

# Conversión y análisis matemático de los desechos de huesos de cerdo para la obtención de harina en la empresa INVERGEP S.A.C.

## Conversion and mathematical analysis of pork bone waste to obtain meal in the company INVERGEP S.A.C.

Recibido: 19 de febrero de 2023 | Revisado: 27 de febrero de 2023 | Aceptado: 20 de marzo de 2023

Rafael Cleto Chuquicondor Villafuerte<sup>1</sup>  
Donato Lázaro Pomar Huamaliano<sup>2</sup>  
Leonardo Dante Acuña Delgado<sup>3</sup>  
Osía Pomar Huamaliano<sup>4</sup>

### Abstract

The investigation was carried out in the facilities of the solid waste treatment center of agro-industrial origin of the company INVERGEP S.A.C. In the background Bozas Aucallama district, Huaral province- Lima región. The objective is the conversion of the pig wet waste bone meal into dry bone meal and the mathematical modeling of the same. The design is non-experimental because it lacks intentional manipulation of the variables. The type of research is applied, with correlational and explanatory research level, the research approach is quantitative. The following variables were identified as variables: pig bone waste and bone meal as agricultural inputs. It is concluded that there is a relationship of 84% of wet bones and 16% of bone meal, which means that for every five parts of bones in wet base, one part of bone meal is obtained in dry base and in reference to the mathematical analysis, the P-value is less than 0.05, which means that there is a statistically significant relationship between bone meal and bone waste with a confidence level of 95%, in addition, the correlation coefficient is equal to 0.998248, which indicates a relatively strong relationship between the variables.

**Keywords:** Conversion, wet bone, agricultural bone meal.

### Resumen

La investigación se realizó en las instalaciones del centro de tratamiento de residuos sólidos de origen agroindustrial de la empresa INVERGEP S.A.C. En el fondo Bozas distrito de Aucallama, provincia de Huaral- Lima región. El objetivo es la conversión del deshecho de huesos en base húmeda de cerdo en harina de hueso base seca y el modelamiento matemático del mismo. El diseño es no experimental porque carece de manipulación intencional de las variables. El tipo de investigación es aplicada, con nivel de investigación correlacional y explicativa, el enfoque de la investigación es cuantitativo. Se identificaron como variables: desechos de huesos de cerdo y la harina de huesos como insumos agropecuarios. Se concluye que existe una relación de 84% de huesos húmedos y 16%, harina de huesos, quiere decir que por cada cinco partes de huesos en base húmedo se obtiene una parte de harina de huesos en base seca y en referencia sobre el análisis matemático es que el valor-P es menor que 0.05, quiere decir que existe una relación estadísticamente significativa entre harina de huesos y los desechos de huesos con un nivel de confianza del 95%, además que, el coeficiente de correlación es igual a 0.998248 lo que indica una relación relativamente fuerte entre las variables.

**Palabras Clave:** Conversión, huesos húmedos, harina de huesos de uso agropecuario.

Este artículo es de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial- ShareAlike 4.0 International



1 Invergep S.A.C. Lima, Perú  
Correo: rchuquicondor@unfv.edu.pe  
<https://orcid.org/0000-0003-0173-9256>

2 Invergep S.A.C. Lima, Perú  
Correo: donatopomar@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0003-1225-9781>

3 Invergep S.A.C. Lima, Perú  
Correo: dante15leo@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-6167-1110>

4 Invergep S.A.C. Lima, Perú  
Correo: osiaspomarh@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0008-0356-5097>

<https://doi.org/10.24039/rcvp2022121670>

## Introducción

La generación de subproductos o residuos en las diferentes etapas de los procesos productivos en las empresas agroindustriales genera como consecuencia un problema a nivel regional debido a que en la mayoría de los casos no son procesados o dispuestos adecuadamente, situación que contribuye al proceso de contaminación ambiental. Los residuos agroalimentarios poseen un alto potencial para ser aprovechados, como insumos para piensos y sales (Vargas y Pérez, 2018, p. 4).

De acuerdo con Cromwell (1992), citado por Ugaz (2019), en las dietas porcinas se pueden usar numerosos productos reciclados de origen animal. En general, estos subproductos de la industria del empaque de carne y del reciclaje son buenas fuentes de aminoácidos, calcio, fósforo y otros minerales, así como de vitaminas del complejo B. Los principales subproductos de origen animal usados en dietas porcinas son la harina de carne, harina de hueso, harina de pescado, productos deshidratados de sangre (harina de sangre, plasma secado por aspersión y glóbulos sanguíneos secados por aspersión (p. 23).

Hamilton et al. (2006), citado por Ramos (2010), sostiene que la acumulación y descomposición sin ningún control de los deshechos de la carne puede ocasionar un peligro biológico sustancial que amenaza al medio ambiente, la salud humana y animal. Estos materiales proveen condiciones óptimas para el desarrollo de organismos causantes de enfermedades que permiten el refugio de roedores, insectos y predadores en los puntos de disposición final como rellenos sanitarios y botaderos a cielo abierto (p.1).

De acuerdo con Bul-Bul y Bragg (1981), citado por (Ugaz, 2019), la harina de carne y hueso es una excelente fuente de minerales con una alta disponibilidad porcentual de calcio (90%), fósforo (93%), magnesio (84%), manganeso (73%), zinc (79%) y cobre (74%) respectivamente (p. 17).

