

**INFORME FINAL EN EL MARCO DEL CONVENIO No CS068-2023 CELEBRADO
ENTRE LA FEDERACIÓN NACIONAL DE AVICULTORES DE COLOMBIA –
FENAVI - FONDO NACIONAL AVÍCOLA – FONAV Y FUNDACIÓN DE APOYO
A LA INVESTIGACIÓN EN EL GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS
MOLECULARES – FUNDAGIEM**

“Determinación del volumen de excretas generadas en el proceso de producción avícola”

**Fundación de Apoyo a la investigación en el Grupo Interdisciplinario de Estudiantes
Moleculares**

Octubre, 2023

Medellín –Antioquia
fundagiem@gmail.com
318-4618607

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN:	2
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	4
4. OBJETIVOS.....	5
4.1 OBJETIVO GENERAL:.....	5
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
5. RESULTADOS	6
5.1 Cuantificación de la producción por animal/día de excreta producida.....	6
5.2 Establecer parámetros humedad, cenizas y densidad en el material producido en cada unidad experimental.....	7
5.3 Relación de consumo de agua por animal/alimento por animal/excreta en todas las unidades experimentales	14
6. CONCLUSIONES	41

1. INTRODUCCIÓN:

Como consecuencia del incremento de la producción en la industria avícola se genera una variedad considerable de residuos que pueden ser reincorporados a la cadena agropecuaria mediante tratamientos que garanticen su sanidad, un valor agregado significativo y la circularidad de la biomasa. El principal residuo generado en la producción de pollo y huevo es el estiércol, que cuando se acumula en el entorno de los sistemas productivo, genera múltiples problemas a nivel ambiental tales como: La emisión de gases de efecto invernadero, la generación de lixiviados y moscas. Desde la perspectiva sanitaria, el inadecuado manejo puede ser foco para el desarrollo de microorganismos patógenos que constituyen una amenaza para la salud humana y animal (Ariza Andrade, 2017).

Teniendo en cuenta que las condiciones ambientales del entorno de producción, el mejoramiento de la genética y la optimización de instalaciones/dieta, influyen de manera significativa en calidad y cantidad de las excretas producidas, se plantea una herramienta metodológica basada en análisis cualitativo y cuantitativo que permita determinar características fisicoquímica/microbiológicas para actualizar tanto las cantidades producidas por animal como los posibles potenciales del material para cumplir requerimientos ambientales, sociales y económicos que la pollinaza/gallinaza debe cumplir para que sea empleada como materia prima de un nuevo proceso productivo.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia produce una gran cantidad de diferentes tipos de biomasa residual, ubicándose como el tercero en América Latina (IDEAM, 2011). Dentro de estos residuos se destacan los provenientes del sector avícola que, dado su alto potencial de aprovechamiento, pueden ser considerados como una alternativa plausible para la consolidación de una avicultura cada vez más sostenible (<https://fenavi.org/programa-de-sostenibilidad/>). Es bien conocido que a partir de estos residuos se puede obtener biogás mediante un proceso anaerobio y, a partir de

este, electricidad a través de un proceso de cogeneración. Sin embargo, este tipo de procesos solo se encuentran desarrollados a escala industrial (FENAVI, 2019), limitando su aplicación en granjas de pequeña escala y por tanto se busca establecer nuevas alternativas de aprovechamiento de estas gallinazas y pollinazas.

En este contexto, se considera vital conocer en específico, los datos reales de la generación de excretas de las aves tanto para pollo de engorde como para gallina ponedora bajo las condiciones ambientales y prácticas de manejo propias de las zonas de mayor producción a nivel de nuestro territorio nacional.

3. JUSTIFICACIÓN

Según los datos oficiales disponibles, en el país se producen cerca de 59.000 toneladas diarias de excreta (gallinaza/pollinaza) producto de la deposición de 380 millones de pollos y 24 millones de ponedoras (IDEAM, 2011)

Si bien se cuenta con una valoración promedio de la producción, es claro que las condiciones ambientales del entorno de producción, el mejoramiento de la genética, la optimización de las instalaciones y la dieta, por citar solo algunos factores, influyen de manera significativa en calidad y cantidad de las excretas producidas. Por ello, en este proyecto se propone la determinación cuantitativa y controlada de la excreta producto tanto de la ceba industrial de pollo como de la producción de huevo comercial y del establecimiento del potencial aprovechamiento, a partir de un modelo implementado en la granja experimental del Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares ubicada en el municipio de Heliconia y de los reportes de granjas comerciales adscritas a Fenavi.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL:

Determinar el volumen de excreta/día generado por individuo en el proceso de producción primaria (pollo-huevo) en la industria avícola colombiana.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 4.1.1 Cuantificar la producción por animal/día de excreta.
- 4.1.2 Establecer parámetros de humedad, cenizas y densidad en el material producido en cada unidad experimental.
- 4.1.3 Cuantificar la relación de consumo de agua por animal/alimento por animal/excreta en todas las unidades experimentales.

5. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

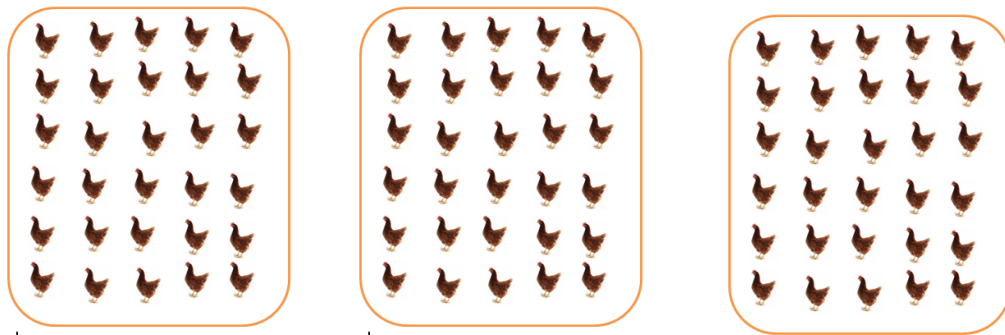
5.1 Cuantificación de la producción por animal/día de excreta producida en Granja Experimental

Teniendo en cuenta la emergencia sanitaria por la que está atravesando actualmente el sector avícola, fue muy difícil la compra y acceso de las aves en los rasgos inicialmente pactados, sin embargo, se lograron adquirir aves de diecisiete semanas, con las cuales se realizó el ensayo, para el caso de la producción de excretas en la postura comercial industrializada.

Adicionalmente se reestructuró el área donde se ubicaron los ensayos, y se establecieron dos lotes de gallinas de genética Lohman Brown. A continuación, en la figura 1 se detalla el diseño experimental con las aves de 17 semanas de edad.

Los resultados se procesaron en el programa estadístico Statgraphics 19

Figura 1. Diseño experimental lotes de aves



Replicas para la producción de excretas en Granja Experimental

5.2 Establecimiento de parámetros de humedad, cenizas y densidad en el material producido en cada unidad experimental.

En la primera fase de adaptación de las aves, se realizó el seguimiento por lotes, relacionados a lote 1 ubicado en el galpón 1 y lote 2, ubicado en el galpón 2. Se tomaron las muestras correspondientes a la gallinaza generada en cada uno de los lotes, y se procesó en el laboratorio, en las tablas 1 y 2 se denotan los resultados de la caracterización fisicoquímica.

