impacto ambiental. Acciones y Programas. Publicaciones recientes. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/impacto-ambiental-y-tipos-de-impacto-ambiental>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2021). SENAMHI PUNO. Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica. Dirección Zonal 13- SENAMHI PUNO. Boletín Regional Puno. Boletín N° 02, febrero 2021.
- Senevirathne, M. y Kim, S. K. (2012). Development of bioactive peptides from fish proteins and their health promoting ability. *Advances in Food and Nutrition Research*, 65: 235-248. doi: 10.1016/B978-0-12-416003-3.00015-9
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1972). An analysis of variance test for the exponential distribution (complete samples). *Technometrics*, 14(2), 355–370.
- Sifuentes-Penagos, G., León-Vásquez, S., & Castillo, A. (2018). Hydrolysis of proteins from anchovy (*Engraulis ringens*) whole by action of the Protamex™ enzyme. Escuela Académica de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa. Chimbote, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 93–102.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.10>
- Simões, D. R. S., Queiroz, M. I., Volpato, G., & Zepka, L. Q. (2004). Desodorización de la base proteica de pescado (BPP) con ácido fosfórico. *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, 24(1), 23–26. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612004000100005>

- Sinnot, R. K. & Towler, G. P. (2012). *Diseño en ingeniería química*. Reverté. Barcelona.
<https://www.redalyc.org/journal/461/46158064007/html/>
- Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Educación Superior. (2018). SINEACE. *Explicación de estándares del modelo de acreditación de programas de estudios de educación superior universitaria*. Serie: Documentos Técnicos. Dirección de Evaluación y Acreditación de Educación Superior Universitaria. (Edic. Dirección de Evaluación y Gestión del Conocimiento). Lima, Perú. p. 141
- Sociedad Nacional de Pesquería. (2016). *Plan integrado de aprovechamiento de residuos sólidos de la pesca. Planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos de la industria pesquera de Pisco*. (comunicación personal, Conterno, E.), Lima- Perú.
- Sotomayor, A. (2008). Turismo y medio ambiente. Los residuos sólidos y sus efectos en la región Cusco. *Ingeniería Industrial* N° 26, 2008, ISSN 1025-9929, p.71-81.
<https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428492004.pdf>
- Spinoza, D., Hermosilla, L., Oliva, C., & Vidal, G. (2008). *Gestión Integral de Residuos Líquidos : Estudio de caso de una planta refinadora de aceite de pescado*. 17(1), 41–50. <https://www.redalyc.org/pdf/299/29917105.pdf>
- Tamayo-Alzate, Ó. E. (2013). Modelos y modelización en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, Tema 4. 3484-3487.
<https://www.um.es/documents/4874468/10375216/msa-cap-04.pdf/7e53a0b7-fd27-4b11-ae0b-c26edbbf8c1e>
- Toledo, J., & Llanes, J. (2007). Estudio comparativo de los residuos de pescado ensilados por vías bioquímica y biológica. *Revista Electrónica de Veterinaria* 1695-7504, 3(9), 7. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090727.pdf>
- Torres Toro, C., Londoño Londoño, J., Hincapié Ávila, S., & David Ruales, C. A. (2013). Extracción y caracterización de aceite de pescado derivado de subproductos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Agriculture & Animal Sciences*, 2(2). *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952, 2(2), 10–27.
- Torres, N.; Grandas, I. (2017). Estimación de los desperdicios generados por la

- producción de trucha arco iris en el lago de Tota, Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(2), 247–255.
https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:631
- Varón Valencia, K., Orejuela Cabrera, J. P., & Manyoma Velásquez, P. C. (2015). Modelo Matemático Para La Ubicacion de Estaciones de Transferencia de Residuos Sólidos Urbanos. *Revista EIA*, 12(23), 61–70.
<http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n23/n23a06.pdf>
- Vargas, C., & Hernández, L. (2009). Validez y confiabilidad del cuestionario “Prácticas de cuidado que realizan consigo mismas las mujeres en el posparto.” *Av. Enferm*, 28(1), 96–106. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/avenferm/article/view/15659/18162>
- Vilar, C. (2016). Modelos de consumo per cápita de agua potable en sistemas de abastecimiento en cuatro distritos de la provincia de Puno. Tesis de *Doctoris Scientiae*. Escuela de Posgrado. Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú, pág. 75
- Viglezzi, V., Fernandez, A., Tabera, A., & Sesto, A. (2012). Elaboración de ensilado químico a partir de desechos de Carpa común (*Cyprinus carpio*) utilizando ácidos fórmico y sulfúrico, con su posterior evaluación físico-química, microbiológica y sensorial. *AquaDocs*, 57. <http://hdl.handle.net/1834/9132>
- Vilar, J. (2006). Modelos Estadísticos Aplicados. Publicación de la UDC, pág. 22.
http://eio.usc.es/eipc1/Base/Basemaster/Formularios-PHP-Dpto/Materiales/Mat_50140129_RegresionMultiple.pdf
- Villena Chávez, G. K. (2002). *Producción de celulasas con biopelículas mixtas de hongos filamentosos*. Tesis de *Magister Scientiae* en especialidad de Tecnología de alimentos. Escuela de Posgrado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima (Perú). p. 85
- Villena Chávez, G. K. (2006). *Fermentación por adhesión a superficies: Biopelículas de Aspergillus niger para la producción de enzimas*. Escuela de Postgrado. Ph. D. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima (Perú). p. 191



- Wooldridge, J. M. (2006). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno: un enfoque moderno*. 4ta. Edic. Editorial Paraninfo.
https://www.academia.edu/30200962/Introducci%C3%B3n_A_La_Econometr%C3%ADa_4edi_Wooldridge
- Yucra Quispe, M. A. (2021). *Efecto de la alimentación de truchas comerciales (Oncorhynchus mykiss, Walb) con dietas de ensilados biológicos producidos a partir de vísceras de trucha*.
Tesis de Maestría. Universidad Nacional del Altiplano.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/16758>
- Yapu, L., Mamani, L. y Orna, E. (2022). Manejo productivo de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) en sistemas acuáticos en el lago Titicaca Puno (comunicación personal).
- Zeta, J. Ipanaque, Z.A., Lazo, L., Negrón, J., & Solar, L. (2013). *Diseño del sistema de gestión de residuos sólidos para la UDEP-Campus Piura*. Piura. [Universidad de Piura].
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1715/PYT__Informe_Final__DSGRS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 1

Instrumento validado de acuerdo al coeficiente de confiabilidad de Cronbach ($\alpha = 0.63$)

HOJA DE ENCUESTA

IDENTIFICACIÓN

Tipo de Empresa.....
Nombre del representante de la Empresa.....
Fecha.....Distrito.....Comunidad.....

1. ¿Qué cantidad de truchas en kilogramos produce al año?
2. ¿Qué cantidad de alimento en kilogramos consumen las truchas al año?
3. ¿Cuál es el peso promedio de la trucha al momento de la cosecha en Kg ?
4. ¿Qué porcentaje de la carcasa se recupera durante el eviscerado?
 - a) 40 %
 - b) 50 %
 - c) 60 %
 - d) 70 %
 - e) 80 %
5. ¿Qué cantidad de alevinos de trucha emplea en la producción?
6. ¿Su empresa genera residuos sólidos orgánicos de truchas?
 - a) No
 - b) Si
7. ¿Cuánto de residuos sólidos orgánicos de truchas genera al año?
8. ¿Dónde los dispone los residuos sólidos orgánicos?
 - a) Al aire libre
 - b) Contenedores
 - c) Excavaciones
9. ¿Cómo afecta los residuos el litoral del lago Titicaca?
 - a) Contamina los litorales
 - b) Disminuyen los peces
 - c) Aumentan los olores
 - d) Presencia de vectores e insectos
 - e) Todas las anteriores
10. ¿Cómo afecta los residuos al aire de la población cercana a la empresa?
 - a) Dolores de cabeza
 - b) Mareos
 - c) Náuseas
 - d) Dolores de cabeza y nauseas
 - e) Todas las anteriores
11. ¿Cómo afecta los suelos agrícolas los residuos dispuestos al aire libre?
 - a) Los pastos no crecen de forma normal
 - b) El suelo queda manchado y compactado
 - c) Baja producción de papas y quinua
 - d) Presencia de insectos terrestres y voladores
 - e) Todas las anteriores