Según Moquillaza (2018) actualmente en Lima existe un promedio de 35 mil toneladas/ día (tn/día) que incluye vísceras, cabezas, despojos de animales descartados del sector avícola y del sector pecuario. Por este motivo, se debe generar la producción de harina de carne y huesos a partir de desechos que es materia prima como piensos para alimentos balanceados, con alto nivel de proteínas y en base a materias primas de bajo costo. La demanda en el mercado es alta y se considera como un producto novedoso para la industria alimentaria peruana (p. 11).

Hay muchas técnicas para usar el hueso para la nutrición animal o como fertilizante. La harina de hueso se obtiene, ya sea, por acción del cocinado a vapor y presión o por medio de la calcinación. Cualquiera de los métodos empleados da una harina de huesos diferentes y de usos, también la composición de los contenidos de calcio y de fósforo son diferentes. Las concentraciones de fósforo pueden ir de 11% a 14% y en el contenido de calcio de 24% a 29% (Villa, 2011, p. 27).

Valencia (2017), en sus conclusiones determina que la harina de carne y hueso de vacuno, contribuye con un valor nutricional de hasta 5% en las dietas de cerdos en etapa de crecimiento, demostrando que no afectan la ganancia diaria de peso, lográndose con este nivel la mejor conversión alimentaria (p. 28).

Según Chavarria y Landaverde (2004) citado por Sembrera (2020) concluyó, que, con la cantidad de fósforo obtenida como resultado en el análisis de las muestras de la harina de hueso de pollo, en su composición dió como resultado fertilizante fosfatado, esto quiere decir que a nivel comercial se considera fertilizante que posee del 16% a 46% de fósforo (p. 17)

El presente artículo tiene como objetivo demostrar el aprovechamiento del deshecho de hueso de cerdo para la obtención de harina y el modelamiento en forma matemática de la variable de respuesta harina de hueso en la empresa de INVERGEP S.A.C.

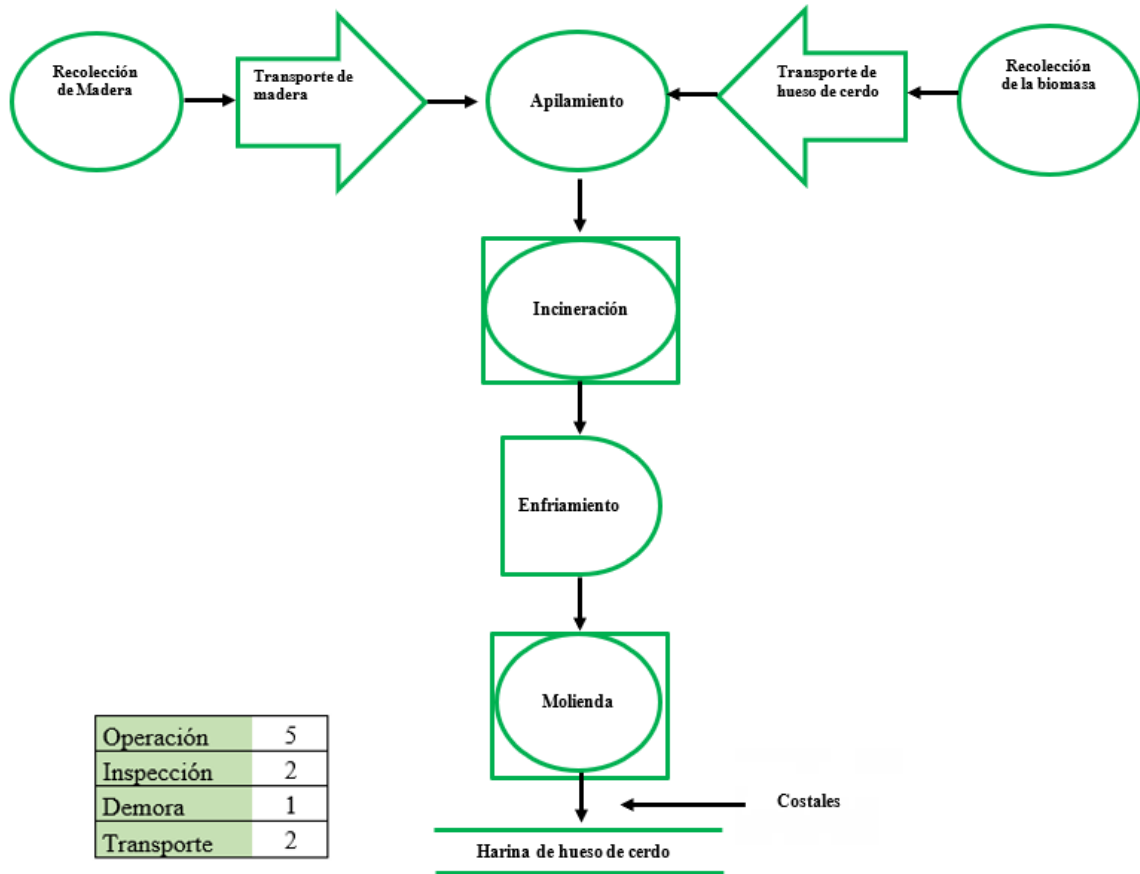
## Método

La investigación se realizó en las instalaciones del centro de tratamiento de residuos sólidos de origen agroindustrial de la empresa INVERGEP S.A.C, ubicada en el fundo Boza distrito de Aucallama, provincia de Huaral, Lima. El tipo de investigación es aplicada porque el objetivo es resolver un determinado problema o planteamiento específico. El diseño fue no experimental porque carece de manipulación intencional de las variables, y transaccional porque la recolección de los datos se hizo en un solo momento y en un tiempo único. El nivel de investigación es correlacional - explicativa y el enfoque de la investigación es cuantitativo.