Tabla 1. Caracterización gallinaza lote 1

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS			
Gallinaza galpón 1			
Parámetro	Método y/o extractante/Técnica/Norma	Resultado (base seca)	Unid.
Humedad	Calentamiento 100 °C/Gravimetría/NTC 5167	18.0	%
Cenizas	Calcinación a 650 °C/Gravimetría/NTC 5167	39.8	%
Perdida por volatilización	Calcinación a 650 °C/Gravimetría/NTC 5167	60.2	%
CO	Oxidante/Titulométrica/NTC 5167	19.6	%
Densidad real	Muestra seca y molida/Gravimetría/NTC 5167	0,70	g/cm ³
pH	Pasta de saturación/Potenciometría/NTC 5167	7,89	Unidades de pH
CE	Solución 1:100/Potenciometría/NTC 5167	0,25	dS/m
Nitrógeno orgánico Total	Kjeldahl/ Titulométrica/NTC 370	2.63	%
Fosforo Total	MAR /Espectrofotometría/NTC 234	0.39	%
Potasio total	MAR/A.A/NTC 5167	2.267	%
Respirometría 24 horas	Producción de CO ₂ /Titulométrica/Método GIEM	3.70	mg (CO ₂)/g

Nota: Parámetros de interés para la caracterización físicoquímica de gallinaza

Tabla 2. Caracterización gallinaza lote 2

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS			
Gallinaza galpón 2			
Parámetro	Método y/o extractante/Técnica/Norma	Resultado (base seca)	Unid.
Humedad	Calentamiento 100 °C/Gravimetría/NTC 5167	15.9	%
Cenizas	Calcinación a 650 °C/Gravimetría/NTC 5167	25.7	%
Perdida por volatilización	Calcinación a 650 °C/Gravimetría/NTC 5167	74.3	%
CO	Oxidante/Titulométrica/NTC 5167	26.5	%
Densidad real	Muestra seca y molida/Gravimetría/NTC 5167	0.47	g/cm ³
pH	Pasta de saturación/Potenciometría/NTC 5167	7.69	Unidades de pH
CE	Solución 1:100/Potenciometría/NTC 5167	0.08	dS/m
Nitrógeno orgánico Total	Kjeldahl/ Titulométrica/NTC 370	2.64	%
Fosforo Total	MAR /Espectrofotometría/NTC 234	0.40	%
Potasio total	MAR/A.A/NTC 5167	2.296	%
Respirometría 24 horas	Producción de CO ₂ /Titulométrica/Método GIEM	3.24	mg (CO ₂)/g

Nota: Parámetros de interés para la caracterización físicoquímica de gallinaza

En las tablas 3 y 4 se relacionan los datos de temperatura y humedad, registrados durante la ejecución del ensayo en la granja Experimental Guachacay, ubicada en el Municipio de Heliconia- Antioquia.

Tabla 3. Registro de temperatura de la granja Guachacay

FECHA	TEMPERATURA MAÑANA	TEMPERATURA TARDE
15/07/2023	21,70	34
17/07/2023	22.9	25.8
19/07/2023	21.8	29.3
21/07/2023	23.2	29.9
22/07/2023	20.3	21.9
24/07/2023	21.9	30
25/07/2023	22.9	31.3
26/07/2023	29	32.7
29/07/2023	24.8	31.5
30/07/2023	29.5	29.8
31/07/2023	22.9	33.8
03/08/23	22.4	32.7
4/08/2023	23.1	33.7
5/08/2023	22.5	30
6/08/2023	29.6	30.2
7/08/2023	21.2	32.1
8/08/2023	21.1	30
9/08/2023	22	33
10/08/2023	21.6	31.9
11/08/2023	21.7	29
12/08/2023	20	32.5
14/08/2023	22.9	31.5
17/08/23	23.3	32.4
18/08/2023	22.9	23.8
22/08/2023	20	32.9
23/08/2023	29.7	29.3
24-08-23	23.9	31
25/08/2023	25.4	35.1
26/08/2023	26	34.5
28/08/2023	25.9	34
29/08/2023	26.8	33.2
30/08/2023	27.8	34.9
31/08/2023	24.1	35

1/09/2023	25.7	350
2/09/2023	25.7	23.6
4/09/2023	22.9	32.5
5/09/2023	21.8	33.5
6/09/2023	20.7	34.7
7/09/2023	25.8	32.2
8/09/2023	20.7	33.9
9/09/2023	23.6	31
11/09/2023	27	32.9
12/09/2023	25.9	34.1
14/09/2023	24,5	35
15/09/2023	23.9	28.7
16/09/2023	26.7	34
18/09/2023	25.6	27
19/09/2023	26.6	33.3
20/09/2023	25.9	35.6
21/09/2023	29	35
22/09/2023	25.6	31.9
23/09/2023	23.9	36.7
25/09/2023	25.9	29.6
26/09/2023	21.7	28.8

Nota: Los datos se registraron en la mañana a las 8: 00 am y en la tarde a las 2:00 pm.

Tabla 4. Registro de humedad de la granja Guachacay

Fecha	Humedad mañana	Humedad tarde
15/07/2023	60	56
17/07/2023	61	64
19/07/2023	60	62
21/07/2023	61	54
22/07/2023	50	61
24/07/2023	61	70
25/07/2023	64	69
26/07/2023	84	65
29/07/2023	74	46
30/07/2023	59	55
31/07/2023	53	51
03-08-23	64	39
4/08/2023	62	37
5/08/2023	61	40
6/08/2023	57	50
7/08/2023	61	55
8/08/2023	57	56
9/08/2023	80	55
10/08/2023	80	50
11/08/2023	69	49
12/08/2023	68	52
14/08/2023	60	47
17/08/2023	79	48
18/08/2023	50	49
22/08/2023	80	76
23/08/2023	65	57
24/08/2023	78	68
25/08/2023	74	64
26/08/2023	70	41
28/08/2023	68	48
29/08/2023	61	56
30/08/2023	66	52
31/08/2023	69	50
1/09/2023	67	64

2/09/2023	67	69
4/09/2023	68	57
5/09/2023	60	50
6/09/2023	62	47
7/09/2023	51	41
8/09/2023	60	51
9/09/2023	68	50
11/09/2023	61	42
12/09/2023	70	49
14/09/2023	73	42
15/09/2023	60	56
16/09/2023	40	57
18/09/2023	61	61
19/09/2023	60	45
20/09/2023	59	40
21/09/2023	61	41
22/09/2023	60	52
23/09/2023	72	60
25/09/2023	80	40
26/09/2023	86	45

5.3 Relación de consumo de agua de animal/alimento por animal/excreta en todas las unidades experimentales

Las aves se recibieron el 11 de agosto de 2023, para un total de 90 aves de la raza Lohman Brown, las cuales tenían 17 semanas. En el galpón 1 se instalaron 5 comederos y 3 bebederos, mientras que en el galpón 2 se instalaron 4 comederos y 3 bebederos. Desde el día 1 hasta el momento en que se realizó el seguimiento para determinar el consumo de agua y alimentación por animal (tablas 3 y 4).