12. ¿Cómo afecta los residuos a los pastizales del ganado?
- Los pastos no crecen de forma normal
 - Plagas en los pastos
 - Los pastos presentan hongos
 - Los animales se enferman
 - Todas las anteriores
13. ¿Cómo afecta los residuos la flora silvestre?
- Mayor presencia de zonas áridas
 - La densidad de las plantas disminuyen
 - La biodiversidad de la flora disminuye
 - Todas las anteriores
14. ¿Cómo afecta los residuos el paisaje?
- Contaminación visual
 - Deterioro del paisaje
 - Disminuyen las áreas de esparcimiento
 - El aire transporta olores
 - Todas las anteriores
15. ¿Considera necesario un diseño de sistema de gestión para aprovechar los residuos de truchas?
- a) No b) Si
16. ¿Aprovecha los residuos sólidos orgánicos de truchas para elaborar subproductos?
- a) No b) Si
17. ¿A partir de los residuos sólidos de la trucha elabora algún subproducto sugerido a continuación?
- Ensilados
 - Harina residual
 - Aceite residual
 - Hidrolizados
 - No los aprovecha
18. ¿A partir de los recursos aprovechables de la trucha elabora alguno de los siguientes subproductos?
- Snacks
 - Concentrados proteicos
 - Hamburguesas
 - Croquetas
 - No elabora
19. ¿A partir de los recursos aprovechables de la trucha extrajo alguna vez por medio de biotecnología algún compuesto de los mencionados a continuación?

Proteínas

- Vitaminas
- Minerales
- Ácidos grasos esenciales
- Nunca extrajo

Haga clic aquí para escribir texto.

Tabla 19

Base de datos para determinar el coeficiente alfa de Cronbach de confiabilidad del instrumento en empresas truchícolas de los distritos de Juli y Pomata (46 entrevistados y 15 ítems).

Sujeto	P1	P2	P3	P4	P5	P7	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P17	P18	P19
1	1	1	2	3	1	1	5	5	5	1	2	5	5	5	5
2	2	2	2	2	2	1	1	1	5	4	2	4	5	2	2
3	3	4	3	3	2	1	3	5	5	2	4	5	2	5	4
4	1	1	2	2	1	1	5	3	5	1	4	1	5	5	4
5	2	3	3	2	2	2	1	1	5	1	4	5	2	1	1
6	5	5	1	2	5	3	5	5	5	5	1	5	1	5	1
7	3	4	3	2	2	2	5	5	5	5	4	5	2	1	4
8	1	1	1	3	3	1	5	3	5	5	3	4	2	5	5
9	5	5	2	2	5	3	2	5	5	5	3	1	5	5	5
10	1	1	3	1	1	1	5	5	5	5	4	5	5	5	5
11	3	3	3	1	2	3	5	2	5	5	4	5	1	3	2
12	3	4	2	3	4	1	1	1	5	5	4	5	1	1	4
13	5	5	2	1	5	5	2	5	3	2	3	4	5	5	5
14	5	5	3	3	4	2	5	5	4	4	3	5	0	5	5
15	4	5	3	3	3	2	5	4	5	5	4	3	0	2	4
16	1	1	3	3	3	1	5	5	5	1	4	5	2	5	1
17	3	4	1	1	2	3	5	5	5	5	4	5	0	3	4
18	5	5	1	3	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5
19	2	1	2	3	5	1	5	5	5	5	4	4	5	5	5
20	3	5	2	4	5	1	4	5	4	5	4	5	5	5	5
21	1	1	2	4	1	1	4	5	4	5	4	5	5	5	5
22	2	1	2	4	5	1	3	1	5	5	4	4	1	5	5
23	1	1	1	1	1	1	4	5	1	1	4	5	5	5	5
24	3	3	2	5	3	1	3	1	4	1	3	3	5	5	5
25	1	1	1	1	1	1	2	5	4	5	3	5	5	5	5
26	2	2	2	3	2	1	5	5	5	4	3	2	1	5	1
27	4	4	2	2	4	2	5	1	3	4	3	2	5	5	5
28	3	3	2	2	3	2	1	1	2	3	2	3	1	1	2
29	5	5	1	1	5	2	3	5	1	5	3	5	5	5	5
30	1	1	2	2	1	1	5	5	4	5	3	5	5	5	5
31	2	1	1	1	2	1	2	1	5	1	1	4	5	5	5
32	1	1	5	5	5	1	5	4	4	2	1	4	3	2	4
33	5	5	3	3	3	3	2	4	2	5	3	4	5	5	5
34	3	4	3	3	3	1	5	1	2	5	4	5	2	5	5
35	3	4	5	5	4	2	5	4	5	4	4	5	5	5	5
36	4	5	2	2	4	2	5	5	5	5	3	5	5	5	5
37	3	3	5	5	2	2	5	4	5	5	4	2	5	5	5
38	1	1	2	2	1	1	1	5	2	4	4	4	1	5	4
39	3	4	2	2	3	1	5	1	2	4	3	5	2	5	5
40	1	1	2	2	1	1	5	1	4	3	1	4	5	5	5
41	3	5	2	2	3	2	1	3	4	4	3	4	5	5	5
42	1	1	2	2	1	1	4	3	1	3	3	4	5	5	5
43	1	1	5	5	1	1	2	5	2	5	3	5	1	4	1
44	1	1	2	2	1	1	1	5	5	5	3	4	2	5	5
45	1	1	2	2	1	1	1	1	2	3	1	3	5	5	5
46	1	1	2	2	1	1	4	2	3	4	3	2	2	5	4



Fórmula para calcular el coeficiente alfa de Cronbach mediante la varianza de los ítems presentado en Excel y aplicado con el programa SPSS.

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum V_i}{V_T} \right]$$

$$\alpha = 0.63$$

$$K = 15 \text{ ítems}$$

$$V_i = 29.14650284$$

$$V_T = 70.98865784$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE



Tabla 20. FORMATO DE VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO N° 01

PREGUNTA	1 PERTINENCIA		2 RELEVANCIA		3 CLARIDAD		ESENCIAL	ÚTIL PERO NO ESENCIAL	NO IMPORTANTE	OBSERVACIONES
	SI	NO	SI	NO	SI	NO				
1	X		X		X		X			
2	X		X		X		X			
3	X		X		X		X			
4	X		X		X		X			
5	X		X		X		X			
6	X		X		X		X			
7	X		X		X		X			
8	X		X		X		X			
9	X		X		X		X			
10	X		X		X		X			
11	X		X		X		X			
12	X		X		X		X			
13	X		X		X		X			
14	X		X		X		X			
15	X		X		X		X			
16	X		X		X		X			
17	X		X		X		X			
18	X		X		X		X			
19	X		X		X		X			

Observaciones: El instrumento es aplicable, los items presentan pertinencia, relevancia y claridad.

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y Nombres del juez validador Dr. / Mg. Ph.D. *Atencio Limachi, Sabino*

DNI: *01847509*

Firma y sello:

Puno, 05 de Enero de 2022

Especialidad del validador: *Biología.*

¹Pertinencia: el item corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: el item es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: se entiende sin dificultad alguna el enunciado del item es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiente cuando los items planteados son suficientes para medir el componente o dimensión.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE



Tabla 21. FORMATO DE VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO N° 02

PREGUNTA	1 PERTINENCIA		2 RELEVANCIA		3 CLARIDAD		ESENCIAL	ÚTIL PERO NO ESENCIAL	NO IMPORTANTE	OBSERVACIONES
	SI	NO	SI	NO	SI	NO				
1	X		X		X		X			
2	X		X		X		X			
3	X		X		X		X			
4	X		X		X		X			
5	X		X		X		X			
6	X		X		X		X			
7	X		X		X		X			
8	X		X		X		X			
9	X		X		X		X			
10	X		X		X		X			
11	X		X		X		X			
12	X		X		X		X			
13	X		X		X		X			
14	X		X		X		X			
15	X		X		X		X			
16	X		X		X		X			
17	X		X		X		X			
18	X		X		X		X			
19	X		X		X		X			

Observaciones: El instrumento es aplicable, los items presentan pertinencia, relevancia y claridad.
Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y Nombres del juez validador Dr. / Mg. *Dr. LHOQUEWANCA POINLAS DONTE JUNI*