Los residuos sólidos mencionados, son desechos de huesos, vísceras que genera la empresa Otto Kunz como subproducto de procesos de salchichas de cerdo; se recolectó como muestras huesos húmedos de cerdos, de acuerdo con su capacidad de producción la muestra analizada es de 54 servicios que equivalen a 8 000 kg/semana (hueso húmedo) para el trabajo de investigación. La obtención de la harina de cerdo se realiza mediante los procesos:

**Figura 1**

Diagrama de flujo para la obtención de harina de hueso de cerdo

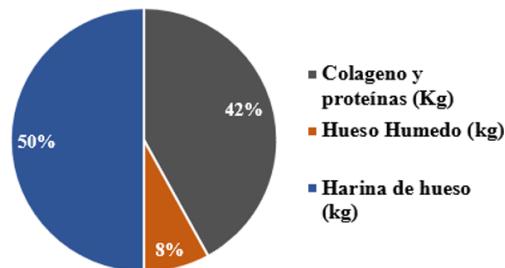


Según la Figura 1, el inicio de este proceso es la recolección de madera seca (leña), y la biomasa residual ósea; posteriormente, se apila de forma alternada huesos y madera, y se prende fuego para que se inicie la combustión durante tres horas hasta obtener la incineración de los huesos. Después de esto se deja enfriar por 12 horas y recolectar en un costal.

Posteriormente, se realiza la molienda de huesos, utilizando un molino de martillo con la finalidad de uniformizar la consistencia hasta obtener únicamente la harina. a 8 000 kg/semana (hueso húmedo) para el trabajo de investigación. La obtención de la harina de cerdo se realiza mediante los procesos:

**Figura 2**

Características físicas del residuo



Nota. En la gráfica los resultados de conversión a nivel de laboratorio, aquí se obtiene 42% de grasa y tejidos, 50% representa el hueso sin tejidos, 8% harina de hueso o hueso calcinado.

**Tabla 1**  
*Intervalos de estudio*

Intervalos de estudio	Datos
Muestra	54
(k) intervalo	7
Límite mínimo	976
Límite máximo	654
Rango	678
<b>Amplitud</b>	<b>96</b>

*Nota.* En la tabla se observa los datos que se usó para procesar la matriz para estudiar 54 servicios, el registro de generación mínima es de 976 kg. de hueso húmedo recogido en un día, así mismo 1 654 kg. Representa el máximo de desechos de hueso producido en un día.

**Tabla 2**  
*Composición de los huesos y tejidos deshuesados del cerdo*

Datos	Porcentaje
Humedad de los huesos	43.00%
Ceniza de huesos	21.40%
Humedad de tejidos deshuesados	58.00%
Proteína de tejidos deshuesados	13.00%
Ceniza del tejido deshuesados	1 a 3%
Huesos en % peso vivo	12.00%
Hueso % camal	30.00%

La humedad de los huesos del cerdo es de 43%, del mismo modo el contenido de humedad de los tejidos representa el 58%, también se evidencia que el 21.40% ceniza de hueso. Adaptado “composición de los huesos y

tejidos deshuesados del cerdo” (p. 164), por Ockerman y Hansen (1994), libro industrialización de subproductos de origen animal.

**Tabla 3**  
*Frecuencia de servicios y promedio en kg. de desechos de hueso*

	Biomasa residual		Promedio kg	Servicios ofrecidos	Servicios Acumulados	% Servicios	% servicios acumulados
	Ls.	Lf.					
1	[976	1072]	1024	13	13	24%	24%
2	[1073	1169]	1120	8	21	15%	39%
3	[1170	1266]	1216	5	26	9%	48%
4	[1267	1363]	1312	7	33	13%	61%
5	[1364	1460]	1408	3	36	6%	67%
6	[1461	1557]	1504	14	50	26%	93%
7	[1558	1654]	1600	4	54	7%	100%
<b>Total</b>			<b>54</b>			<b>100%</b>	

*Nota.* La cantidad de huesos húmedos que produce la empresa generadora Otto Kunz. En la tabla se observa que 4 servicios tienen un promedio de 1600 kg. comprendido entre 1558 y 1654 kg. de deshecho de hueso, dato que sirve para requerir una unidad camión furgón de 2 toneladas.

