



ARTÍCULO ORIGINAL

MODELACIÓN MATEMÁTICA PARA UN SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE TRUCHAS (*Oncorhynchus mykiss*) E IMPACTO AMBIENTAL

MATHEMATICAL MODELING FOR A TROUT (*Oncorhynchus mykiss*) ORGANIC SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM AND ENVIRONMENTAL IMPACT

José David Velezví Díaz¹ Edilberto Velarde Coaquira²

¹Facultad de Ciencias Biológicas ²Facultad de Ingeniería Agrícola
Universidad Nacional del Altiplano. Puno Perú Av. Floral 1153

RESUMEN

Se modeló matemáticamente la generación de residuos sólidos orgánicos de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) para diseñar un sistema de gestión de residuos y evaluar los impactos ambientales. Las variables de estudio fueron el peso, la producción y el rendimiento de canal en empresas pesqueras de Juli y Pomata región Puno. Se empleó la regresión lineal múltiple y los supuestos de linealidad, independencia, homocedasticidad, normalidad y multicolinealidad para validación del modelo, así como la aplicación de las normas ISO 9001:2015 y la matriz de Leopold modificada. Un muestreo probabilístico estratificado fue aplicado en 17 empresas de la comunidad de Chukasuyo Juli y 29 en Faro Pomata. Los modelos fueron: Juli $\hat{Y} = 32315,99 - 1973,66X_2 + 0,32X_3 - 421,83X_5$ ($R^2 = 97,0\%$) y Pomata $\hat{Y} = 9560,59 + 4111,66X_2 + 0,41X_3 - 207,16X_5$ ($R^2 = 97,0\%$), y para la gestión de residuos se diseñó un mapa de procesos. Juli y Pomata mostraron interés en elaborar abonos y ensilados 36 % y 17 %, snacks 17 % y 4 %, ácidos grasos 35 % y 10 %, y vitaminas 12 % y 4 %, respectivamente. Los impactos ambientales evaluados fueron litoral lacustre 65 % y 42 %, suelos agrícolas 88 % y 31 %, pastizales 53 % y 48 %, fauna silvestre 50 % y 23 %, y paisaje 65 % y 41 % en las empresas estudiadas. Conclusión, es posible predecir los residuos sólidos orgánicos de truchas para diseñar un sistema de gestión y evaluar los impactos ambientales derivados de la actividad acuícola.

Palabras clave: Impacto ambiental, modelo matemático, residuos orgánicos, sistema de gestión.

ABSTRACT

Solid organic waste generation from trout (*Oncorhynchus mykiss*) was mathematically modeled to design a waste management system and assess environmental impacts. The study variables were the weight, the production and the yield of the carcass in fishing companies of Juli and Pomata, Puno region. Multiple linear regression and the assumptions of linearity, independence, homoscedasticity, normality, and multicollinearity were used to validate the model, as well as the application of ISO 9001:2015 standards and the modified Leopold matrix. A stratified probabilistic sampling was applied to 17 companies in the Chukasuyo Juli community and 29 in Faro Pomata. The models were: Juli $\hat{Y} = 32315,99 - 1973,66X_2 + 0,32X_3 - 421,83X_5$ ($R^2 = 97,0\%$) and Pomata $\hat{Y} = 9560,59 + 4111,66X_2 + 0,41X_3 - 207,16X_5$ ($R^2 = 97,0\%$), and for waste management a process map was designed. Juli and Pomata showed interest in making fertilizers and silage 36 % and 17 %, snacks 17 % and 4 %, fatty acids 35 % and 10 %, and vitamins 12 % and 4 %, respectively. The environmental impacts evaluated were lake shoreline 65 % and 42 %, agricultural soils 88 % and 31 %, grasslands 53 % and 48 %, wildlife 50 % and 23 %, and landscape 65 % and 41 % in the companies studied. Conclusion, it is possible to predict the organic solid residues of trout to design a management system and evaluate the environmental impacts derived from the aquaculture activity.

Keywords: Environmental impact, mathematical model, organic waste, management system.

*Autor para correspondencia: jdvelezvia@unap.edu.pe
ORCID: [0000-0002-5271-887X](https://orcid.org/0000-0002-5271-887X)

Downloadable from : <http://revistas.unap.edu.pe/epg>

Av. Floral Nº 1153, Ciudad Universitaria, Pabellón de la Escuela de Posgrado, tercer piso oficina de Coordinación de Investigación. Teléfono (051) 363543



INTRODUCCIÓN

En el lago Titicaca Puno, laguna de Arapa y Lagunillas principalmente, y en piscigranjas rurales se cosechan 44098,55 t/año de truchas arcoíris. En particular, en el sur de dicho lago se obtienen 29477,99 t/año, el 73 % corresponde a los distritos de Chucuito, Juli y Pomata de las provincias de Chucuito y Yunguyo (DIREPRO PUNO 2021).

Como resultado del faenamiento de truchas se generan residuos sólidos orgánicos que alcanzan 20726,32 t/año (DIREPRO PUNO 2019), los cuales, se componen por 1326,5 t de vísceras, 1768,7 t de cabeza, cola y huesos y, 1061,2 t de recortes y aletas.

Los residuos de truchas en la región Puno están aumentando a la par de las cosechas (DIREPRO PUNO 2018), por lo cual resulta de interés científico encontrar modelos matemáticos que permitan conocer la evolución de dichos residuos para diseñar sistemas de gestión que permitan utilizar productos de innovación comestibles y, subproductos derivados de la biotecnología, protegiendo el medio ambiente de los residuos hidrobiológicos durante la etapa de disposición final.