DNI: *01235747*

Firma y sello:

Puno, 05 de Enero de 2022

Especialidad del validador: *CIENCIA, TECNOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE*

¹**Pertinencia:** el item corresponde al concepto teórico formulado.
²**Relevancia:** el item es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³**Claridad:** se entiende sin dificultad alguna el enunciado del item es conciso, exacto y directo.
Nota: Suficiencia, se dice suficiente cuando los items planteados son suficientes para medir el componente o dimensión.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE



Tabla 22. FORMATO DE VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO N° 03

PREGUNTA N°	1 PERTINENCIA		2 RELEVANCIA		3 CLARIDAD		ESENCIAL	ÚTIL PERO NO ESENCIAL	NO IMPORTANTE	OBSERVACIONES
	SI	NO	SI	NO	SI	NO				
1	X		X		X		X			
2	X		X		X		X			
3	X		X		X		X			
4	X		X		X		X			
5	X		X		X		X			
6	X		X		X		X			
7	X		X		X		X			
8	X		X		X		X			
9	X		X		X		X			
10	X		X		X		X			
11	X		X		X		X			
12	X		X		X		X			
13	X		X		X		X			
14	X		X		X		X			
15	X		X		X		X			
16	X		X		X		X			
17	X		X		X		X			
18	X		X		X		X			
19	X		X		X		X			

Observaciones: El instrumento es aplicable, los items presentan pertinencia, relevancia y claridad.

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y Nombres del juez validador Dr. / Mg. DR. RICARDO BONITAVIO HUERTA MACUIÑA

DNI: 00220156

Firma y sello:

Puno, 05 de Enero de 2022

Especialidad del validador: CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

¹**Pertinencia:** el item corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** el item es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** se entiende sin dificultad alguna el enunciado del item es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiente cuando los items planteados son suficientes para medir el componente o dimensión.

Tabla 23

Base de datos de productores de truchas de la comunidad de Chukasuyo del distrito de Juli 2022.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19
001	9500	12350	1	80	9300	2	1900	2	5	5	5	1	2	5	2	1	5	5	5
002	20900	27170	1	70	18600	2	6270	3	1	1	5	4	2	4	2	1	5	2	2
003	32200	41860	2	80	18600	2	6440	3	3	5	5	2	4	5	2	1	2	5	4
004	12220	15886	1	70	9300	2	3666	3	5	3	5	1	4	1	2	1	5	5	4
005	27900	36270	2	70	18600	2	8370	1	1	1	5	1	4	5	2	1	2	1	1
006	378000	491400	0		1116000	2		3	5	5	5	5	1	5	2	2	1	5	1
007	32300	41990	2	70	18600	2	9690	3	5	5	5	5	4	5	2	2	2	1	4
008	11040	14352	0	80	27900	1	2208	3	5	3	5	5	3	4	2	1	2	5	5
009	50600	65780	1	70	46500	2	15180	3	2	5	5	5	3	1	2	2	5	5	5
010	14250	18525	2	60	9300	2	5700	2	5	5	5	5	4	5	2	2	5	5	5
011	36800	34840	2	60	18600	2	14720	3	5	2	5	5	4	5	1	2	1	3	2
012	38000	49400	1	80	37200	2	7600	3	1	1	5	5	4	5	2	1	1	1	4
013	60450	78585	1	50	46500	2	30225	3	2	5	3	2	3	4	1	2	5	5	5
014	55200	71760	2	80	37200	2	11040	1	5	5	4	4	3	5	2	1	0	5	5
015	47430	61659	2	80	27900	2	9486	1	5	4	5	5	4	3	2	2	0	2	4
016	11400	14820	0	80	27900	2	2280	1	5	5	5	1	4	5	2	2	2	5	1
017	38000	49400	2	60	18600	2	15200	2	5	5	5	5	4	5	2	2	0	3	4

Escala para la P3= 0:0,35 kg de trucha, 1: 1,0 kg de truchas, 2:2,0 kg de trucha. P1 al P19 son las preguntas de la encuesta (Anx. I).
P2(X1) : Peso de las truchas (Kg); P3(X2): Producción de truchas (Kg/año); P5(X3): Recuperación de carcasa en porcentaje.

Tabla 24

Base de datos de productores de truchas en el sector Faro del distrito de Pomata 2022.

Nº	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19
1	100000	140000	0,40	60	100000	2	40000	2	5	5	5	5	4	5	2	1	5	5	5
2	20000	12000	0,50	60	50000	1	8000	3	5	5	5	5	4	4	2	1	5	5	5
3	30000	60000	0,50	70	50000	1	9000	3	4	5	4	5	4	5	2	1	5	5	5
4	10000	13000	0,50	70	10000	1	3000	3	4	5	4	5	4	5	2	1	5	5	5
5	15000	20000	0,50	70	50000	2	4500	3	3	1	5	5	4	4	2	2	1	5	5
6	10000	13000	0,40	40	10000	2	6000	3	4	5	1	1	4	5	1	1	5	5	5
7	30000	40000	0,50	80	30000	2	6000	3	3	1	4	1	3	3	2	1	5	5	5
8	5000	5000	0,40	40	5000	2	3000	2	2	5	4	5	3	5	2	1	5	5	5
9	20000	26000	0,50	60	20000	2	8000	2	5	5	5	4	3	2	2	2	1	5	1
10	40000	48000	0,50	70	40000	2	12000	3	5	1	3	4	3	2	2	1	5	5	5
11	30000	37000	0,50	60	30000	2	12000	2	1	1	2	3	2	3	2	2	1	1	2
12	50000	65000	0,40	60	100000	2	20000	3	3	5	1	5	3	5	2	1	5	5	5
13	6000	7200	0,50	40	6000	2	3600	2	5	5	4	5	3	5	2	1	5	5	5
14	15000	17000	0,40	40	20000	2	9000	3	2	1	5	1	1	4	2	2	5	5	5
15	10000	15000	1,00	80	50000	2	2000	3	5	4	4	2	1	4	2	2	3	2	4
16	50000	55000	0,60	50	30000	2	25000	2	2	4	2	5	3	4	2	2	5	5	5
17	30000	50000	0,60	80	30000	2	6000	2	5	1	2	5	4	5	2	2	2	5	5
18	30000	50000	1,00	50	40000	1	15000	3	5	4	5	4	4	5	2	1	5	5	5
19	40000	52000	0,50	70	40000	2	12000	1	5	5	5	5	3	5	2	1	5	5	5
20	30000	39000	1,00	60	20000	2	12000	1	5	4	5	5	4	2	2	1	5	5	5
21	10000	13000	0,50	70	10000	2	3000	1	1	5	2	4	4	4	2	2	1	5	4
22	30000	50000	0,50	80	30000	2	6000	2	5	1	2	4	3	5	2	2	2	5	5
23	3000	3900	0,50	50	10000	2	1500	3	5	1	4	3	1	4	2	1	5	5	5
24	30000	54000	0,50	40	30000	2	18000	3	1	3	4	4	3	4	2	1	5	5	5
25	10000	12000	0,50	60	10000	2	4000	3	4	3	1	3	3	4	2	1	5	5	5
26	10000	13000	1,00	80	10000	1	2000	3	2	5	2	5	3	5	1	2	1	4	1
27	4000	4000	0,50	60	5000	1	1600	3	1	5	5	5	3	4	2	2	2	5	5
28	10000	13000	0,50	60	10000	2	4000	2	1	1	2	3	1	3	2	1	5	5	5
29	10000	9000	0,50	60	10000	2	4000	2	4	2	3	4	3	2	2	2	2	5	4

P2(X1): Peso de las truchas (Kg); P3(X2): Producción de truchas (Kg/año); P5(X3): Recuperación de carcasa en porcentaje.

Tabla 25

Base de datos para identificar el nivel del impacto ambiental mediante la Prueba de media.

Pregunta	Escala				
p8	1	2	3		
p9	1	2	3	4	5
p10	1	2	3	4	5
p11	1	2	3	4	5
p12	1	2	3	4	5
p13	1	2	3	4	
p14	1	2	3	4	5

mín.	7	máx.	32
-------------	----------	-------------	-----------

Rango de clasificaciones del nivel de Impacto Ambiental para la Prueba de media (Quijano, 2013).

7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15

Rango de puntajes para clasificación de impacto ambiental bajo.