## Resultados

La Figura 1 ilustra los servicios en relación con la generación de los residuos de huesos húmedos en kg. 1 024 kg. hueso (H) representa 24% de los servicios, 1 120 kg. (H) expresa el 15%, de recojo, 1 216 kg. (H), significa el 9% recolectados, el 1312 kg. (H) genera el 13% de trabajos atendidos, 1408 kg. (H), registra el 6% servicios realizados, 1 504 kg. (H) contribuye 26% de recojo, 1 600 kg. (H) presenta el 7% de trabajos

atendidos, 1 120 kg. (H) expresa el 15%, de recojo, 1 216 kg. (H), significa el 9% recolectados, el 1312 kg. (H) genera el 13% de trabajos atendidos, 1408 kg. (H), registra el 6% servicios realizados, 1 504 kg. (H) contribuye 26% de recojo, 1 600 kg. (H) presenta el 7% de trabajos atendidos.

## Balance de masa

Un balance de masa o de materiales es una secuencia de cálculos que permite llevar la cuenta de

todas las sustancias que intervienen en un proceso de transformación, satisfaciendo la ley de la conservación

de la masa, la cual establece que la materia se transforma, pero no se crea ni se destruye (Londoño, 2015 p. 5).

**Tabla 4**

*Conversión de hueso húmedo en relación a la harina de hueso*

Hueso Húmedo (Kg)	Harina de Hueso (Kg)	Tejidos y Proteínas (Kg)	Seco	Humedad
969	155.04	813.96	2%	10%
1313.7	210.19	1103.51	3%	14%
1384.2	221.47	1162.73	3%	15%
1652.5	264.4	1388.1	3%	17%
1365.7	218.51	1147.19	3%	14%
1314.9	210.38	1104.52	3%	14%
<b>8000</b>	<b>1280</b>	<b>6720</b>	<b>16%</b>	<b>84%</b>

*Nota.* Hueso fresco en base húmedo 8000 kg. que representa el 84% de humedad así mismo con tejidos conectivos de 1280 kg. después del proceso del calcinado se obtuvo 1280 kg. de hueso calcinado con una conversión de 16%, muestra trabajada a nivel de laboratorio.

$$\%H = \frac{[p_i - p_f]}{p_i} \times 100\%$$

$$\%H = \frac{[8000 - 1280]}{8000} \times 100\%$$

$$\%H = 0.84$$

Donde:

H = % de humedad

P<sub>i</sub> = es el peso total de hueso húmedo

P<sub>f</sub> = es el peso total de hueso seco.

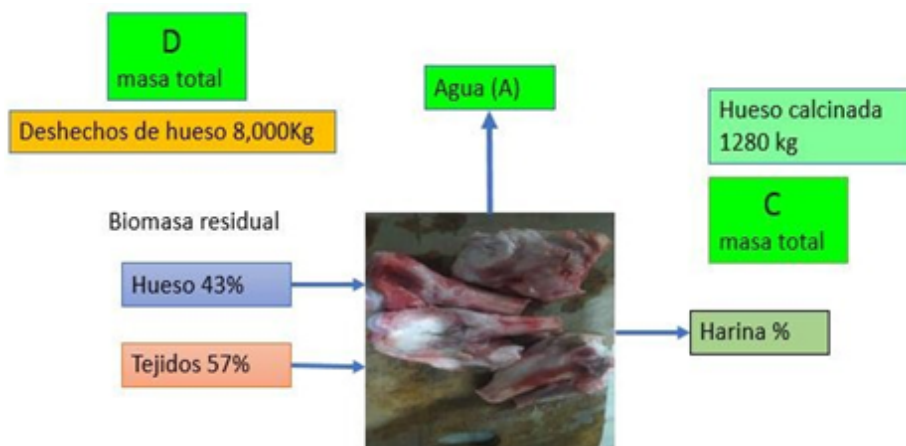
estructurales de la ciencia es el principio de conservación de la masa que desde su formulación establece que “la masa es indestructible, es decir, no se crea ni se destruye” (p. 104).

Según Rolle (2006), citado por Trujillo (2020), comenta que uno de los conceptos fundamentales y

Este principio se llama “Ley de la conservación de la masa”, de una manera simple para el desarrollo de esta investigación, se elaboró el siguiente diagrama:

**Figura 3**

*Esquema balance de masa*



*Nota.* En la caracterización de los desechos de hueso húmedo se trabajaron con una muestra de 8 kg. sometiendo a un tratamiento térmico a nivel de laboratorio, se obtuvo que el 43% es hueso sin tejido y 57% corresponde a tejidos y grasas.

**Cálculo del balance de masa**

$$E \text{ (entradas)} = S \text{ (salidas)}$$

$$D_{br} \% = A \% + C_{hc} \%$$

Donde:

D = porcentaje de la biomasa residual,  
 A = agua que se perdida por la incineración y  
 C = a la masa total de hueso calcinado obtenido

**Cálculo de sólidos**

$$D_{br} (43\%) + D_{br} (57\%) = A + 1\,280(\%)$$

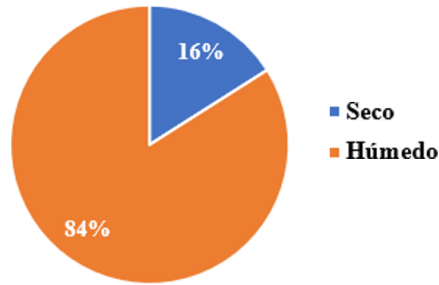
$$8\,000(0.43) + 8,000(0.57) = A + 1\,280(\%)$$

$$3\,440 + 4,560 = 1\,280(\%) + 0$$

$$\% = 6,25$$

**Figura 4**

*Rendimiento de conversión de hueso húmedo y seco*



La Figura 5 expresa que la relación entre el hueso fresco es de 84% hueso húmedo y 16% es harina de hueso calcinado, así mismo el grafico representa la medida de que por cada cinco partes de hueso húmedo se obtendrá una parte de harina de hueso.