Las variables de importancia fueron el peso de la trucha al momento de la cosecha, la producción y, el rendimiento de la canal.

Las investigaciones de modelos matemáticos en residuos sólidos orgánicos de truchas son limitados. Sin embargo, (Llerena & Aranda 2017), hallaron modelos para la producción de aceite de anchoveta (*Engraulis ringens*). (Piña 2016; Larreategui & Banchón 2014; Rodríguez 2004), hicieron lo mismo para la industria pesquera. En cuanto a sistemas de gestión de residuos sólidos existe literatura (Norma Española UNE-EN ISO 9000 2005; Spinoza & *et al.* 2008; Zeta *et al.* 2013, Binner *et al.* 2016; Arce & Rojas 2017), así como en el desarrollo de subproductos de innovación y enmiendas (Meza & Paredes 2019). Adicionalmente, se conoce acerca de la purificación de enzimas por biotecnología (Lopez & Sampredo 1977;

Gutiérrez-Correa 1996; Núñez 2014; Sifuentes 2018), destacaron que los residuos y descartes orgánicos de pescados contienen valor agregado (FAO 1983). En dicho contexto, se obtuvieron vitaminas, minerales y enzimas (Villena 2002, 2006), concentrados proteicos, harina residual y aceite residual (Aderaldo *et al.* 2011), ensilados (Churacutipa 2016), abonos y bioles (Florez 2017), así como hidrolizados (Hleap & Gutiérrez 2017; Sifuentes *et al.* 2018).

Actualmente, la industria se esfuerza en el diseño de plantas y equipos para el tratamiento de residuos biológicos (Grupo Vento 2018; Rojas 2020; Palomino 2021), con la finalidad de reducir los impactos ambientales (MINAM 2015; Gutiérrez 2018).

Los objetivos fueron modelar matemáticamente la generación de residuos sólidos de truchas para diseñar un sistema de gestión y evaluar los impactos ambientales en los entornos de las empresas acuícolas de los distritos de Juli y Pomata región Puno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de Estudio

Se realizó en la comunidad de Chukasuyo del distrito de Juli, coordenadas geográficas 16° 11'43" S y 69° 25' 48" O, y sector Faro distrito de Pomata 16° 14' 17,29" S y 69° 20' 10,51" O al sur del lago Titicaca Puno, provincia de Chucuito, región Puno (Ministerio de la Producción 2007).

Descripción de Métodos

La investigación comprendió los meses de julio 2021 a marzo 2022, el muestreo se realizó en 17 empresas de Chukasuyo Juli y 29 del sector Faro Pomata, con 46 entrevistados aplicando el programa IBM SPSS Statistics 25 y Excel Office 16.

El modelo matemático se obtuvo por regresión lineal múltiple ($p < 0,05$), el instrumento se validó mediante el coeficiente de Cronbach ($\alpha = 0,63$) de acuerdo al método de varianza de ítems. Se seleccionaron las variables aplicando el método Stepwise, peso al momento de cosecha, producción, rendimiento de la canal para conocer la influencia en la variable dependiente

generación de residuos sólidos orgánicos de truchas.

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum V_i}{V_T} \right] \quad (\text{Camones 2019})$$

α de Cronbach, K número de ítems, V_i varianza de cada ítem, V_T varianza del total.

El diseño de gestión de residuos sólidos orgánicos se realizó mediante el mapa de procesos, adaptado a la (Norma ISO 9001: 2015).

Para la evaluación del impacto ambiental se empleó la matriz de Leopold modificada con soporte de la prueba de media (Quijano 2013).

Recolección de Datos

El instrumento tuvo 19 preguntas formulado con 15 ítems en Escala de Lickert (Vargas & Hernández 2010), 6 preguntas para modelación matemática, 5 para el diseño del sistema de gestión, y 8 para la evaluación del impacto ambiental.

Los modelos matemáticos de regresión lineal múltiple se ajustaron a la función $\hat{Y} = f(x)$.

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelo Matemático de Residuos de Truchas de Empresas del Distrito de Juli

El modelo matemático para Juli es:

$$\hat{Y} = 32315,99 - 1973,66X_2 + 0,32X_3 - 421,83X_5$$

$$R_{aj}^2 = 97,0 \%$$

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

X_2 = Peso de truchas (Kg)

X_3 = Producción de truchas (Kg/año)

X_5 = Rendimiento de la canal (%)

El modelo indica que por cada Kg/año adicional que hay en el peso de truchas X_2 , los residuos disminuirán en 1973,66 Kg/año permaneciendo constante la otra variable; por cada Kg/año adicional que hay en la producción X_3 , los residuos aumentarán en 0,32 Kg/año permaneciendo constante la otra variable; por cada porcentaje adicional que hay en el rendimiento de la canal X_5 , los residuos disminuirán en 421,83 Kg/año permaneciendo constante la otra variable. (Altamirano 2013; Piña 2016), desarrollaron

un modelo de gestión de truchas empleando variables económicas. (Torres & Grandas 2017), calcularon la producción de trucha estimando 504 t/año los residuos generados en el lago Tota de Colombia. (Folke & Kautsky 1989; Buschmann *et al.* 1996), descubrieron que el 75 % del alimento suministrado a las truchas se convierten en forma de nitrógeno, fósforo, carbono, pérdidas de alimento no capturado, alimento no digerido y productos de excreción.