Tabla 3. Registro de cuantificación de agua y alimento galpón 1

Galpón 1 - 45 aves					Ingreso 11-08-23	Observación
Agua(ml)			Alimento (gr)		Fecha	
Ingreso	Sobrante	Consumo de Agua/ día	Mañana	Tarde		
16000	4641	11359	2700		11/08/2023	12 no comieron
13813			2700		12/08/2023	
			2700	2700	13/08/2023	
17232		17232	2700		14/08/2023	
			2700		15/08/2023	
15000	8500	6500	2700		16/08/2023	
15000	7500	7500	2700		17/08/2023	
15000	8000	7000	2700		18/08/2023	
15000	8200	6800	2700	2700	19/08/2023	
15000	5800	9200	2700		20/08/2023	
15000	9000	6000	2700	2700	21/08/2023	
			2700		22/08/2023	
15000	7000	8000	2700		23/08/2023	
			2700		24/08/2023	
15000			2700	2700	25/08/2023	
15000	3000	12000	2700		26/08/2023	
		0	2700	2700	27/08/2023	
15000	5000	10000	2700	2700	28/08/2023	

15000	4000	11000	2700	2700	29/08/2023
15000		15000	2700		30/08/2023
15000	5000	10000	2700	2700	31/08/2023
15000	3000	12000	2700	2700	1/09/2023
		0	2700	2700	2/09/2023
15000	2500	12500		2700	3/09/2023
		0	2700	2700	4/09/2023
15000	6000	9000		2700	5/09/2023
15000	5000	10000	2700	2700	6/09/2023
		0	2700	2700	7/09/2023
15000	4500	10500	2700		8/09/2023
15000	5500	9500	2700	2700	9/09/2023
15000	2500	12500	2700	2700	10/09/2023
15000	2500	12500		2700	11/09/2023
15000	3000	12000	27000	2700	12/09/2023
15000	2500	12500	2700		13/09/2023
15000	6500	8500	2700	2700	14/09/2023

Tabla 4. Registro de cuantificación de Agua y alimento galpón 2

Galpón 2 - 45 aves					Ingreso 11-08-23	Observación
Ingreso	Agua(ml)		Alimento (gr)		Fecha	
	Sobrante	Consumo de Agua/ día	Mañana	Tarde		
1800	6678		2700g		11/08/2013	
13800	5141		2700g		12/08/2013	
19214	N/A		2700g		13/08/2013	
			2700g		14/08/2013	
			2700g		15/08/2013	
15000	9000	6000	2700g		16/08/2013	
15000	8500	6500	2700g		17/08/2013	
15000	6500	8500	2700g		18/08/2013	
15000	7000	8000	2700g	2700	19/08/2013	
15000	6000	9000	2700g		20/08/2013	
15000	8500	6500	2700g		21/08/2013	
15000	6000	9000	2700g	2700	22/08/2013	
15000		15000	2700g		23/08/2013	
15000	5000	10000	2700g		24/08/2013	
15000	3000	12000	2700g	2700	25/08/2013	
15000	5000	10000	2700g		26/08/2013	
15000	1500	13500	2700	2700	27/08/2023	
			2700	2700	28/08/2023	
15000	5000	10000		2700	29/08/2023	
15000	4500	10500	2700		30/08/2023	
15000	4500	10500	2700	2700	31/08/2023	
15000	7000	8000	2700	2700	1/09/2023	
15000	6000	9000	2700	2700	2/09/2023	
15000	2500	12500		2700	3/09/2023	
			2700	2700	4/09/2023	
15000	2000	13000		2700	5/09/2023	
15000	2000	13000	2700	2700	6/09/2023	
			2700	2700	7/09/2023	

15000	1000	14000	2700		8/09/2023	gallina muerta
15000	1200	13800	2700	2700	9/09/2023	
			2700	2700	10/09/2023	
15000	3000	12000		2700	11/09/2023	
15000	2500	12500	2700	2700	12/09/2023	
15000	1800	13200	2700	2700	13/09/2023	
15000	6000	9000	2700	2700	14/09/2023	

Nota: La tabla da cuenta de los datos de seguimiento de alimentación que se tuvieron presentes durante el ensayo en el ciclo productivo de las aves.

5.4. Análisis Estadísticos de Ensayos en Granja Experimental

Tal y como se anotó previamente, en la granja experimental se realizó un seguimiento de la producción de excretas en tres réplicas. En los siguientes apartados se describen los correspondientes resultados.

Análisis de Una Variable - Réplica 1 /Peso fresco ave/día

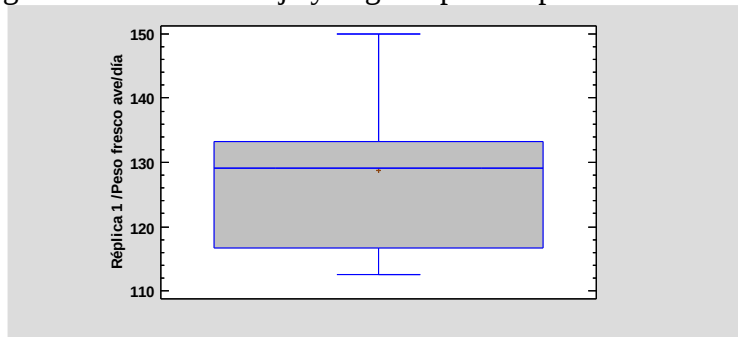
Datos/Variable: Réplica 1 /Peso fresco ave/día
12 valores con rango desde 112,5 a 150,0

Tabla 5. Resumen Estadístico para Réplica 1 /Peso fresco ave/día

Recuento	12
Promedio	128,675
Mediana	129,15
Moda	133,3
Desviación Estándar	12,5383
Coeficiente de Variación	9,74417%
Mínimo	112,5
Máximo	150,0
Rango	37,5
Cuartil Inferior	116,7
Cuartil Superior	133,3
Rango Intercuartílico	16,6
Sesgo Estandarizado	0,79854
Curtosis Estandarizada	-0,387757

En la tabla 5 se muestran los estadísticos de resumen para Réplica 1 /Peso fresco ave/día, que incluyen medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma.

Figura 1. Gráfico de Caja y Bigotes para Replica 1 Peso fresco



Esta gráfica de caja y bigotes muestra los resultados para la Réplica 1 /Peso fresco ave/día. En un gráfico de caja y bigotes se muestran varias características de un conjunto de datos. La parte rectangular del gráfico se extiende desde el cuartil inferior hasta el cuartil superior, cubriendo la mitad central de la muestra. La línea del centro dentro de la caja indica la localización de la mediana de la muestra. El signo más indica la localización de la media muestral. Los bigotes se extienden desde la caja hasta los valores mínimo y máximo en la muestra, excepto por cualquier punto alejado ó muy alejado, los cuales serán graficados por separado. Se denominan puntos alejados aquellos que se encuentran a más de 1,5 veces el rango intercuartílico por arriba ó por debajo de la caja y se muestran como pequeños cuadrados. Los puntos muy alejados se encuentran a más de 3,0 veces el rango intercuartílico por arriba ó por abajo de la caja y se muestran como pequeños cuadrados con un signo más dentro de ellos. En este caso, no hay puntos alejados ni puntos muy alejados.