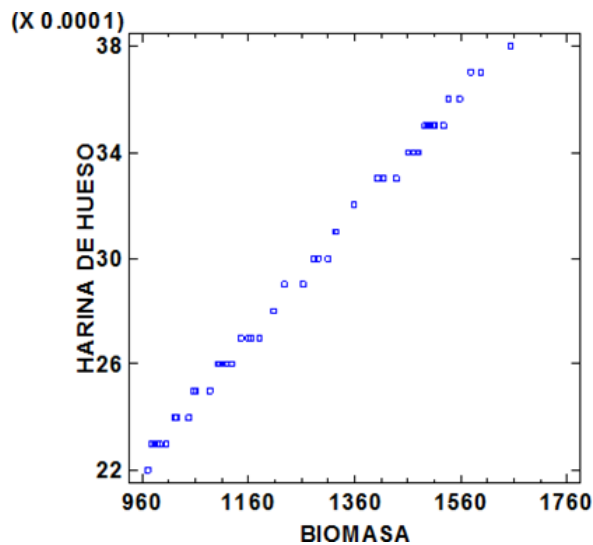
Las empresas procesadoras de origen proteico como carne de cerdo segregan huesos, tejidos conectivos

en forma artesanal, secan al ambiente y posteriormente lo someten al molido.

En otras plantas los desechos de huesos frescos y secos se calcinan en hornos industriales u hornillas artesanales. Posteriormente, se muelen y así, se obtiene la denominada harina de hueso calcinado. Las dos harinas anteriormente señaladas se usan, generalmente, en la fabricación de alimentos balanceados para animales.

**Figura 5**

*Gráfico de harina de hueso y biomasa ósea*



Nota. Regresión simple harina de hueso y biomasa. Variable respuesta: Harina de hueso. Factor: biomasa ósea. Obtenido a partir del programa Statgraphics versión 16.1.03.

De la Figura 5 primero se analizan los coeficientes y el análisis de varianza para estimar la ecuación lineal.

$$\text{Modelo lineal: } \vec{y} = a + b * X$$

**Tabla 5**

*Rendimiento de conversión de hueso húmedo y seco*

	<b>Mínimos Cuadrados</b>	<b>Estándar</b>	<b>Estadístico</b>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
Intercepto	0.000020501	0.00002453	0.835619	0.4072
Pendiente	0.000002308	1.89713E-8	121.675	0.0000

*Nota.* Obtenido a partir del programa Statgraphics versión 16.1.03.

**Tabla 6**

*Análisis de varianza*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>GI</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Modelo	0.0000124961	1	0.0000124961	14804.93	0.0000
Residuo	4.38906E-8	52	8.44051E-10		
Total (Corr.)	0.00001254	53			

*Nota.* Obtenido a partir del programa Statgraphics versión 16.1.03.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

- Coeficiente de Correlación = 0.9982
- R-cuadrada = 99.65%
- R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99.6433%
- Estadístico Durbin-Watson = 2.1742 (P=0.7302)

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre harina de hueso y biomasa. La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Harina de hueso} = 0.000020501 + 0.00000230834 * \text{BIOMASA}$$

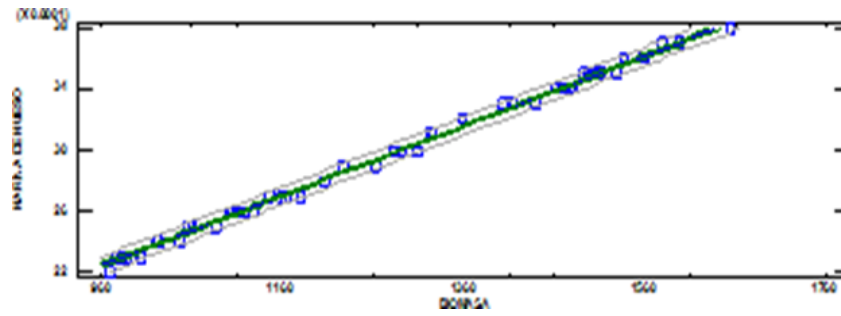
Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre harina de hueso y biomasa con un nivel de confianza del 95.0%.

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre harina de hueso y biomasa con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 99.65% de la variabilidad en harina de huesos. El coeficiente de correlación es igual a 0.9982 lo que indica una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 0.0000290526. Este valor puede usarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones, seleccionando la opción de pronósticos del menú de texto.

El error absoluto medio (EAM) de 0.0000243876 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0.05, no hay indicación de una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95.0%.