Los residuos sólidos orgánicos de truchas se relacionaron significativamente con las variables ($p = 0,000$), a pesar que ello no implicó necesariamente que la relación sea óptima, el $R_{aj}^2 = 97,0 \%$ resultó significativo (Daza 2006; Roldán 2019).

Las pruebas adicionales presentaron significancia ($p = 0,000$), para los parámetros del modelo de regresión lineal múltiple, validado por los coeficientes de regresión estimados y la prueba t correspondiente que justificaron su inclusión mediante el nivel de significancia (Goldberger & Wooldridge 2001).

Para la normalidad, tamaño de muestra menor a 30 se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk.

la cual reflejó un valor $p = 0,451$, lo que permitió concluir que se acepta la hipótesis nula, que los residuos de truchas siguen una distribución normal (Vilar 2006).

Los valores VIF los cuales indican valores menores de 5 ó 10, permiten discernir la no existencia de problemas serios de multicolinealidad (Goldberger & Wooldridge 2001).

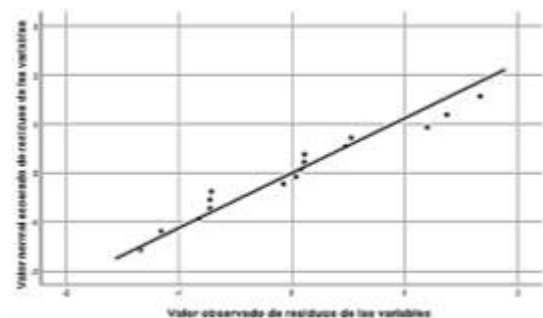


Figura 1. Probabilidad normal del modelo de residuos orgánicos de truchas del distrito de Juli.

La Figura 1 muestra la prueba de probabilidad normal de los residuos (Daza 2006).

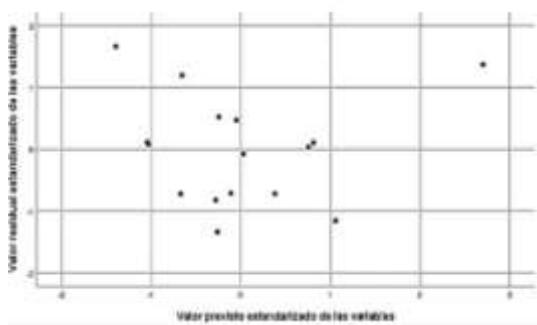


Figura 2. Análisis de los residuos de valores estimados de variables, distrito de Juli

En la Figura 2 se aprecia los valores de varianza constantes y cumple con el supuesto de homocedasticidad (Goldberger & Wooldridge 2001). En cuanto a la autocorrelación, la matriz de varianza y de covarianza de coeficientes no está subestimada, y los residuos de truchas no están correlacionados positivamente (Goldberger & Wooldridge 2001).

Modelo Matemático de Residuos de Truchas de Empresas del Distrito de Pomata

El modelo matemático para Pomata es:

$$\hat{Y} = 9560,59 + 4111,66X_2 + 0,41X_3 - 207,16X_5$$

$$R^2_{aj} = 97,0 \%$$

El modelo refiere que por cada Kg/año adicional que hay en el peso de las truchas X_2 , los residuos aumentarán en 4111,66 Kg/año permaneciendo constante la otra variable; por cada Kg/año adicional que hay en la producción X_3 , los residuos aumentarán en 0,41 Kg/año permaneciendo constante la otra variable; por cada porcentaje adicional que hay en el rendimiento de la canal X_5 , los residuos disminuirán en 207,16 Kg/año permaneciendo constante la otra variable. (Varón *et al.* 2015), por programación lineal establecieron los flujos de residuos para residuos sólidos urbanos, considerando la recolección, recuperación de materiales y las restricciones establecidas. (Larreategui & Banchón 2014), por ajuste polinomial optimizaron la utilización de residuos en el proceso de compostaje, tanto en calidad, tiempo de producción y disminución de la huella de carbono. (Rodríguez 2004), halló un modelo de generación de residuos sólidos municipales aplicando el índice de generación por vivienda y el índice de generación por

unidad económica.

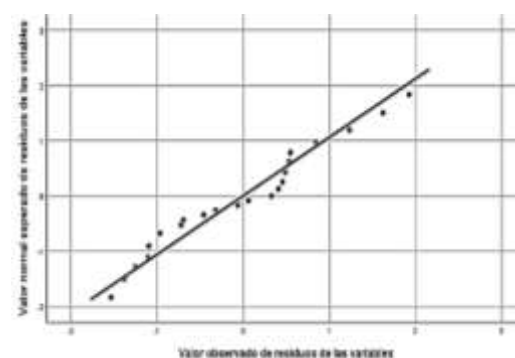


Figura 3. Probabilidad normal del modelo de residuos sólidos de truchas, distrito de Pomata.

La Figura 3 muestra la probabilidad normal del modelo de residuos de truchas, y confirma que el modelo es confiable (Goldberger & Wooldridge 2001; Vilar 2006; Wooldridge 2006).

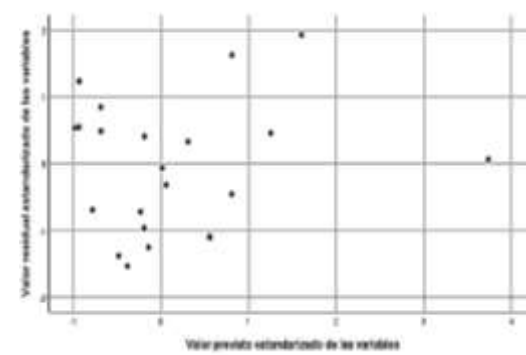


Figura 4. Análisis de residuos de valores estimados de variables, distrito de Pomata.