Análisis de Una Variable - Réplica 2 /Peso fresco ave/día

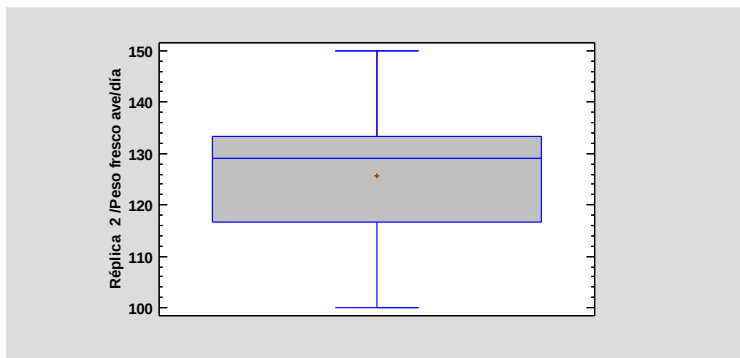
Datos/Variable: Réplica 2 /Peso fresco ave/día
12 valores con rango desde 100,0 a 150,0

Tabla 6. Resumen Estadístico para Réplica 2 /Peso fresco ave/día

Recuento	12
Promedio	125,692
Mediana	129,15
Moda	133,3
Desviación Estándar	13,0184
Coeficiente de Variación	10,3574%
Mínimo	100,0
Máximo	150,0
Rango	50,0
Cuartil Inferior	116,7
Cuartil Superior	133,3
Rango Intercuartílico	16,6
Curtosis Estandarizada	0,358974

El correspondiente gráfico de caja y bigotes se presenta a continuación.

Figura 2. Gráfico de Caja y Bigotes para Replica 2 Peso fresco



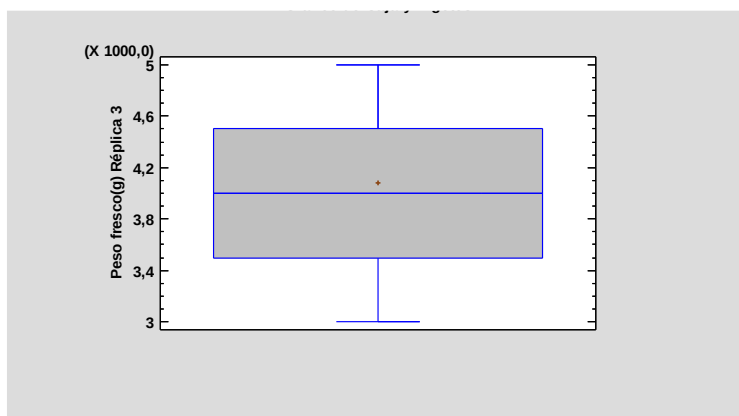
Análisis de Una Variable - Peso fresco(g) Réplica 3

Datos/Variable: Peso fresco(g) Réplica 3
12 valores con rango desde 3000,0 a 5000,0

Tabla 7. Resumen Estadístico para Peso fresco(g) Réplica 3

Recuento	12
Promedio	4083,33
Mediana	4000,0
Moda	
Desviación Estándar	633,652
Coeficiente de Variación	15,518%
Mínimo	3000,0
Máximo	5000,0
Rango	2000,0
Cuartil Inferior	3500,0
Cuartil Superior	4500,0
Rango Intercuartílico	1000,0
Sesgo Estandarizado	-0,0673765
Curtosis Estandarizada	-0,621368

Figura 3. Gráfico de Caja y Bigotes para Replica 3 Peso fresco



Comparación de Varias Muestras

Muestra 1: Peso fresco (g) Réplica 1

Muestra 2: Peso fresco (g) Réplica 2

Muestra 3: Peso fresco(g) Réplica 3

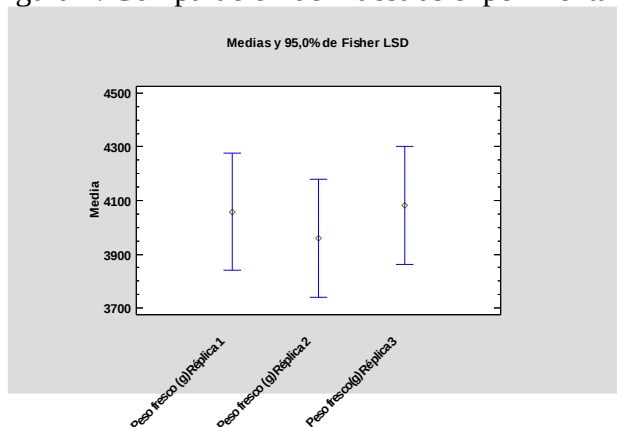
Muestra 1: 12 valores en el rango de 3500,0 a 5000,0

Muestra 2: 12 valores en el rango de 3500,0 a 5000,0

Muestra 3: 12 valores en el rango de 3000,0 a 5000,0

Este procedimiento estadístico permite comparar los datos en 3 columnas de datos al realizar varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras. La prueba-F en la tabla ANOVA determina si hay diferencias significativas entre las medias.

Figura 4. Comparación de muestras experimentales



La gráfica anterior muestra las medias de las 3 columnas de datos. También muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher y se construyen de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se traslaparán un 95,0% de las veces. Cualquier par de intervalos que no se traslapen verticalmente corresponden a pares de medias que tienen una diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 8 ANOVA para comparación de réplicas en excretas frescas

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	105000,	2	52500,0	0,19	0,8292
Intra grupos	9,195E6	33	278636,		
Total (Corr.)	9,3E6	35			

En la tabla ANOVA se descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso

es igual a 0,188418, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 5% de significación.

Producción de Excretas Pesofresco ave/día

Comparación de Varias Muestras

Muestra 1: Réplica 1 /Peso fresco ave/día

Muestra 2: Réplica 2 /Peso fresco ave/día

Muestra 3: Réplica 3 /Peso fresco ave/día

Muestra 1: 12 valores en el rango de 112,5 a 150,0

Muestra 2: 12 valores en el rango de 100,0 a 150,0

Muestra 3: 12 valores en el rango de 100,0 a 166,7

Tabla 9. Resumen Estadístico para Réplica 1 /Peso fresco ave/día

Recuento	12
Promedio	128,675
Mediana	129,15
Moda	133,3
Desviación Estándar	12,5383
Coefficiente de Variación	9,74417%
Mínimo	112,5
Máximo	150,0
Rango	37,5
Cuartil Inferior	116,7
Cuartil Superior	133,3
Rango Intercuartílico	16,6
Sesgo Estandarizado	0,79854
Curtosis Estandarizada	-0,387757

Tabla 10. Resumen Estadístico para Réplica 2 /Peso fresco ave/día

Recuento	12
Promedio	125,692
Mediana	129,15
Moda	133,3
Desviación Estándar	13,0184
Coeficiente de Variación	10,3574%
Mínimo	100,0
Máximo	150,0
Rango	50,0
Cuartil Inferior	116,7
Cuartil Superior	133,3
Rango Intercuartílico	16,6
Sesgo Estandarizado	-0,230789
Curtosis Estandarizada	0,358974