16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24

Rango de puntajes para clasificación de impacto ambiental medio.

25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32

Rango de puntajes para clasificación de impacto ambiental alto.

Tabla 26

Base de datos de productores de truchas de la comunidad de Chukasuyo del distrito de Juli 2022 (Escala de Likert).

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19
001	1	1	2	3	1	2	1	2	5	5	5	1	2	5	2	1	5	5	5
002	2	2	2	2	2	2	1	3	1	1	5	4	2	4	2	1	5	2	2
003	3	4	3	3	2	2	1	3	3	5	5	2	4	5	2	1	2	5	4
004	1	1	2	2	1	2	1	3	5	3	5	1	4	1	2	1	5	5	4
005	2	3	3	2	2	2	2	1	1	1	5	1	4	5	2	1	2	1	1
006	5	5	1	2	5	2	3	3	5	5	5	5	1	5	2	2	1	5	1
007	3	4	3	2	2	2	2	3	5	5	5	5	4	5	2	2	2	1	4
008	1	1	1	3	3	1	1	3	5	3	5	5	3	4	2	1	2	5	5
009	5	5	2	2	5	2	3	3	2	5	5	5	3	1	2	2	5	5	5
010	1	1	3	1	1	2	1	2	5	5	5	5	4	5	2	2	5	5	5
011	3	3	3	1	2	2	3	3	5	2	5	5	4	5	1	2	1	3	2
012	3	4	2	3	4	2	1	3	1	1	5	5	4	5	2	1	1	1	4
013	5	5	2	1	5	2	5	3	2	5	3	2	3	4	1	2	5	5	5
014	5	5	3	3	4	2	2	1	5	5	4	4	3	5	2	1	0	5	5
015	4	5	3	3	3	2	2	1	5	4	5	5	4	3	2	2	0	2	4
016	1	1	3	3	3	2	1	1	5	5	5	1	4	5	2	2	2	5	1
017	3	4	1	1	2	2	3	2	5	5	5	5	4	5	2	2	0	3	4

Escala para la P3= 0:0,35 kg de trucha, 1: 1,0 kg de truchas, 2:2,0 kg de trucha. P1 al P19 son las preguntas de la encuesta (Anx. I).
P2(X1) : Peso de las truchas (Kg); P3(X2): Producción de truchas (Kg/año); P5(X3): Recuperación de carcasa en porcentaje.

Tabla 27

*Base de datos de productores de truchas en el sector Faro del distrito de Pomata 2022
(Escala de Likert).*

Nº	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19
1	5	5	1	3	5	2	4	2	5	5	5	5	4	5	2	1	5	5	5
2	2	1	2	3	5	1	1	3	5	5	5	5	4	4	2	1	5	5	5
3	3	5	2	4	5	1	1	3	4	5	4	5	4	5	2	1	5	5	5
4	1	1	2	4	1	1	1	3	4	5	4	5	4	5	2	1	5	5	5
5	2	1	2	4	5	2	1	3	3	1	5	5	4	4	2	2	1	5	5
6	1	1	1	1	1	2	1	3	4	5	1	1	4	5	1	1	5	5	5
7	3	3	2	5	3	2	1	3	3	1	4	1	3	3	2	1	5	5	5
8	1	1	1	1	1	2	1	2	2	5	4	5	3	5	2	1	5	5	5
9	2	2	2	3	2	2	1	2	5	5	5	4	3	2	2	2	1	5	1
10	4	4	2	2	4	2	2	3	5	1	3	4	3	2	2	1	5	5	5
11	3	3	2	2	3	2	2	2	1	1	2	3	2	3	2	2	1	1	2
12	5	5	1	1	5	2	2	3	3	5	1	5	3	5	2	1	5	5	5
13	1	1	2	2	1	2	1	2	5	5	4	5	3	5	2	1	5	5	5
14	2	1	1	1	2	2	1	3	2	1	5	1	1	4	2	2	5	5	5
15	1	1	5	5	5	2	1	3	5	4	4	2	1	4	2	2	3	2	4
16	5	5	3	3	3	2	3	2	2	4	2	5	3	4	2	2	5	5	5
17	3	4	3	3	3	2	1	2	5	1	2	5	4	5	2	2	2	5	5
18	3	4	5	5	4	1	2	3	5	4	5	4	4	5	2	1	5	5	5
19	4	5	2	2	4	2	2	1	5	5	5	5	3	5	2	1	5	5	5
20	3	3	5	5	2	2	2	1	5	4	5	5	4	2	2	1	5	5	5
21	1	1	2	2	1	2	1	1	1	5	2	4	4	4	2	2	1	5	4
22	3	4	2	2	3	2	1	2	5	1	2	4	3	5	2	2	2	5	5
23	1	1	2	2	1	2	1	3	5	1	4	3	1	4	2	1	5	5	5
24	3	5	2	2	3	2	2	3	1	3	4	4	3	4	2	1	5	5	5
25	1	1	2	2	1	2	1	3	4	3	1	3	3	4	2	1	5	5	5
26	1	1	5	5	1	1	1	3	2	5	2	5	3	5	1	2	1	4	1
27	1	1	2	2	1	1	1	3	1	5	5	5	3	4	2	2	2	5	5
28	1	1	2	2	1	2	1	2	1	1	2	3	1	3	2	1	5	5	5
29	1	1	2	2	1	2	1	2	4	2	3	4	3	2	2	2	2	5	4

P2(X1): Peso de las truchas (Kg); P3(X2): Producción de truchas (Kg/año); P5(X3): Recuperación de carcasa en porcentaje.

Tabla 28

Variables para encontrar modelo estadístico de residuos sólidos orgánicos de truchas.

N°	Año	RSOT Kg/año Yi .(47%)	ALIM Kcal/g X1	PESO g X2	PROD t/año X3	OVA mill./año X4	RECUP % X5	GAPIN 1-5 X6	ACEI ml X7	CONC Núm. X8
1	1990	65.95	4278.35	340	140.32	78	81.2	1.62	70.1	21
2	1991	67.11	4167.29	320	142.78	121	81.3	1.43	70.1	37
3	1992	62.39	4559.37	380	132.74	310	85.0	1.52	70.2	72
4	1993	51.83	4534.46	510	110.27	267	81.7	1.36	70.4	56
5	1994	58.35	3976.27	410	124.15	178	83.7	1.30	70.4	278
6	1995	65.20	4458.33	420	138.73	576	84.8	1.44	70.3	274
7	1996	111.61	4299.45	470	237.47	634	84.5	1.26	70.1	341
8	1997	152.08	4367.22	390	323.59	456	85.0	1.33	70.2	289
9	1998	387.54	4587.33	410	824.56	387	83.8	1.37	70.5	301
10	1999	182.07	4440.38	480	387.38	591	81.0	1.29	70.1	347
11	2000	370.04	4388.64	500	787.32	1800	82.5	1.37	67.8	352
12	2001	471.51	4471.07	700	1003.22	2100	83.6	1.63	67.7	381
13	2002	490.47	4067.52	900	1043.56	2600	81.5	1.37	67.4	389
14	2003	534.96	4655.48	1000	1138.21	9670	83.9	1.35	67.3	402
15	2004	934.01	4588.44	1200	1987.26	15045	82.8	1.60	67.5	425
16	2005	1102.20	4228.46	800	2345.11	17031	82.8	1.44	67.8	589
17	2006	1468.55	3977.28	1500	3124.57	29335	83.8	1.30	67.5	936
18	2007	1868.00	4387.35	1300	3974.47	44010	84.1	1.62	67.9	825
19	2008	3385.98	4299.45	1600	7204.22	58690	82.5	1.62	69.4	836
20	2009	4015.33	4367.22	1300	8 543.26	66185	84.1	1.27	69.3	836
21	2010	4695.24	4478.27	1800	9 989.88	85280	82.3	1.56	69.4	835
22	2011	6773.90	4471.07	2000	14 412,56	76935	83.4	1.29	68.6	922
23	2012	8366.00	4438.34	1700	17 800,00	98235	84.1	1.27	69.2	927
24	2013	13399.63	4689.11	2700	28 509,85	97247	81.7	1.32	69.1	927
25	2014	15314.14	4625.07	3100	32 583,27	98015	81.1	1.20	68.6	831
26	2015	16038.65	4744.54	2500	34 124,78	100528	81.6	1.16	68.5	833
27	2016	20350.12	4067.52	3900	43 298,12	101564	81.7	1.32	68.6	745
28	2017	20857.77	4471.07	3300	44 378,23	101262	81.8	1.45	68.6	845
29	2018	21304.89	4388.64	4000	45329.55	112396	83.6	1.35	68.6	911
30	2019	21328.23	4440.38	3700	45,379,22	117883	84.0	1.38	68.5	902
31	2020	20913.26	4625.07	2500	44496.30	120451	84.1	1.29	68.3	825

Fuente: Generado a partir de los datos del INEI 2015; BCR 2014; DIREPRO PUNO 1990-2020.