En la Figura 4 se observa la inexistencia de un patrón sistemático entre las 2 variables y la no existencia de heterocedasticidad puesto que los valores de varianza fueron constantes en todas las observaciones. Por lo cual, se cumple el supuesto de homocedasticidad (Goldberger & Wooldridge 2001). En cuanto a la autocorrelación, los índices de Durbin-Watson no mostraron evidencias estadísticas que los términos de error estén autocorrelacionados positiva o negativamente. La matriz de varianza y covarianza de los coeficientes no estuvieron subestimados ni sobreestimados, es decir, los residuos sucesivos no están correlacionados, requisitos necesarios para validar la normalidad y confianza del modelo (Goldberger & Wooldridge 2001).

Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Orgánicos de Truchas

El sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos y efluentes de truchas permite planificar, gestionar, verificar la calidad del

producto, investigar, desarrollar e innovar (Altamirano 2013). Considera el valor del recurso humano, la verificación del producto y la reducción de la materia prima en la cadena de valor durante el faenamiento (Norma ISO 9001: 2015; DIREPRO PUNO 2021).

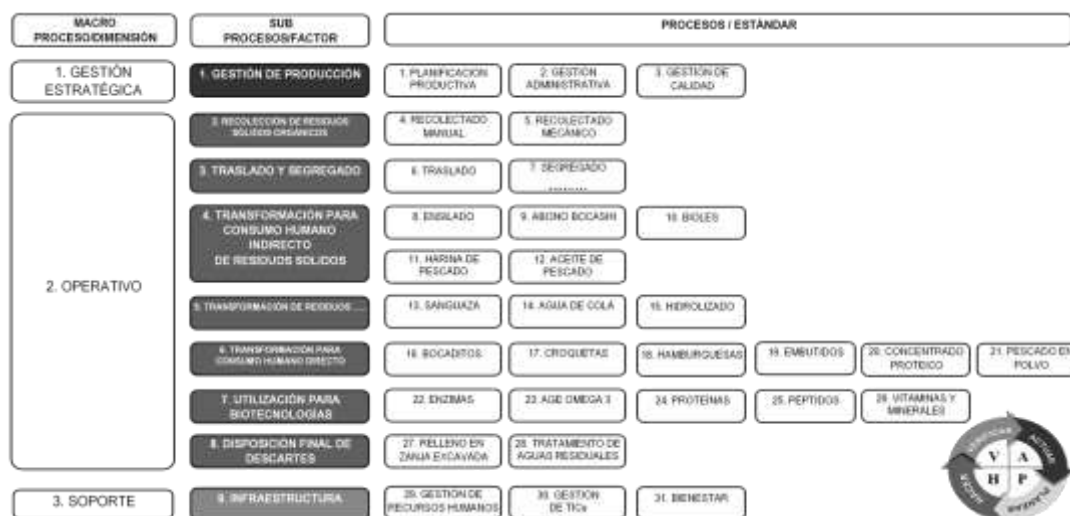


Figura 5. Propuesta de diseño de sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) para empresas de distritos de Juli y Pomata, región Puno.

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

La Figura 5 ilustra los macro procesos estratégico, operativo y de soporte, y los subprocesos de gestión de producción, que implica la planificación productiva, la gestión administrativa y la gestión de la calidad. Se destaca el macro proceso operativo y los sub procesos de recolección de residuos, el traslado y segregado, la transformación para consumo humano indirecto de residuos y

efluentes, la transformación para consumo humano directo, la utilización por biotecnologías y la disposición final de los descartes. En cuanto, al macro proceso de soporte, incorpora la infraestructura, la gestión de recursos humanos, la gestión de las tecnologías de información y comunicación y el bienestar (Norma ISO 9001:2015; Norma Española UNE-EN ISO 9000: 2005).

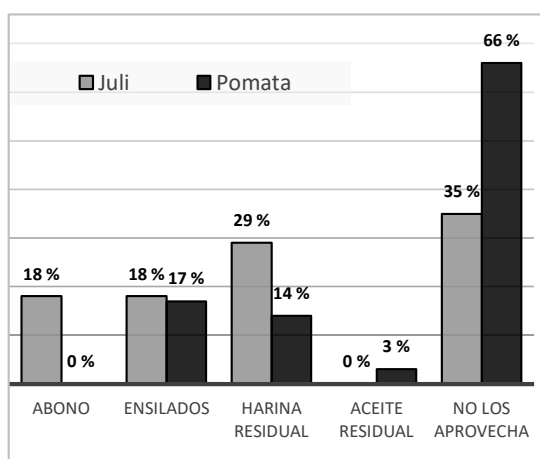


Figura 6. Subproductos de truchas de interés en productores de los distritos de Juli y Pomata (%).

La Figura 6 refleja el interés de los

productores de Juli para elaborar subproductos a partir de residuos de trucha. El 36 % abonos y ensilados, el 29 % harina residual, y el 35 % no aprovecharía los residuos. (Churacutipa 2016) elaboró ensilado biológico a partir de residuos de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Las condiciones que maximizan el grado de hidrólisis de vísceras de Tilapia roja-Alcalasa 2,4 L, evalúa la velocidad de agitación de 982 rpm y la concentración de grasa en vísceras de 2,0 %, para obtener hidrolizados con grado de hidrólisis de 9,5 % (Gómez & Zapata 2017).