Tabla 11. Resumen Estadístico para Réplica 3 /Peso fresco ave/día

Recuento	12
Promedio	129,517
Mediana	129,15
Moda	
Desviación Estándar	18,9225
Coeficiente de Variación	14,6101%
Mínimo	100,0
Máximo	166,7
Rango	66,7
Cuartil Inferior	116,7
Cuartil Superior	141,65
Rango Intercuartílico	24,95
Sesgo Estandarizado	0,722017
Curtosis Estandarizada	-0,0809094

Figura 5. Comparación en producción de excreta fresca ave/día

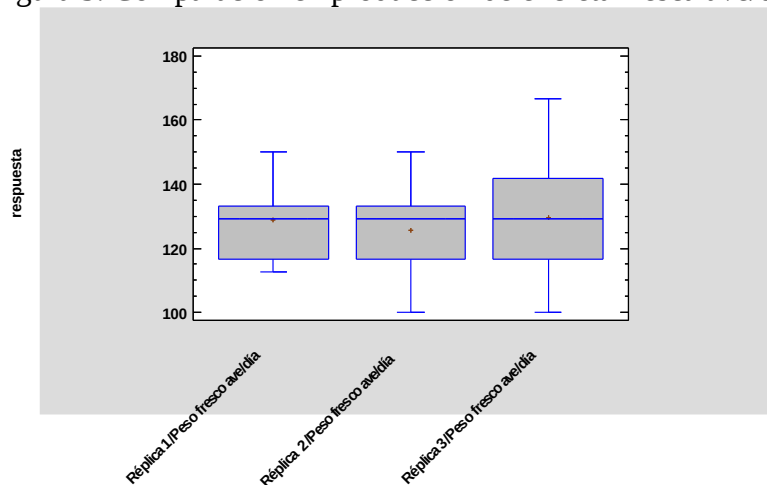


Tabla 12. ANOVA Comparación de excreta fresca ave/día

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	96,9572	2	48,4786	0,21	0,8097
Intra grupos	7532,25	33	228,25		
Total (Corr.)	7629,21	35			

Para cada una de las muestras se evaluo tanto el peso fresco como el peso seco que se obtiene despues del secado mecanico establecido en norma NTC 5167. Con el siguiente procedimiento se establece si existe una relación directa entre ambas mediciones o si factores como volumen/área superficial inciden en la medición.

Tabla 13. Modelos de Calibración - Peso seco (g) Réplica 1 vs. Peso fresco (g) Réplica 1

Y (medida): Peso seco (g) Réplica 1

X (actual): Peso fresco (g) Réplica 1

Número de observaciones: 12

Modelo Y-cuadrada X-Inversa: $Y = \sqrt{a + b/X}$

Parámetro	Estimado de Mínimos Cuadrados	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
Intercepto	2,49759E6	245800,	10,1611	0,0000
Pendiente	-7,8159E9	9,7923E8	-7,98168	0,0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	5,52807E11	1	5,52807E11	63,71	0,0000
Residuo	8,6773E10	10	8,6773E9		
Falta de Ajuste	8,51261E10	3	2,83754E10	120,61	0,0000
Error Puro	1,64691E9	7	2,35273E8		
Total (Corr.)	6,3958E11	11			

Coefficiente de correlación = -0,929693

R-Cuadrada = 86,4328 porciento

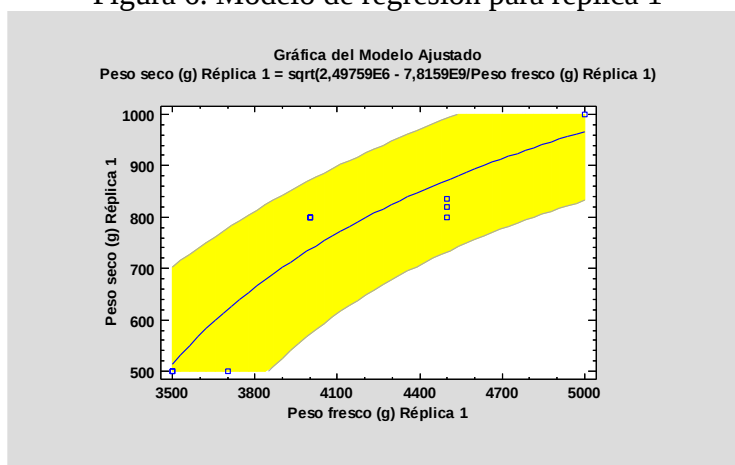
R-Cuadrada (ajustada por g.l.) = 85,0761 porciento

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Peso seco (g) Réplica 1} = \sqrt{2,49759E6 - 7,8159E9/\text{Peso fresco (g) Réplica 1}}$$

Como el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05 hay una relación estadísticamente significativa entre Peso seco (g) Réplica 1 y Peso fresco (g) Réplica 1 con un nivel de confianza del 95,0%.

Figura 6. Modelo de regresión para réplica 1



Este resultado indica que no es directamente proporcional la medición del estiercol a medida

que amenta la masa, lo que indica que las perdidas por evaporación tienden a ser menores cuando se tienen mayores cantidades de masa. Esto se ratifica con las evaluaciones hechas para las demás réplicas.

Figura 7. Modelo de regresión para réplica 2

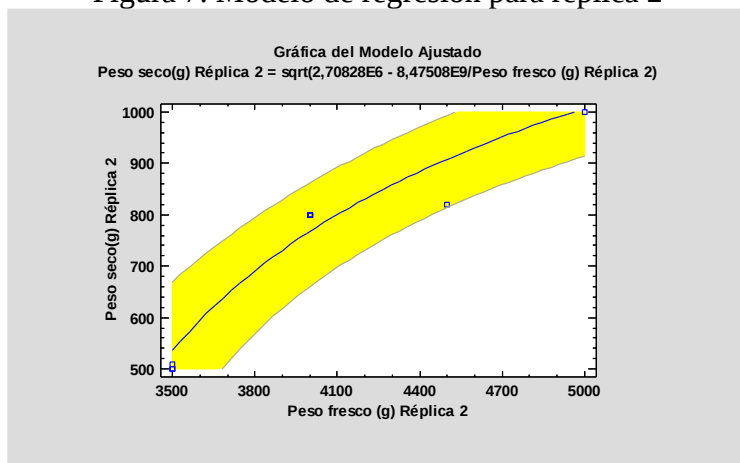
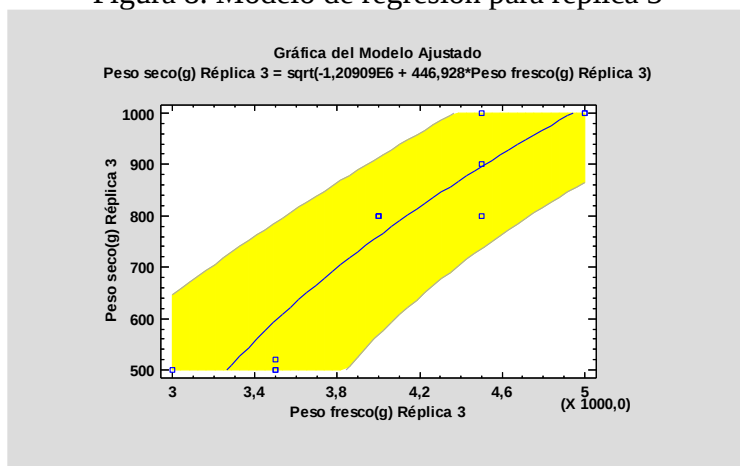