X₁= Producción (t/año) va en la casilla X₃= Alimento (Kcal/g) y viceversa.

ABREVIATURAS

RSOT	Residuos sólidos orgánicos totales representa el 47 % del producto trucha cosechado, y está conformado por las vísceras, descartables y recursos aprovechables (Kg/año). Residuos sólidos orgánicos totales = Residuos de sólidos orgánicos de vísceras + Residuos sólidos orgánicos de residuos aprovechables y efluentes del proceso.
RSOV	Residuos sólidos orgánicos de residuos de truchas conformados por vísceras y órganos internos de la trucha, constituyen el 17 % (Kg/año).
RSOA	Recortes sólidos orgánicos aprovechables de la trucha, representan el 30 % del producto fresco (Kg/año).
PROD	Cosecha de truchas por empresas productoras, según los tamaños y pesos obtenidos durante la producción, la cual se clasifican como Acuicultura de Recursos Limitados (AREL) (para producciones menores o 3.5 t/año) y Micro y Pequeñas Empresas (MYPES), para producciones entre 3.5 a 150 t/año.
PESO	Peso promedio de truchas al momento de la cosecha (g).
ALIM	El alimento para truchas se mide por la Proteína, Energía y Vitaminas y Minerales (Kcal/g), la eficacia del alimento durante el periodo de crianza puede variar entre 9-12 meses en sistemas acuícolas intensivos, aplicando una tasa de alimentación corporal en truchas (en %), según la Tabla de Leitz modificada. Y en base al Factor de Conversión Alimenticia FCA= 1.15, aproximadamente en promedio. Así mismo, se denomina Qn (países anglosajones). El cual significa que por 1.15 Kg de alimento suministrado se produce 1.0 Kg de carne de pescado.
OVA	La genética de las ovas importadas que emplean los productores truchícolas del lago Titicaca Puno, Lagunillas, lago de Arapa y en el interior de cuerpos de agua de la región Puno alcanza 172 830 113 huevos procedentes de empresas internacionales, tal es la Troutlodge Inc. USA. Dinamarca. España. Chile (DIREPRO, PUNO, 2021).
RECUP	Es el porcentaje de recuperación de la carcasa o filete de trucha que obtiene el personal capacitado durante el procesamiento primario en playa o en planta de procesamiento (%).
GAPIN	Es una métrica de evaluación de la calidad de textura de la masa muscular de la trucha, es decir, se realiza teniendo en cuenta la temperatura del agua. Para el lago Titicaca Puno varía de 13° a 16 °C durante el periodo de invierno y aumenta a 14° hasta 19 °C durante el periodo de verano. La prueba GAPIN de evaluación sensorial de la textura del filete de salmónidos emplea la Escala del 1 al 5.
ACEI	Investigaciones estudiadas en la carcasa y vísceras de las truchas evidencian contenidos de aceites del 68.6% como aceites insaturados, 27.73 % de aceites saturados y el contenido de humedad de los residuos de 2.1%.
CONC	Se refieren a las concesiones acuáticas en el lago Titicaca Puno, lagunas y estanques en tierra firme otorgadas por la Dirección Regional de la Producción Puno (DIREPRO PUNO), a las empresas pesqueras. Se expresan en unidad de superficie acuática y les permiten a los productores pesqueros llevar a cabo el desarrollo de los cultivos de truchas y áreas de pesca en zonas determinadas (en Has).

Anexo 2

Estadísticos de residuos sólidos orgánicos de truchas de empresas del distrito de Juli

Tabla 29

Estadísticos correspondientes a los residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Juli.

	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
Residuos sólidos orgánicos de truchas (Kg/año)	9373,44	7117,58	1900	30225
Cantidad de truchas (Unid./año)	88623,53	265011,61	9300	1116000
Peso de trucha (Kg)	1,36	0,66	0,35	2,00
Producción de truchas (Kg/año)	51540,59	85683,99	9500	378000
Alimento (Kg/año)	66238,06	111573,43	12350	491400
Recuperación de carcasa (%)	71,25	9,57	50	80

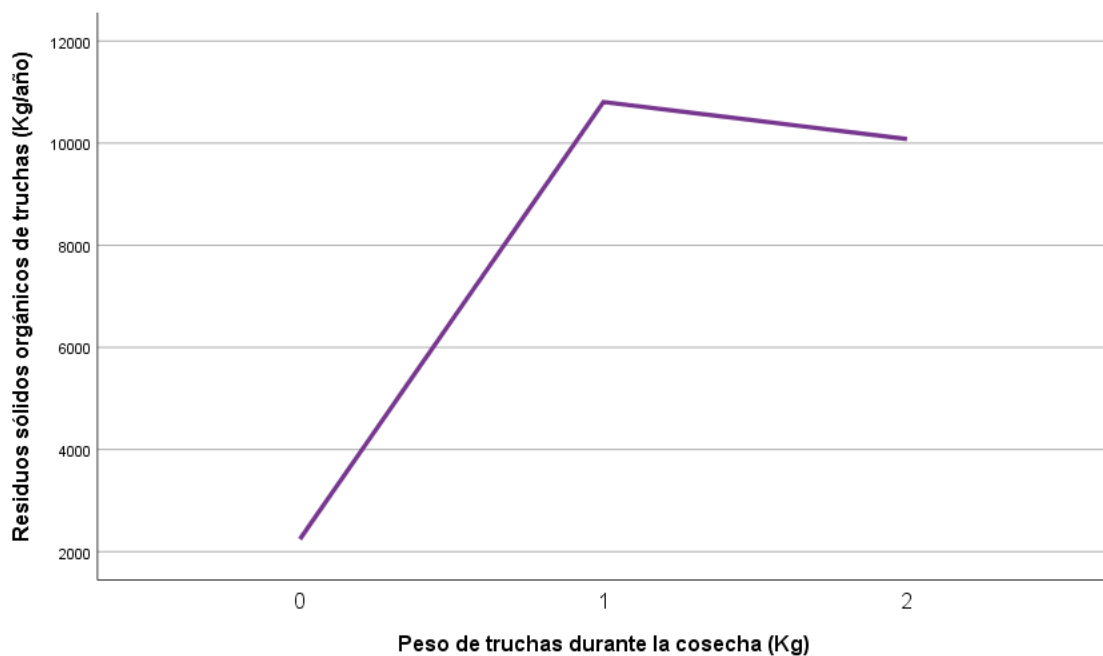


Figura 32. Peso de truchas en función de los residuos sólidos orgánicos del distrito de Juli.