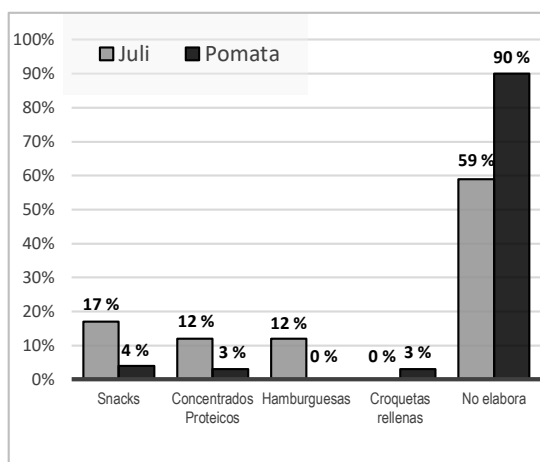


Figura 7. Subproductos comestibles de interés de productores, distritos de Juli y Pomata (%).

La Figura 7 destaca el interés del 17 % de los productores de Juli en elaborar bocadillos (snacks) de truchas, 12 % concentrados proteicos, 12 % hamburguesas y 59 % no desean elaborar ningún subproducto. Por su parte, el 4 % de los productores de Pomata, tienen interés de elaborar snacks, 3 % concentrados proteicos, el 3 % croquetas rellenas y el 90 % no desean elaborar ningún subproducto. Los recortes y piel son utilizados directamente como alimento o transformados en salchichas, tortas, bocadillos, gelatina y salsas de pescado y otros productos destinados al consumo humano (Senevirathne & Kim 2012).

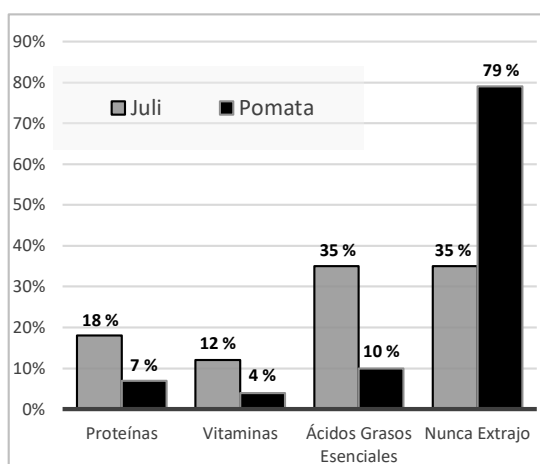


Figura 8. Descartes de trucha aprovechables de interés de productores por biotecnología, distritos de Juli y Pomata (%).

La Figura 8 los productores de Juli si aplicaran biotecnología, el 12 % extraerían vitaminas, el 18 % proteínas y el 35 % ácidos grasos esenciales, en tanto, el 35 % no le interesa

obtener ningún compuesto. Para Pomata, el 4 % de productores desearían obtener vitaminas, el 7 %, proteínas, el 10 % ácidos grasos esenciales, el 79 % no extraería compuesto alguno. Investigaciones demostraron la obtención de celulosa a partir de biopelículas mixtas de hongos filamentosos (Villena 2002), y la producción de enzimas a partir de la fermentación por adhesión a superficies de biopelículas de *Aspergillus niger* (Villena 2006).

Impacto Ambiental

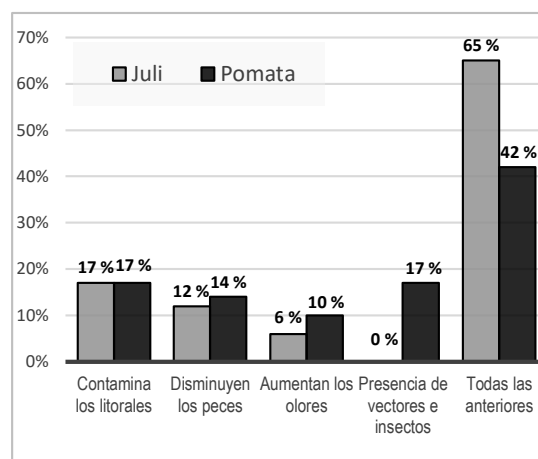


Figura 9. Impacto ambiental de residuos en litoral lacustre de Juli y Pomata (%).

La Figura 9 destaca que en el litoral inciden impactos ambientales de 65 % para Juli y 42 % para Pomata. Estos resultados difieren en escala, de los impactos en agua, aire, suelo y paisaje en implementación de proyectos acuícolas, según la cual la matriz de Leopold modificada indica $(+56)^{+78}$ para Juli y $(+68)^{+82}$ para Pomata (Gutiérrez 2018; Quispe 2019).

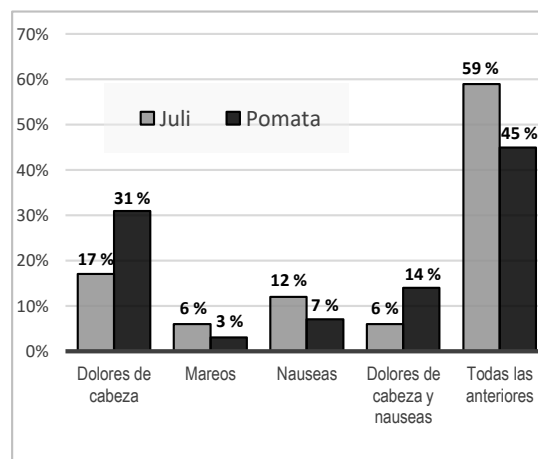


Figura 10. Impacto ambiental de residuos en el aire aledaños a los distritos Juli y Pomata (%).