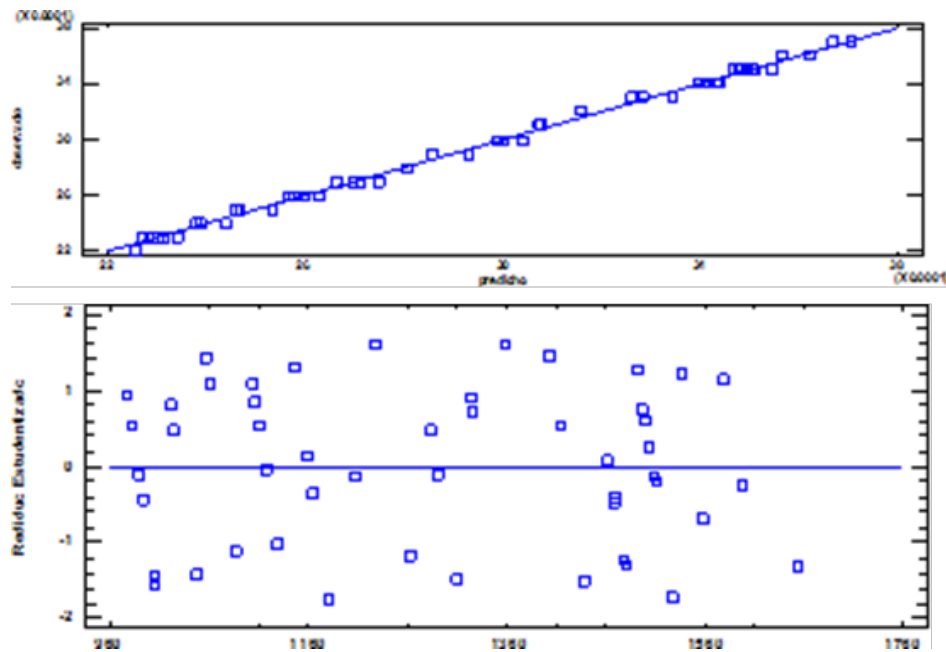
**Figura 6**  
*Modelo ajustado*



Nota. Obtenido a partir del programa Statgraphics versión 16.1.03.

Obteniéndose el grafico de residuos:

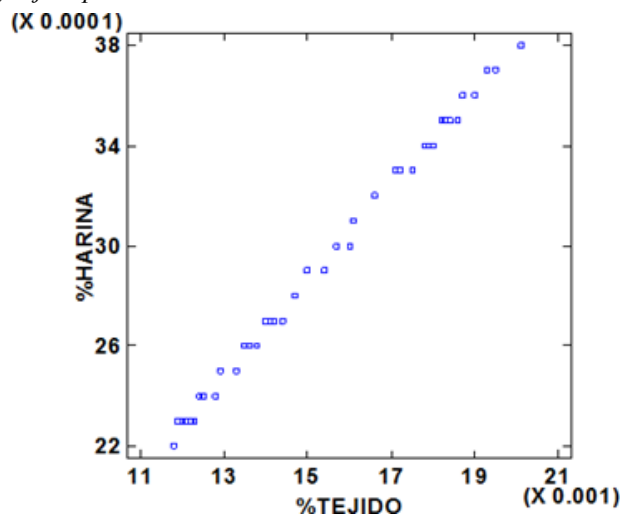
**Figura 7**  
*Gráfico de harina de hueso y gráfico de residuos*



Nota. Obtenido a partir del programa Statgraphics versión 16.1.03.



**Figura 8**  
Gráfico ajustado de harina y tejido proteico



Nota. Regresión simple harina y porcentaje de tejido. Variable dependiente: % harina. Variable independiente: % tejido. Obtenido a partir del programa Statgraphics versión 16.1.03.

$$\text{Lineal: } Y = a + b * X$$

**Tabla 7**  
Coeficientes

	Mínimos Cuadrados	Estándar Error	Estadístico T	Valor-P
Intercepto	0.0000126881	0.000024280	0.52256	0.6035
Pendiente	0.189899	0.00154061	123.262	0.0000

Nota. Valor de p = 0,6035.

**Tabla 8**  
Análisis de varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	0.0000124972	1	0.0000124972	15193.57	0.0000
Residuo	4.27718E-8	52	8.22534E-10		
Total	0.00001254	53			

(Corr.)

Nota. Coeficiente de Correlación = 0.998293.

R-cuadrada = 99.6589%  
R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99.6524%  
Error estándar del Est. = 0.0000286799  
Estadístico Durbin-Watson = 2.144 (P=0.6920)

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre harina y tejido. La ecuación del modelo ajustado es:

$$\% \text{ harina} = 0.0000126881 + 0.189899 * \% \text{ tejido}$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente

significativa entre %harina y %tejido con un nivel de confianza del 95.0%.

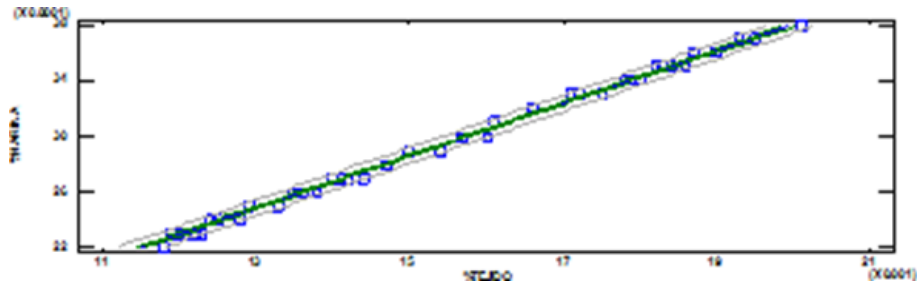
El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 99.6589% de la variabilidad en % harina. El coeficiente de correlación es igual a 0.998293, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la

desviación estándar de los residuos es 0.0000286799. Este valor puede usarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones.