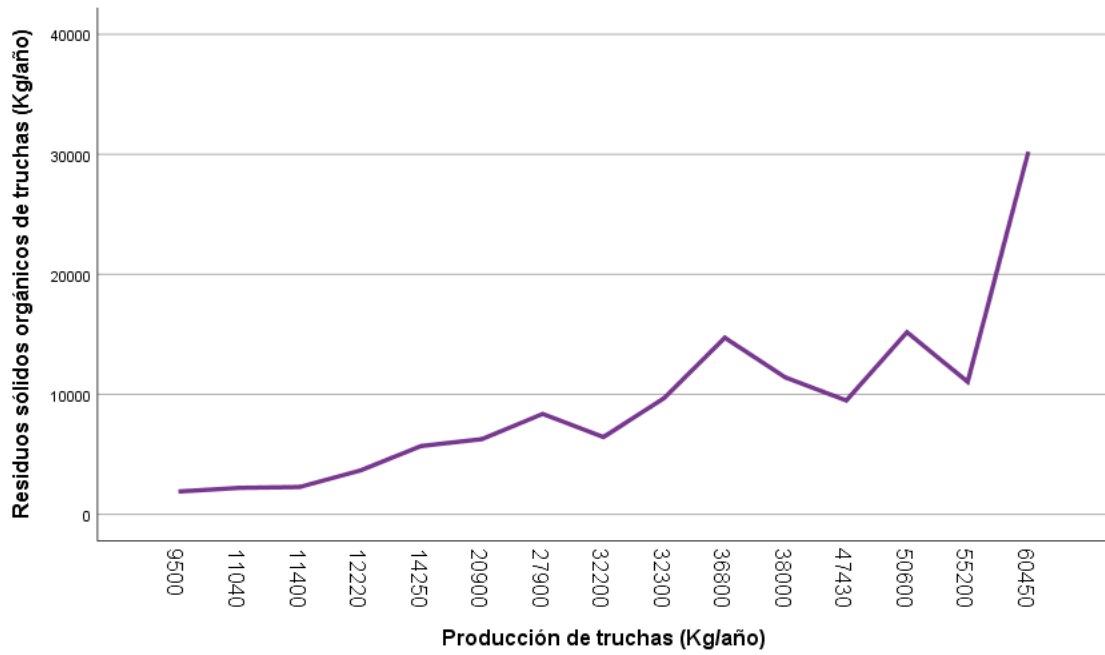


Figura 33. Producción de truchas en función de los residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Juli.

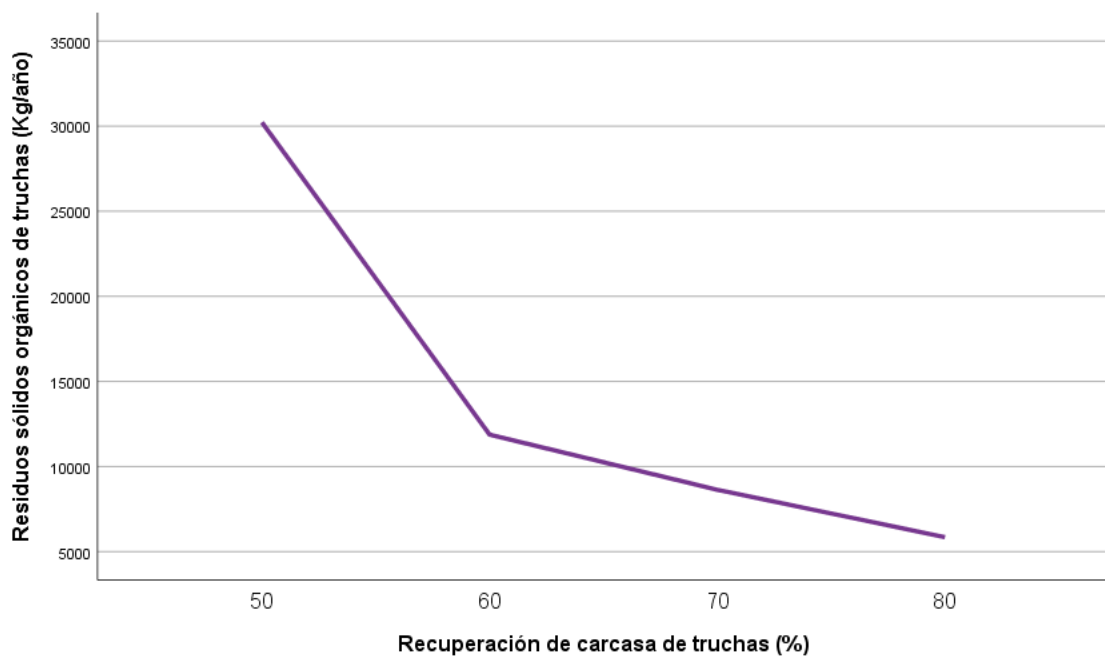


Figura 34. Recuperación de carcasa en función de los residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Juli.

Anexo 3

Estadísticos de residuos sólidos orgánicos de truchas de empresas del distrito de Pomata

Tabla 30

Estadísticos correspondientes a los residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Pomata.

	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
Residuos sólidos orgánicos de truchas (Kg/año)	8972,41	8388,76	1500	40000
Cantidad de truchas (Unid./año)	29517,24	24654,21	5000	100000
Peso de trucha (Kg)	0,56	0,19	0,40	1,00
Producción de truchas (Kg/año)	23724,14	20012,31	3000	100000
Alimento (Kg/año)	32279,31	28697,55	3900	140000
Recuperación de carcasa (%)	61,03	13,19	40	80



Figura 35. Peso de las truchas en función de los residuos sólidos orgánicos del distrito de Pomata.

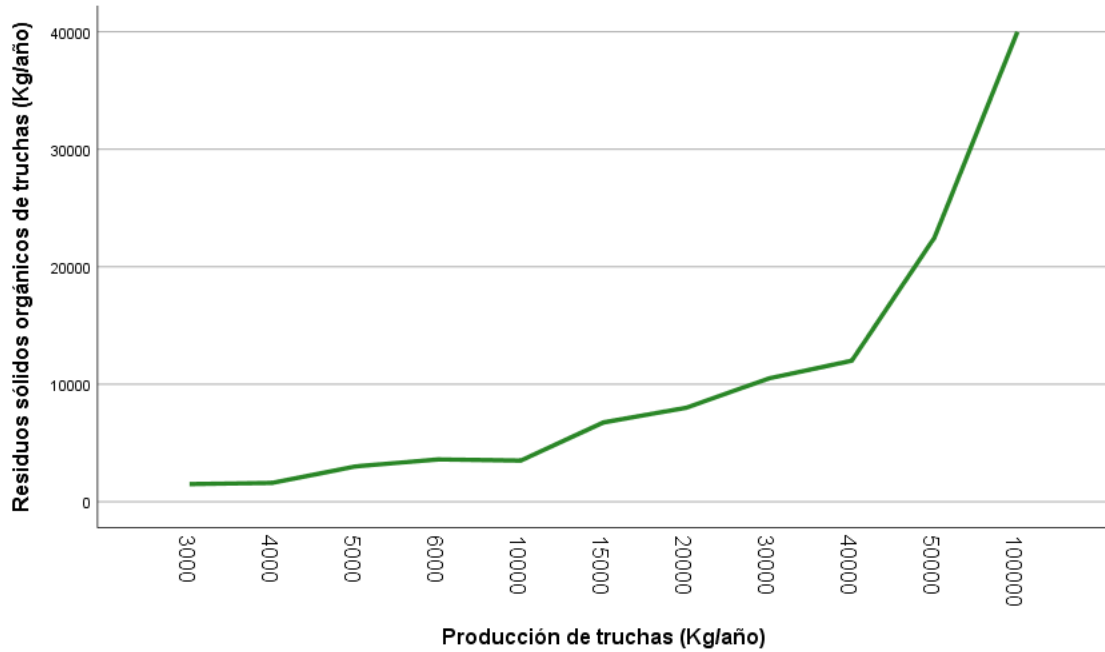


Figura 36. Producción de truchas en función de los residuos sólidos orgánicos del distrito de Pomata.

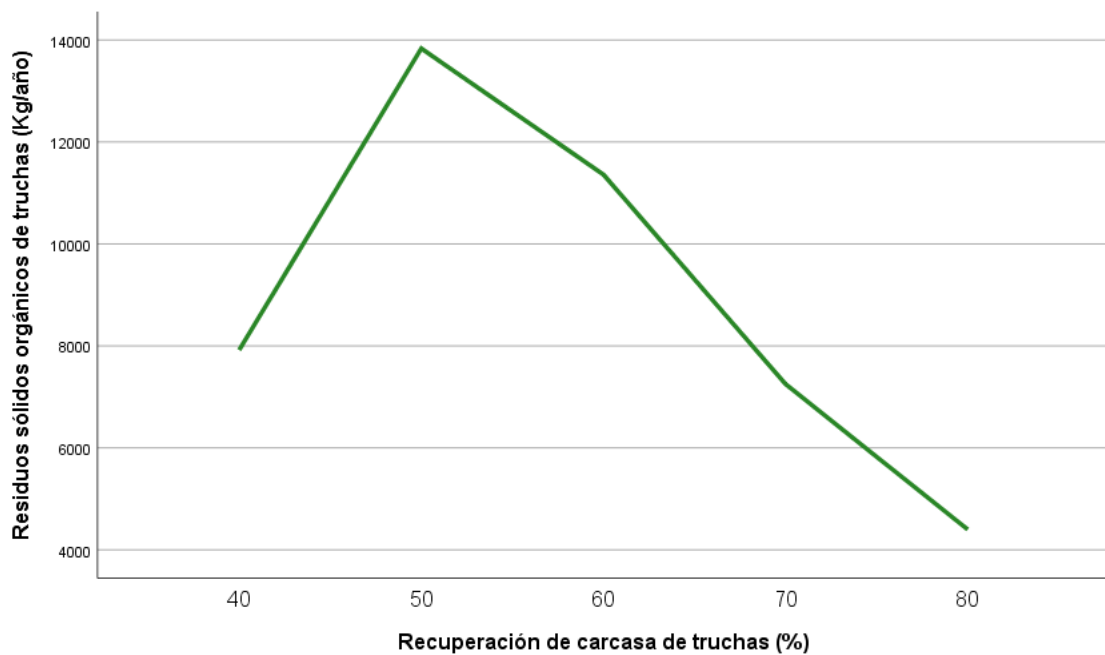


Figura 37. Recuperación de carcasa en función de los residuos sólidos orgánicos de truchas del distrito de Pomata.