En la Figura 10 los impactos ambientales en el aire alcanzan el 59 % para Juli y 45 % para Pomata. Al respecto, los residuos de pescados generan impactos ambientales negativos en el aire (Dávila & Espinosa 2018).

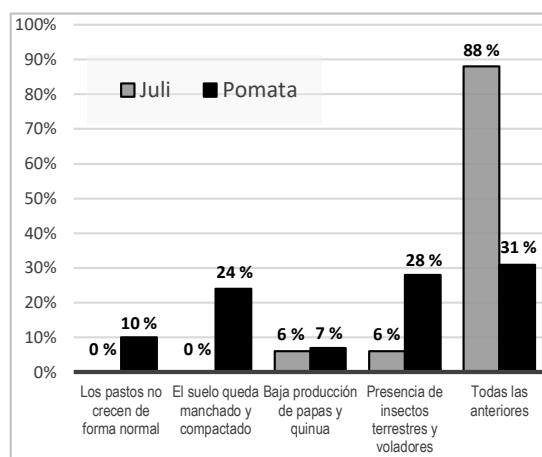


Figura 11. Impacto ambiental de los residuos en suelos agrícolas de Juli y Pomata (%).

La Figura 11 señala los efectos presentados en suelos agrícolas de 88 % Juli y 31 % para Pomata. Se evidencia que efluentes (agua de lavado del pescado y sanguaza), pueden ser tratados por medio físicos y químicos, y biológicos para la recuperación de los sólidos suspendidos (García *et al.* 2009).

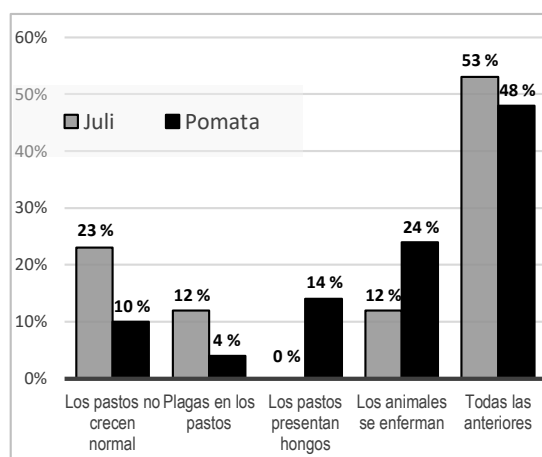


Figura 12. Impacto ambiental de residuos en pastizales en distritos de Juli y Pomata (%).

La Figura 12 expresa que los pastizales son afectados en 53 % para Juli y 48 % para Pomata. En el sector de producción truchícola, el impacto ambiental de cosechas de truchas, tuvieron incidencia como resultado del manejo de dicha especie en el factor pasto, obteniendo una valoración de -2 puntos con calificación regularmente malo en una escala

de -1 hasta -5, lo cual equivale en escala al 40 % de los impactos ambientales negativos (Gutiérrez 2018).

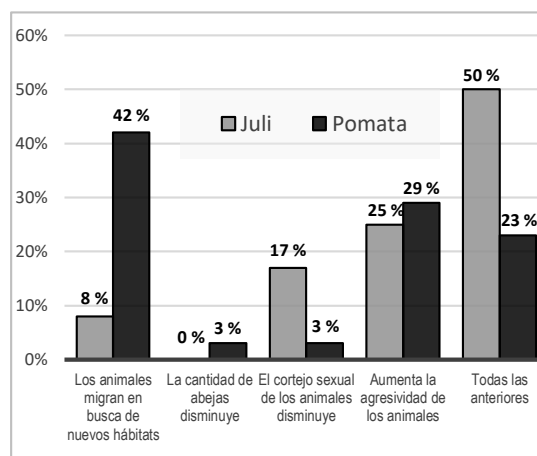


Figura 13. Impacto ambiental de residuos en fauna silvestre en distritos de Juli y Pomata (%).

La Figura 13 muestra impactos en la fauna silvestre de 50 % para Juli y 23 % para Pomata. Los impactos ambientales resultan de las acciones antrópicas (Hernández 2020).

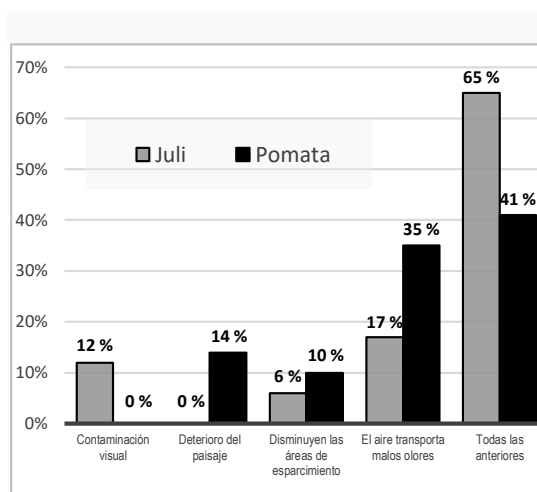


Figura 14. Impacto ambiental de residuos en el paisaje en distritos de Juli y Pomata (%).