Figura 8. Modelo de regresión para réplica 3

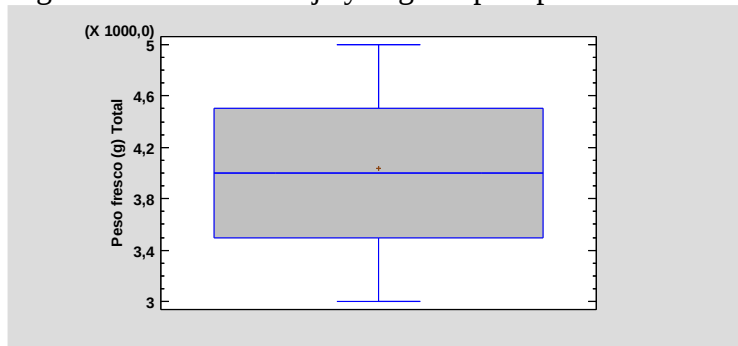


Al considerar todas mediciones de masa fresca, se obtiene el resultado que se presenta en el siguiente análisis.

Tabla 14. Resumen Estadístico para Peso fresco (g) Total

Recuento	36
Promedio	4033,33
Mediana	4000,0
Moda	4000,0
Desviación Estándar	515,475
Coefficiente de Variación	12,7804%
Coefficiente de Gini	0,070917
Mínimo	3000,0
Máximo	5000,0
Rango	2000,0
Cuartil Inferior	3500,0
Cuartil Superior	4500,0
Rango Intercuartílico	1000,0
Sesgo Estandarizado	0,901691
Curtosis Estandarizada	-0,606958

Figura 9. Gráfico de Caja y Bigotes para peso fresco total



Para el caso de la humedad, en el análisis siguientes se presentan los valores encontrados en los respectivos análisis.

Tabla 15. Resumen Estadístico para %Humedad Total

Recuento	36
Promedio	82,0306
Mediana	80,0
Moda	80,0
Desviación Estándar	2,63361
Coefficiente de Variación	3,21052%
Coefficiente de Gini	0,0171355
Mínimo	77,8
Máximo	86,5
Rango	8,7
Cuartil Inferior	80,0
Cuartil Superior	85,55
Rango Intercuartílico	5,55
Sesgo Estandarizado	1,32689
Curtosis Estandarizada	-1,68325

Figura 10. Gráfico de Caja y Bigotes para humedad

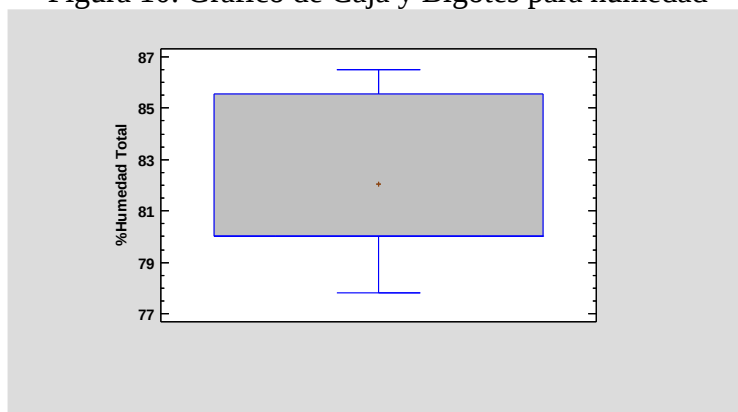
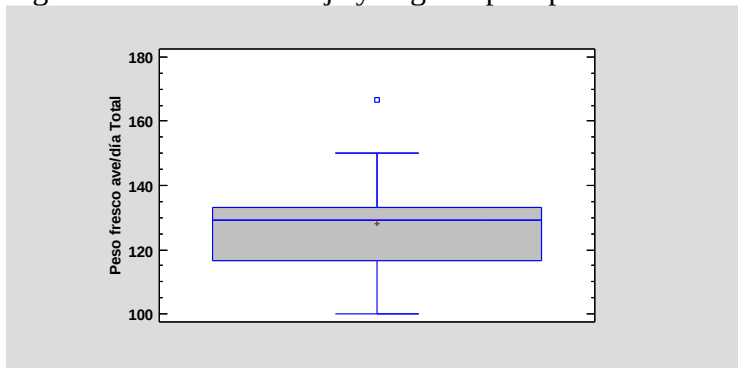


Tabla 16. Resumen Estadístico para Peso fresco ave/día Total

Recuento	36
Promedio	127,961
Mediana	129,15
Moda	133,3
Desviación Estándar	14,7641
Coeficiente de Variación	11,5379%
Coeficiente de Gini	0,0634841
Mínimo	100,0
Máximo	166,7
Rango	66,7
Cuartil Inferior	116,7
Cuartil Superior	133,3
Rango Intercuartílico	16,6
Sesgo Estandarizado	1,1032
Curtosis Estandarizada	0,307341

Figura 11. Gráfico de Caja y Bigotes para peso fresco ave/día total



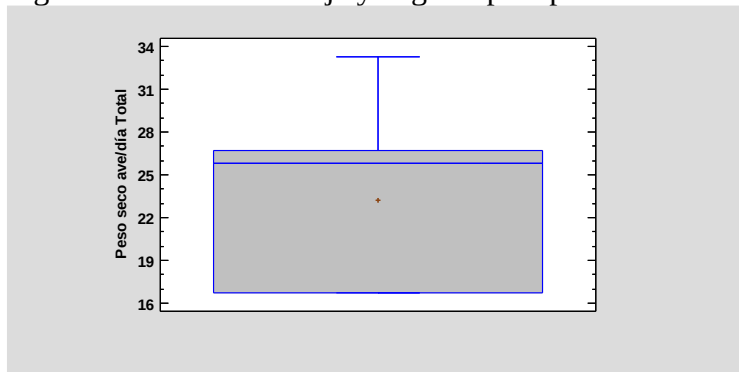
Los puntos alejados son aquellos que se encuentran a más de 1,5 veces el rango intercuartílico por arriba ó por debajo de la caja y se muestran como pequeños cuadrados. Los puntos muy alejados se encuentran a más de 3,0 veces el rango intercuartílico por arriba ó por abajo de la caja y se muestran como pequeños cuadrados con un signo más dentro de ellos. En este caso, hay 1 punto alejado, pero no hay puntos muy alejados.

Para el caso del peso seco, el siguiente análisis de los resultados encontrados.