Tabla 31
Coefficientes de regresión para los residuos sólidos orgánicos de truchas.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
1 (Constante)	9560,59	1386,88		6,894	,000
Peso de trucha (Kg)	4111,66	1537,32	0,09	2,675	,013
Producción de truchas (Kg/año)	0,41	,014	0,98	29,927	,000
Recuperación de carcasa (%)	-207,16	21,72	-,326	-9,538	,000

Y= Residuos Sólidos Orgánicos de truchas (Kg/año).

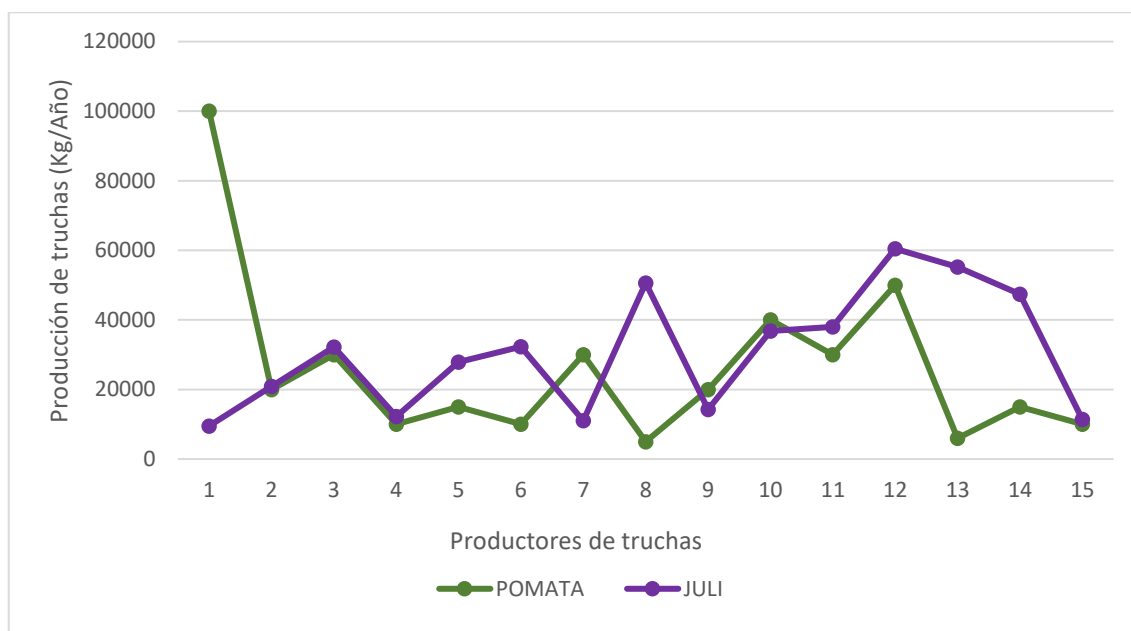


Figura 38. Producción de truchas de productores en los distritos de Juli y Pomata (Kg).

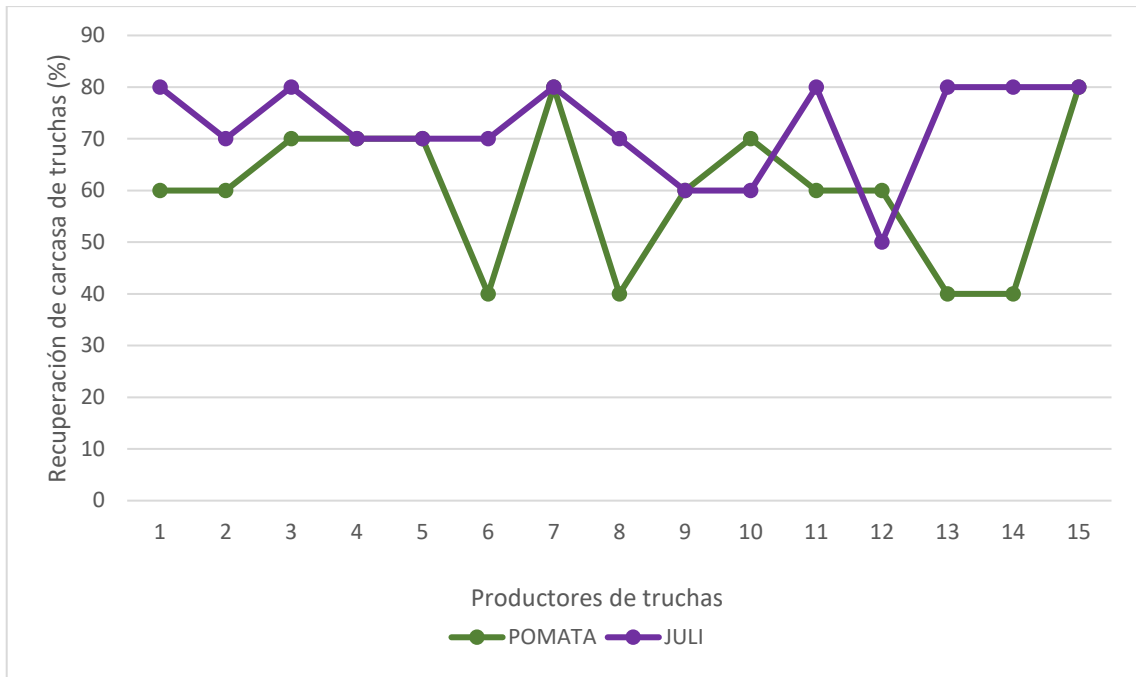


Figura 39. Recuperación de carcasa de truchas de productores de los distritos de Juli y Pomata (en Porcentaje).

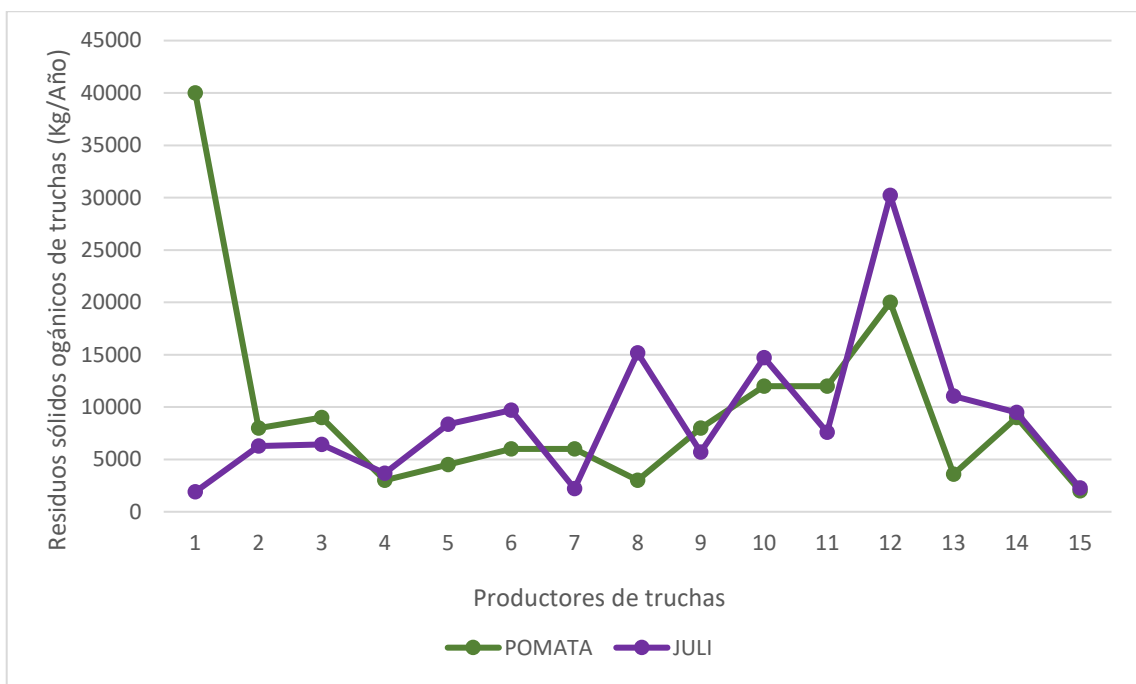


Figura 40. Residuos sólidos orgánicos de truchas de productores de los distritos de Juli y Pomata (Kg).