La Figura 14 destaca al paisaje afectado en 65 % para Juli y 41 % para Pomata. Los efectos ambientales en el entorno inciden como resultado de la incineración de residuos orgánicos y del inadecuado tratamiento de los efluentes (Buschmann *et al.* 1996; Gutiérrez 2018).

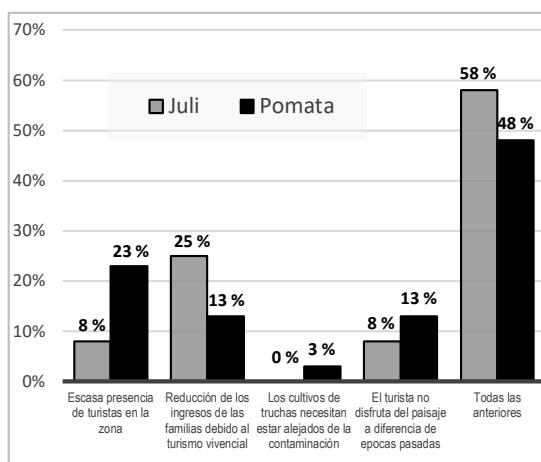


Figura 15. Impacto ambiental de residuos en el turismo en distritos de Juli y Pomata (%).

La Figura 15 exhibe el turismo el cual, recibe impactos de 58 % para Juli y 48 % para Pomata (García *et al.* 2009; Gutiérrez 2018).

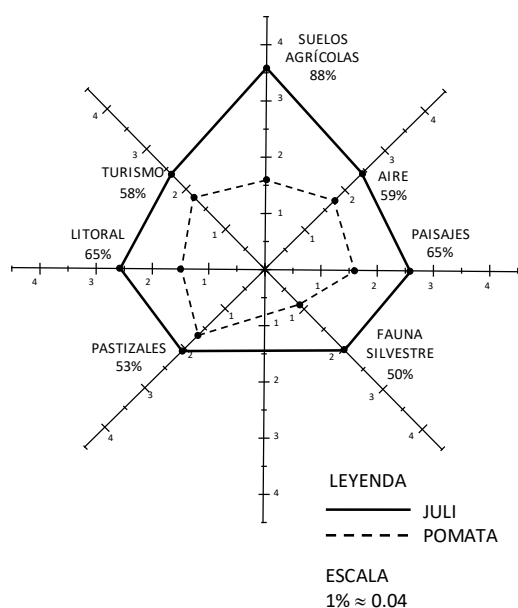


Figura 16. Escala comparativa de impactos ambientales en empresas pesqueras de Juli y Pomata.

La Figura 16 muestra los impactos en el entorno de las empresas de Juli y Pomata. Juli destaca con mayores impactos, debido a la inadecuada disposición final de los residuos (Gutiérrez 2018) lo cual, requiere de la observancia a las normas (Norma Española UNE-EN ISO 9000: 2005; Norma ISO 9001: 2015), a efectos de aprovechar en obtención de biogás y bioles (Meza & Paredes 2019), o llevar a cabo un plan de capacitación de manejo de residuos adecuados con el programa de las 9R (Ivorra 2021).

CONCLUSIONES

Los modelos matemáticos de tipo empírico asociaron los residuos sólidos orgánicos de truchas con las variables de estudio: peso al momento de la cosecha, producción y rendimiento de la canal para un sistema de gestión de residuos que aprovecha el desarrollo de subproductos de innovación, reduciendo los impactos ambientales en zonas circundantes a las empresas de Juli y Pomata.

AGRADECIMIENTOS

Al Lic. Edwin Marca Director de la Dirección Regional de Producción Puno mi gratitud por el contacto con las asociaciones de productores de truchas.

Especial gratitud a la Lic. Yanet Chara Gerente General de Titikaka Trout Peru S. C. R. L. Faro Pomata, por su ayuda en la capacitación y recolección de datos, así como a Yoni Choque secretario de la asociación.

Al Lic. Yohe Gómez Presidente de la asociación de productores de la comunidad de Chukasuyo Juli, por su apoyo durante las entrevistas a los empresarios de truchas.

REFERENCIAS

- Aderaldo J., Passos M., Fuentes J., Martins J. 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. www.ccarevista.ufc.br
- 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. Universidad Nacional José María Arguedas.
- Arce Y., Rojas P. 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.