El error absoluto medio (EAM) de 0.0000245242 es el valor promedio de los residuos.

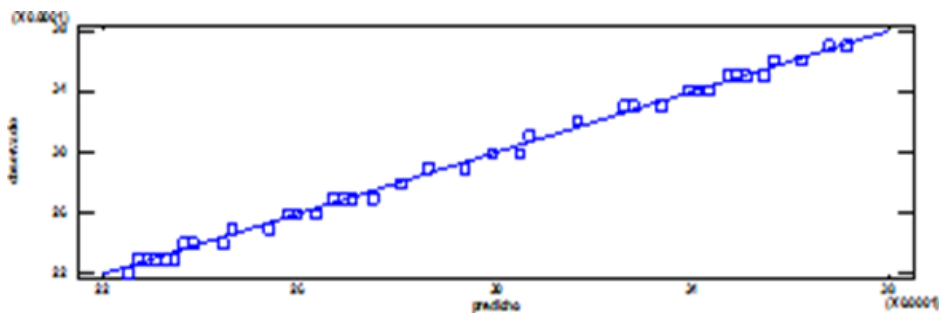
El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0.05, no hay indicación de una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95.0%.

**Figura 9**  
*Gráfico de modelo ajustado*



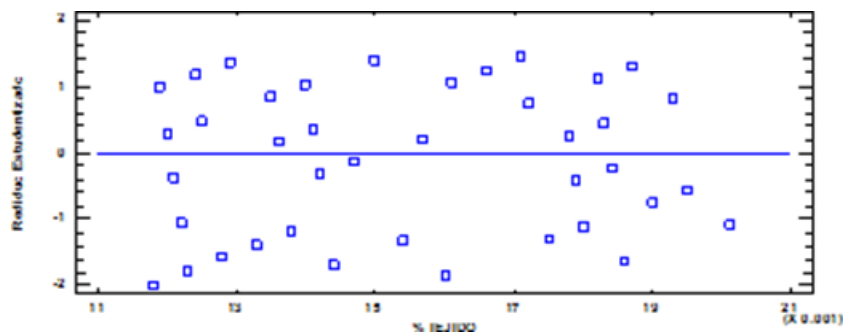
Nota. Obtenido a partir del programa Statgraphics versión 16.1.03.

**Figura 10**  
*Gráfico de la harina*



Nota. Obtenido a partir del programa Statgraphics versión 16.1.03.

**Figura 11**  
*Gráfico de residuos*



Nota. Obtenido a partir del programa Statgraphics versión 16.1.03.

## Discusión

De acuerdo con Valencia (2017) dentro de su composición química de la harina de carne y hueso de vacuno se evidencio como ceniza total el 20%. El ingrediente evaluado fue harina de carne y hueso de

vacuno la cual fue sometida a un tratamiento térmico a través del vapor a 150 °C por un tiempo de 3:50 horas del análisis proximal (p. 19).

Según el trabajo tecnologías de aprovechamiento de huesos para obtención de sales a partir del beneficio de animales de abasto. Los residuos

no aprovechables se deben convertir en un recurso como insumo. Las metodologías aplicadas para la obtención de sales resultaron ser eficientes, tal es el caso en la cuantificación en harina de hueso de pollo con 19.80% de fósforo y 24,49% de calcio (Chávez, 2016, p. 6).

Frank (2019) en sus conclusiones sostiene que, tradicionalmente, los fabricantes de harina de carne suministraban harinas clasificadas por su contenido en proteína bruta, expresado normalmente como un rango, siendo las harinas de carne y hueso 40-45%, 45-50% y 50-55% los tipos habitualmente ofrecidos al mercado. Posteriormente los fabricantes de pienso comenzaron a referirse a harinas identificadas por su contenido en PB, GB y cenizas (p.42).

De acuerdo con Núñez (1999) citada por Aguirre (2016) los huesos adecuados para la elaboración de la harina pueden proceder no sólo de los mataderos, sino también de los basureros municipales, hoteles y restaurantes. Con un equipo sencillo, los huesos pueden convertirse en harina de huesos cruda o harina de huesos calcinadas. La harina de huesos tratada al vapor exige un equipo más costoso (p.12).

Según a Bul-Bul y Bragg (1981) citado por Ugaz (2019). La Harina de carne y hueso es una excelente fuente de minerales con una alta disponibilidad. Es así como el porcentaje de disponibilidad para calcio es del 90 %, fósforo 93 %, Magnesio 84 %, Manganeso 73 %, Zinc 79 % y Cobre es de 74 % respectivamente (p.17).

Al realizar la comparación de los resultados, podemos analizar que los datos obtenidos en nuestro trabajo en el caso de la conversión de hueso húmedo a harina en base seca son de 16% de acuerdo con Valencia (2017) su rendimiento es de 20% a partir del hueso de vacuno en contraste al diferencial esto debido a que los huesos de cerdos tienen bajo rendimiento.