Anexo 4

Escala de calificación de impacto ambiental para el uso de la matriz de Leopold.

Tabla 32

Calificación de la Magnitud e Importancia del impacto ambiental positivo para su uso con la matriz de Leopold.

Impactos Positivos

Magnitud			Importancia		
Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja	+1	Temporal	Puntual	+1
Baja	Media	+2	Media	Puntual	+2
Baja	Alta	+3	Permanente	Puntual	+3
Media	Baja	+4	Temporal	Local	+4
Media	Media	+5	Media	Local	+5
Media	Alta	+6	Permanente	Local	+6
Alta	Baja	+7	Temporal	Regional	+7
Alta	Media	+8	Media	Regional	+8
Alta	Alta	+9	Permanente	Regional	+9
Muy Alta	Alta	+10	Permanente	Nacional	+10

Fuente: Matriz de Leopold.

Valoración de impactos	
Impacto Bajo	1-30
Impacto Medio	31-61
Impacto Severo	61-92
Impacto Crítico	>93

Tabla 33

Calificación de la magnitud e importancia del impacto ambiental negativo para su uso con la matriz de Leopold.

Impactos Negativos

Magnitud			Importancia		
Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja	-1	Temporal	Puntual	+1
Baja	Media	-2	Media	Puntual	+2
Baja	Alta	-3	Permanente	Puntual	+3
Media	Baja	-4	Temporal	Local	+4
Media	Media	-5	Media	Local	+5
Media	Alta	-6	Permanente	Local	+6
Alta	Baja	-7	Temporal	Regional	+7
Alta	Media	-8	Media	Regional	+8
Alta	Alta	-9	Permanente	Regional	+9
Muy Alta	Alta	-10	Permanente	Nacional	+10

Fuente: Matriz de Leopold.

PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Recolección de datos de productores de truchas en Chukasuyo Juli 11/03/2022.



Fotografía 2. Cosecha de truchas de productores de Chukasuyo, distrito de Juli 11/03/2022.



Fotografía 3. Encuesta piloto en la empresa Titikaka Trout Peru S.C.R. L. sector Faro Pomata.



Fotografía 4. Residuos sólidos orgánicos de truchas dispuestos al aire libre, Chukasuyo Juli 30/03/2022.



Fotografía 5. Residuos sólidos orgánicos ingresan por escorrentía al litoral lacustre en Juli. 30/03/2022.



Fotografía 6. Proceso de fileteado y separación de residuos y descartes hidrobiológicos.



Fotografía 7. Residuos sólidos orgánicos de truchas (espinazo, fragmentos de músculos, colas).



Fotografía 8. Equipo de molienda para la formación de pasta cruda de pescado.



Fotografía 9. Modelo de planta piloto de procesamiento de residuos orgánicos de origen truchícola.



Fotografía 10. Sistema de tratamiento de residuos sólidos orgánicos de pescado y efluentes para su utilización en harina residual y aceite de pescado.



Fotografía 11. Instalaciones de truchas en sector Faro Pomata sur del lago Titicaca, Puno (cortesía de Titikaka Trout Perú, Lic. Henry Maquera).



Fotografía 12. Lic. Yanet Chara Galindo, Gerente General de Titikaka Trout Peru S.C.R. L.



UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL
ALTIPLANO - PUNO

ESCUELA DE
POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

DOCTORADO EN
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y
MEDIO AMBIENTE



"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

Puno, 01 de marzo de 2022

CARTA N° 001 - 2022-DCTMA-UPGFIM-EPG-UNAP

Señor:

Presidente de la Asociación de Productores de Truchas y Cuerpo Directivo
Sector Faro-Pomata

PRESENTE.-

De mi Consideración

Es grato dirigirme a usted, para expresarle un cordial saludo y a la vez hacer de su conocimiento que dentro del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, se realizan investigaciones conducentes a la realización de tesis doctorales y publicación de artículos científicos en revistas indexadas.

Habiéndose aprobado el Proyecto de tesis titulado "**MODELACIÓN MATEMÁTICA, DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE TRUCHAS (ONCORHYNCHUS MYKISS), Y SU EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LOS DISTRITOS DE JULI Y POMATA DE LA REGIÓN PUNO**", desarrollado por el Mg. **José David Velezvia Díaz** del Doctorado en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y teniendo la necesidad de recolección de datos para la ejecución del mencionado proyecto es que me permito solicitarle tenga a bien autorizar y brindar las facilidades del caso para aplicar los instrumentos de investigación.

Agradezco la atención que le brinde a la presente y hago propicia la oportunidad para expresarle mis deferencias personales.

Atentamente,



UNA
PUNO

Firmado digitalmente por DURANT
BRODEN Jorge Gabriel FAU
221454991710.html
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 01.03.2022 13:25:35 -05:00

Dr. JORGE GABRIEL DURANT BRODEN
Director de la Unidad de Posgrado de la
Facultad de Ingeniería de Minas
EPG-UNA-Puno

Cc: Archivo 2022
JGD/B/abpp

Dirección: Ciudad Universitaria - Av. Floral N°1455
Sitio Web: <http://www.posgradounap.pe>

Teléfono: (051) 363543
E-mail: epg.investigacion@unap.edu.pe



UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL
ALTIPLANO - PUNO

ESCUELA DE
POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

DOCTORADO EN
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y
MEDIO AMBIENTE



"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

Puno, 01 de marzo de 2022

CARTA N° 002 - 2022-DCTMA-UPGFIM-EPG-UNAP

Señor:

*Presidente de la Asociación de Productores de Truchas y Cuerpo Directivo
Sector Chukasuyo Kajje-Juli.*

PRESENTE.-

De mi Consideración

Es grato dirigirme a usted, para expresarle un cordial saludo y a la vez hacer de su conocimiento que dentro del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, se realizan investigaciones conducentes a la realización de tesis doctorales y publicación de artículos científicos en revistas indexadas.

Habiéndose aprobado el Proyecto de tesis titulado "MODELACIÓN MATEMÁTICA, DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE TRUCHAS (ONCORHYNCHUS MYKISS), Y SU EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LOS DISTRITOS DE JULI Y POMATA DE LA REGIÓN PUNO", desarrollado por el Mg. José David Velezvia Díaz del Doctorado en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y teniendo la necesidad de recolección de datos para la ejecución del mencionado proyecto es que me permito solicitarle tenga a bien autorizar y brindar las facilidades del caso para aplicar los instrumentos de investigación.

Agradezco la atención que le brinde a la presente y hago propicia la oportunidad para expresarle mis deferencias personales.

Atentamente,



UNA
PUNO

Firmado digitalmente por DURANT
BRODEN Jorge Gabriel FGAJ
22145498170 Issad
Módulo: Soy el autor del documento
Fecha: 01.03.2022 13:26:32 -05:00

Dr. JORGE GABRIEL DURANT BRODEN
Director de la Unidad de Posgrado de la
Facultad de Ingeniería de Minas
EPG-UNA-Puno

Cc: Archivo 2022
JGDB/abpp

Dirección: Ciudad Universitaria – Av. Floral N°1455
Sitio Web: <http://www.posgradounap.pe>

Teléfono: (051) 363543
E-mail: epg.investigacion@unap.edu.pe