- 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. Universidad Nacional Agraria La Molina. Fondo Editorial UNALM, 186 pp.
- 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.
- Camones, E. 2019. ¿Cómo calcular el alfa de Cronbach?. <https://www.youtube.com/watch?v=dcNJ5ZhVJJM>
- Churacutipa M. 2016. Obtención de un ensilado biológico a partir de residuos de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Universidad Nacional del Altiplano.
- Dávila A., Espinosa 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.
- Daza J. 2006. Estadística aplicada con microsoft excel . Estadística Empresarial. Primera Edición. Grupo Editorial. Lima, Peru: Grupo Editorial Megabyte. S.A.C. Lima, Perú. pág. 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 D. et al.). 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 orgánicas en la agricultura de América Latina. Boletín de Suelos de la FAO N° 51. *Boletín de Suelos de la FAO* <http://www.fao.org/3/a-ar127s.pdf>
- Florez M. 2017. Elaboración de biofertilizante líquido utilizando subproductos del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- 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 C., Pacheco R., Valdez S., Márquez, E., Lugo M., Ezquerro J. 2009. Impacto del agua de cola de la industria pesquera: Tratamientos y usos. En *CYTA - Journal of Food* (Vol. 7, Issue 1, pp. 67–77). <https://doi.org/10.1080/11358120902850412>
- Goldberger A., Wooldridge F. 2001. Multicolinealidad, heterocedasticidad, autocorrelación. Corporación Universitaria Asturias. Red SUMMA. pp. 12. https://www.centrovirtual.com/recursos/biblioteca/pdf/econometria/unidad3_pdf1.pdf
- Grupo Vento 2018. Eliminar los residuos de la industria pesquera. <https://evaporadoresindustriales.grupovento.com/eliminar-los-residuos-liquidos-de-la-industria-pesquera/>
- 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.*). *Información Tecnológica*, 28(4), 47–56. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400007>
- Gutiérrez S. 2018. Influencia de la producción de trucha en el impacto ambiental en la región de Puno 2017. Universidad Nacional del Altiplano.
- 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.
- Hernández M. 2020. Evaluación de impacto ambiental. Matriz de Leopold. <https://www.youtube.com/watch?v=KK73DuvacW0>
- Hleap J., Gutiérrez C. 2017. Hidrolizados de pescado-producción, beneficios y nuevos avances en la industria. - Una revisión. En *Acta Agronómica* (Vol. 66, Issue 3). Universidad Nacional de Colombia. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n3.52595>
- 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,
- Larreategui, E., Banchon, C. 2014. Un modelo matemático para la reducción del tiempo de compostaje. *Enfoque UTE*, 5(2), 29–37. <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>
- Lopez M., Sampredo G. 1977. Fabricación de hidrolizados de proteína de pescado. *Investigación Pesquera*.
- Llerena T., Aranda D. 2017. Extracción y caracterización del aceite crudo obtenido de un hidrolizado enzimático de residuos frescos de anchoveta (*Engraulis ringens*). *Anales Científicos*, 78(1), 34. <https://doi.org/10.21704/ac.v78i1.858>
- Meza V., Paredes E. 2019. Curso taller de alta especialización en gestión de residuos sólidos y valorización de residuos orgánicos para la producción de abonos. 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 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. pág. 160
- 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. pág. 32.
- Norma ISO 9001: 2015. Sistemas de gestión de la calidad. *Norma Internacional*. Quinta Edic. 29. https://www.redalyc.org/pdf/2110/211026873005.pdf%0Ahttp://www.itvalledelguadiana.edu.mx/ftp/Normas_ISO/ISO9001-2015_Sistemas_de_Gestión_de_la_Calidad.pdf
- Núñez 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>
- Ministerio del Ambiente 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.
- 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. pp. 132. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/17581>
- 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, pp. 63. <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/42040>
- Quijano, Y. 2013. Prueba de Hipótesis para la media. Obtenido de Archivo de video: Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v>

[=AJcy4eZMwWM](#)

- 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. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3722> [oai:172.16.0.151:UNJBG/3722](https://oai.172.16.0.151:UNJBG/3722)
- Rodríguez M. 2004. Diseño de un modelo matemático de la generación de residuos sólidos municipales en Nicolás Romero, México. 1–92.
- Roldán P. 2019. Modelo matemático. Diccionario económico. Matemáticas. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/modelo-matematico.html>
- Rojas D. 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
- Senevirathne M. y Kim S. 2012. Development of bioactive peptides from fish proteins and their health promoting ability. *Advances in food and nutrition Research*, 65: 235–248. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416003-3.00015-9>
- Shapiro S., Wilk M. 1972. An analysis of variance test for the exponential distribution (complete samples). *Technometrics*, 14(2), 355–370.
- Sifuentes G., León S., Castillo A. 2018. Hydrolysis of proteins from anchovy (*Engraulis ringens*) whole by action of the PROTAMEXTM enzyme. Escuela Académica de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa. Chimbote, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 93–102. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.10>
- 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>
- 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
- Vargas, C., & Hernández, L. 2009. Validez y confiabilidad del cuestionario .Prácticas de cuidado que realizan consigo mismas las mujeres en el posparto. *Av. Enfermería*, 28(1), 96–106. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/avenferm/article/view/15659/18162>
- Varón K., Orejuela J., Manyoma P. 2015. Modelo matemático para la ubicación de estaciones de transferencia de residuos sólidos urbanos. *Revista EIA*, 12(23), 61–70. <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n23/n23a06.pdf>
- Vilar J. 2006. Modelos estadísticos aplicados. Publicación de la UDC, pp. 22. http://eio.usc.es/eipc1/Base/Basemaster/Formularios-PHP-Dpto/Materiales/Mat_50140129_RegresionMultiple.pdf
- Villena G. 2002. Producción de celulasas con biopelículas mixtas de hongos filamentosos. Tesis de *Magister Scientiae* en Tecnología de alimentos. Escuela de Posgrado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. pp. 85
- Villena G. 2006. Fermentación por adhesión a superficies: Biopelículas de *Aspergillus niger* para la producción de enzimas. Ph. D. Escuela de Postgrado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. pp. 191
- Wooldridge J. 2006. Introducción a la

econometría. Un enfoque moderno. 4ta. Edic. Editorial Paraninfo.
https://www.academia.edu/30200962/Introducci%C3%B3n_A_La_Econometr%C3%ADa_4edi_Wooldridge

Zeta J., Ipanaque Z., Lazo L., Negrón J., Solar L. 2013. Diseño del sistema de gestión de residuos sólidos para la UDEP-Campus Piura. Universidad de Piura.
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1715/PYT_Informe_Final_DSGRS.pdf?sequence=1&isAllowed=y