De acuerdo con Chávez (2016) en su trabajo obtuvo como resultado que la harina de hueso del pollo dió como resultado el 19.80% de harina en forma de fósforo y 24,49% de calcio. En contrastes a nuestro resultado los huesos de pollo también tiene mejores atributos en rendimiento en relación con los huesos de porcinos.

En referencia a su valor nutricional en los huesos de cerdos según Ockerman y Hansen el 20,6% contiene proteína, calcio 37%, Frank (2019) concluye que las harinas de carne y hueso tienen un 40-45%, 45-50% y 50-55% en proteínas, insumos habitualmente ofrecidos al mercado. Para su posterior uso por fabricantes de piensos o planta de procesadora de alimentos balanceados.

## Conclusiones

Se concluye que en referencia a la conversión de 8 000 kg. de hueso fresco equivale a 84% de hueso húmedo y al someterlo a un tratamiento térmico dio un valor de 1 280 kg. con un resultado de 16% de harina en base seca, quiere decir que, por cada cinco partes de hueso húmedo, una parte sería harina de hueso en base seca.

La cantidad de huesos húmedos que produce la empresa generadora Otto Kunz. Cuatro de los servicios de la muestra estudiada de los 54 servicios tienen un promedio de 1 600 kg. comprendido entre 1 558 y 1 654 kg. de deshecho de hueso, dato que sirve para requerir una unidad camión furgón de 2 toneladas.

Sobre el análisis matemático en que el valor-P es menor que 0.05, quiere decir que existe una relación estadísticamente significativa entre harina de hueso en base seca y el hueso fresco en base húmedo con un nivel de confianza del 95%, además el coeficiente de correlación es igual a 0.998248, lo que indica una relación relativamente fuerte entre las variables. En el análisis matemático entre % harina de hueso y % tejido tiene un nivel de confianza del 95.0%, con un coeficiente de correlación igual a 0.998293, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables.

## Referencias

- Aguirre, V. (2016). *Exploración de fuentes orgánica y minerales no convencionales como alternativas para la fertilización de cultivos* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2708>
- Berardo, A., & Marino, M. (2000). Fertilización fosfatada de pasturas en el sudeste bonaerense. 1. Residualidad del P aplicado y efecto de la refertilizaciones anuales. *Producción Animal*, 20(2), 103-111. <https://www.laboratoriofertilab.com.ar/Trabajos/Pasturas2.pdf>
- Chávez, V. (2016). *Tecnologías de aprovechamiento de hueso para la obtención de sales a partir del beneficio de animales de abasto* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Trujillo]. Dspace UNITRU. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/7507>
- Kopke, U. (1995). Nutrient management in organic farming systems: the case of nitrogen. *Biological Agriculture and Horticulture*, 11(1-4), 15-24. <https://doi.org/10.1080/01448765.1995.9754690>

- Moquillaza, G. (2018). *Diseño de un proceso para la producción de harina de carne, vísceras y hueso a partir de aves de descarte* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio UNAC. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/4234>
- Aguirre, V. (2016). *Exploración de fuentes orgánica y minerales no convencionales como alternativas para la fertilización de cultivos* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio La Molina, <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2708/F04-A348-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Berardo, A., & Marino, M. (2000). Fertilización fosfatada de pasturas en el sudeste bonaerense. Residualidad del P aplicado y efecto de la refertilizaciones anuales. *Revista Argentina de Producción Animal*, 20(2), 103-111. <https://www.laboratoriofertilab.com.ar/Trabajos/Pasturas2.pdf>
- Londoño, R. (2015). *Balance de masa y energía*. Universidad Tecnológica de Pereira. <https://blog.utp.edu.co/balances/files/2015/02/LIBRO-BME2015-1.pdf>
- Ramos, N. (2010). *Aprovechamiento del desecho de huesos de res para la obtención de harina de hueso en la fábrica Federer* [Tesis de Titulación, Escuela Politécnica Nacional]. BIB Digital. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2379/1/CD-3111.pdf>
- Sembrera, J. (2020). *Determinación del efecto de la harina de hueso de pollo de los residuos sólidos orgánicos comerciales en el desarrollo de la biomasa del tomate (Lycopersicon esculentum Mill), en la ciudad de Moyobamba, 2018* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio UNSM. <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3988/1/ING.%20AMBIENTAL%20-%20Jes%20c3%20bas%20David%20Sembrera%20Mondrag%c3%20b3n.pdf>
- Trujillo, R. (2020). *El balance de materia del proceso industrial de fabricación de jabón líquido con la metodología ABP para la construcción de una estrategia de enseñanza* [Tesis de Titulación, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/12758>
- Ugaz, F. (2019). *Rendering para la producción de harina de carne y huesos - Lambayeque* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio UNPRG <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8053>
- Valencia, J. (2017). *Evaluación de la inclusión de harina de carne y hueso de vacunos en dietas de cerdos en crecimiento* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3255/valencia-beltranz-juan-carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vargas, Y., & Perez, L. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), 1-14. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- Villa, D. (2011). *Harina de hueso como fuente de fósforo en plántulas de chili habanero (capsicum chinense) en el suelo tipo feozem - calcáreo* [Tesis de Titulación, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio UAAAN. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6426>