Tabla 17. Resumen Estadístico para Peso seco ave/día Total

Recuento	36
Promedio	23,2111
Mediana	25,85
Moda	26,7
Desviación Estándar	5,29343
Coeficiente de Variación	22,8056%
Coeficiente de Gini	0,125132
Mínimo	16,7
Máximo	33,3
Rango	16,6
Cuartil Inferior	16,7
Cuartil Superior	26,7
Rango Intercuartílico	10,0
Sesgo Estandarizado	-0,0957748
Curtosis Estandarizada	-1,55261

Figura 12. Gráfico de Caja y Bigotes para peso seco ave/día Total



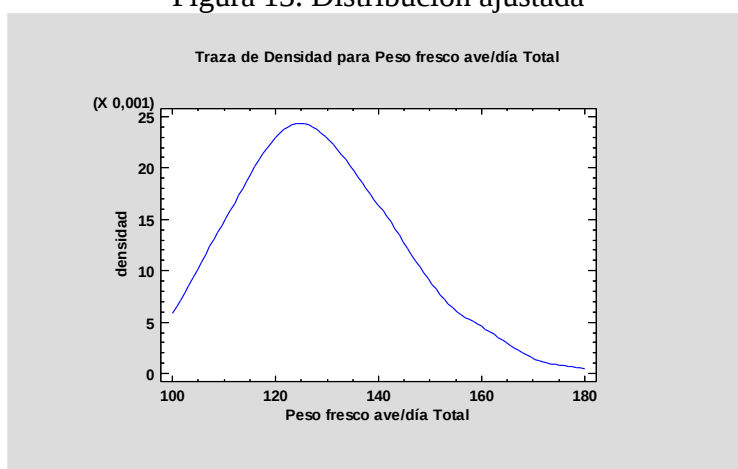
Con el siguiente procedimiento se hace un primer ajuste a la distribución de los datos para la generación de excretas mediante un Ajuste de Datos No Censurados.

Datos/Variable: Peso fresco ave/día Total
36 valores con rango desde 100,0 a 166,7

Tabla 18. Distribuciones Ajustadas

<i>Gaussiana Inversa</i>	<i>Normal</i>
media = 127,961	media = 127,961
escala = 78,2129	desviación estándar = 14,7641

Figura 13. Distribución ajustada

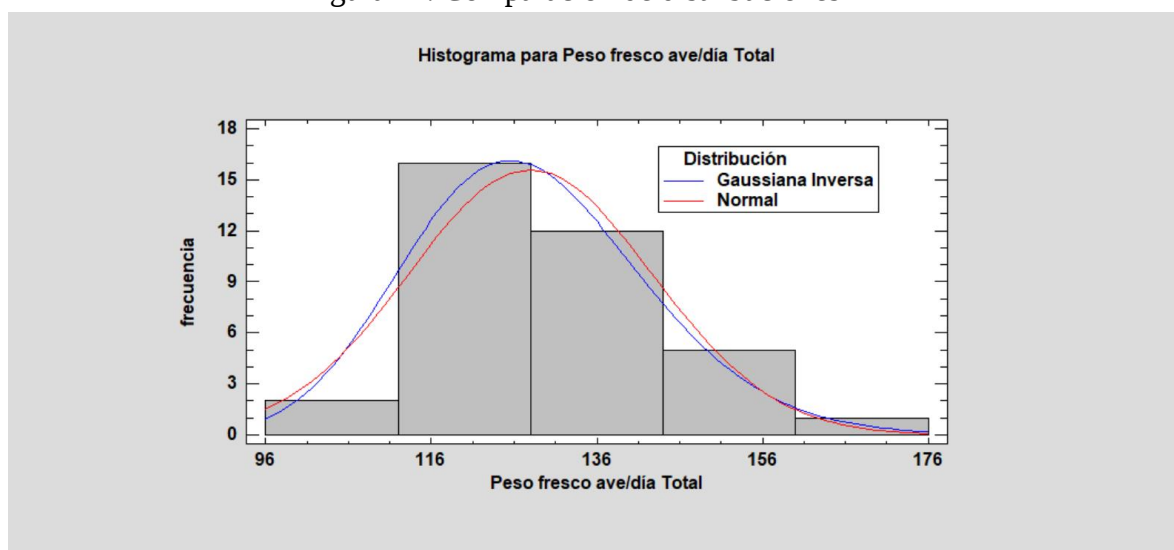


Esta gráfica muestra la traza de densidad para Peso fresco ave/día Total. Una traza de densidad es, esencialmente, un histograma suavizado el cual muestra la forma de la distribución de la cual proviene la muestra. La traza se construye contando el número de observaciones dentro de un intervalo de ancho fijo conforme se mueve a lo largo del eje X, y ponderándolas de tal modo que den un estimado suavizado de la función de densidad subyacente

En la figura 14 se da cuenta de la comparación de distribuciones de los valores medidos experimentalmente.

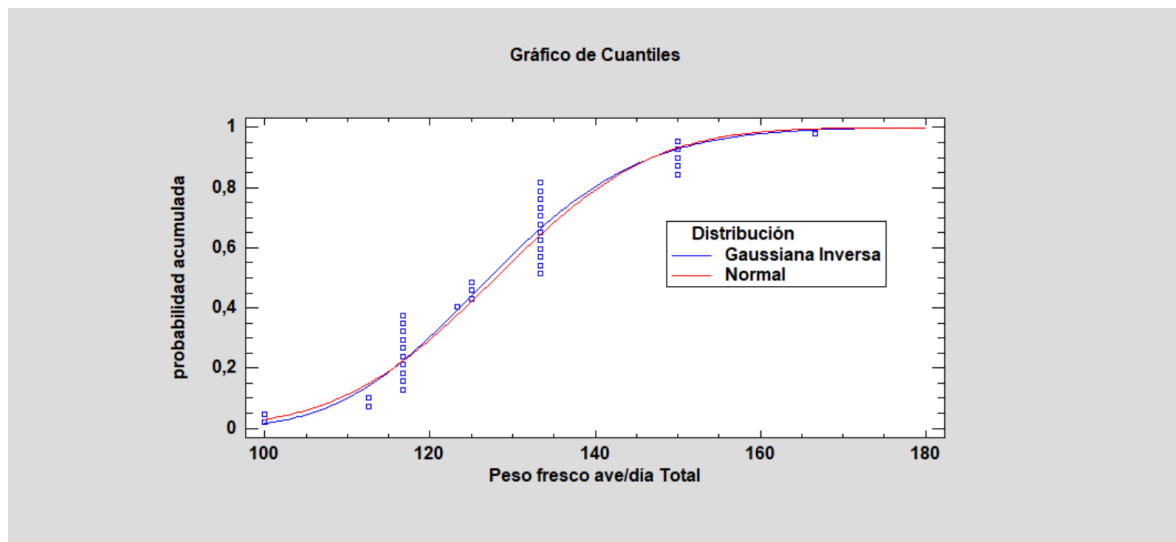
Esta gráfica muestra un histograma de frecuencias para Peso fresco ave/día Total. En esta gráfica, se han formado 5 intervalos en un rango desde un límite inferior de 96,0 hasta un límite superior de 176,0. Se ha tabulado el número de datos con valores dentro de cada intervalo. La gráfica muestra estas frecuencias. Además, la función de densidad de probabilidad para la distribución gaussiana inversa ajustada, ha sido superpuesta al histograma. Si la distribución se ajusta bien, la parte alta de las barras deberá estar relativamente cerca de la línea.

Figura 14. Comparación de distribuciones



La gráfica de cuantiles muestra la distribución acumulada empírica junto con la de la distribución ajustada. Si la distribución ajusta bien a los datos, los puntos deberán caer cerca de la curva, tal y como se observa en el gráfico siguiente.

Figura 15. Coparación de modelos ajustados



5.5. Evaluación de la producción de excreta avícola en granja con cama de piso

Gracias a la gestión de la empresa Nutriavícola en el siguiente apartado se presentan los resultados de las evaluaciones realizadas para una granja de producción de huevo comercial en piso.

Esta medición permite hacer una comparación con los valores que se obtienen en el sistema de excretas sin sustrato cama.

Información general:

- Sitio: Granja Paloblanco, empresa Nutriavícola.
- Raza de las aves: Loman-Brown
- Edad 63 semanas. Ración de alimento 107 gramos/ave.

Adecuación de las instalaciones

El ensayo se realizó en el galpón N°8, el cual se encuentra dividido por secciones con un área 53,5m². La sección cuenta con dos líneas de comedero, bebederos tipo campana y nidos.

En mencionada sección, se encaseteron 480 aves, teniendo una densidad de 9 aves por m².

Metodología

La sección recibió un total de 841 kg de cascarilla de arroz (cama) que corresponde al valor de partida y es el referente para las mediciones posteriores.

Al valor anterior de cama, se le suma la cascarilla utilizada en los nidales; con el fin de tener un valor representativo total. El peso de esta cascarilla se determina y se registra en el mismo momento de la actividad, ya que no se tiene un valor preciso.

La actividad de medición de gallinaza iniciará 15 días después del acondicionamiento de la sección. Iniciando con el retiro total de gallinaza de la sección, incluyendo la cascarilla de los nidos.

Mediante el uso de palas, escobas, estopas y balanza; se recolectará la gallinaza total generada en la sección, sumada la cascarilla de los nidales. Cada estopa de gallinaza recolectada se pesa y registra en el formato dispuesto.

De igual forma, se debe registrar las variables de humedad y temperatura dentro del galpón.

Resultados

A continuación, se relacionan las mediciones realizadas por la granja:

MEDICIÓN DE GALLINAZAS									
Granja:	Palo blanco		Aves al inicio:	480	Fecha de inicio (alistamiento)		10 de octubre		
Galpón	8 Sección		2						
Fecha	Gallinaza inicial	Cascarilla inicial	Gallinaza recolectada	Cascarilla final	Total gallinaza producida	Gallinaza producida por ave/día en GR	Mortalidad	Saldo de aves	observacion
10-oct	841	72	1019,1	66,3	172,4	25,7		480	14 días
24-oct	843	66,3	1064	59	213,7	29,7		480	15 días
8-nov	983,2	59	1222,2	58	238	33,1		480	15 días
23-nov	1222,2	58	1426,5	56,9	203,2	28,2		480	15 días
7-dic	1316	56,9	1506,9	46,7	180,7	23,5		480	16 días
23-dic	1432,5	62,2	1741,4	54,3	301	29,9		480	21 días

El proyecto de medición de gallinazas inició el 10 de octubre de 2022, la última medición fue realizada el 23 de diciembre de 2022.

En los 96 días se recolectaron un total de **1309 kg** de heces.

Teniendo presente las 6 mediciones realizadas, la producción de heces por ave tiene un promedio de **28,4 gr /día**.

Registro fotográfico



Barrido



Ajuste báscula

Raspado



Empaque

Pesaje

Observaciones.

- A pesar de que la actividad está estandarizada, es difícil garantizar la recolección de todo hasta del último gramo de gallinaza para su posterior pesaje, lo que genera incertidumbre en la medición.
- Al revisar bibliografía general, encontramos diferentes resultados como, por ejemplo:

¹“se ha demostrado que, en promedio, un ave en postura excreta **35,8 a 40,8 gr.** de heces diaria, que contienen el 75 % de agua...”

²“una gallina ponedora alcanza los 13,5 Kg de gallinaza”. Durante todo su ciclo de estadio alrededor de 90 semanas. Estaría alrededor de **20 gr por día**. En el enunciado de esta cartilla indica que el concepto de gallinaza es la mezcla de cama (cascarilla, viruta, etc), excretas, plumas, huevos rotos, residuos de alimento, etc.

³ “Las estimaciones de heces excretadas por 1 000 aves al día (basadas en el promedio de peso diario vivo durante el ciclo de producción de las aves) se sitúan en torno a 120 kg para las gallinas ponedoras...” En este sentido un ave de postura generaría 120 gr/día.

¹ http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202020000300087#:~:text=Se%20ha%20demostrado%20que%2C%20en,gallinaza%20y%20reciclarla%20como%20fuente

² *Estabilizador de suelo a partir de gallinaza/pollinaza* Pág. 6. Fenavi.

³ <https://www.fao.org/3/i3531s/i3531s.pdf>, *pág. 53*

5.6. Evaluación de la producción de excreta avícola en granja de pollo

Santa Rosa I

Datos machos:

MACHOS INICIALES	12	Unidades
PESO INICIAL	42	Gr
EDAD	1	Días
AREA	1	M2
MACHOS FINALES	12	Unidades
PESO FINAL	2,442	Kg
EDAD	37	Días
CAMA CASCARILLA INICIAL	10	Kg
CAMA CASCARILLA FINAL	21,5	Kg
CONSUMO DE ALIMENTO	48	Kg
DIFERENCIA DE PESO DE CAMA	11,5	Kg
PRODUCCIÓN DE EXCRETAS	0,96	Kg/animal-macho/ciclo

Datos Hembras:

HEMBRAS INICIALES	12	Unidades
PESO INICIAL	42	Gr
EDAD	1	Días
AREA	1	M2
HEMBRAS FINALES	12	Unidades
PESO FINAL	1,969	Kg
EDAD	37	Días
CAMA CASCARILLA INICIAL	10	Kg
CAMA CASCARILLA FINAL	19,2	Kg
CONSUMO DE ALIMENTO	35	Kg
DIFERENCIA DE PESO DE CAMA	9,2	Kg

	0,77	Kg/animal-hembra/ciclo
--	------	------------------------

Al considerar las valoraciones por día se tiene que:

Hembras: 20,7 g ave/día

Machos: 25,9 g ave día.

6. CONCLUSIONES

1. Para aves de postura Loman-Brown, en edades comprendidas entre las 17-25 semanas y en sistemas sin cama se estableció una producción promedio de excretas de $127,9 \pm 14,8$ g ave/día. El valor mínimo reportado fue de 100,0 g y el valor máximo fue de 166,7 g.
2. Para el caso de estiércol seco se tiene que la producción promedio fue de 23,2 g ave/día con un mínimo de 16,7 g ave/día y un máximo de 33,3 g ave/día.
3. En el caso de sistemas de piso con cama se encontró que el valor promedio ave/día fue de 28,4 g ave/día; con un máximo de 29,9 g ave/día y un mínimo de 23,5 g ave/día.
4. En la producción de pollo se estableció que la medición por ciclo representa:
 - a. Para los machos se tiene un valor de 0,96 kg ave/ciclo. Lo que corresponde en ave/día a 25,9 g
 - b. Para hembras se tiene un valor de 0,77 kg ave/ciclo. Lo que corresponde en ave/día a 20,7 g