

EVALUACIÓN DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN GALLINAS CRIOLLAS ECUATORIANAS

EVALUATION OF ARTIFICIAL INSEMINATION IN ECUADORIAN CREOLE HENS

Max Javier Ramón Vargas¹

¹ Universidad Técnica de Cotopaxi. Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2268-6619>. Correo: max.ramon0113@utc.edu.ec

Garzón Jarrin Rafael Alfonso²

² Universidad Técnica de Cotopaxi. Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9055-3079>. Correo: rafael.garzon@utc.edu.ec

* Autor para correspondencia: max.ramon0113@utc.edu.ec

Resumen

Gallus gallus domesticus (gallina criolla) constituye una de las especies avícolas de mayor relevancia en sistemas productivos tradicionales, siendo una fuente esencial de proteína para diversas poblaciones humanas. El estudio evaluó la eficiencia reproductiva de la inseminación artificial en gallinas criollas ecuatorianas, analizando parámetros seminales y su relación con el rendimiento reproductivo bajo condiciones controladas, se llevó a cabo en la provincia de Orellana, cantón Coca, adoptó un enfoque experimental, manipulando variables críticas como motilidad, concentración y volumen seminal, frecuencia de inseminación, y condiciones ambientales (temperatura y humedad). Estos parámetros fueron monitoreados y ajustados para determinar su efecto sobre la fertilidad y el porcentaje de eclosión. Se utilizaron 200 gallinas y 20 machos sanos. Los gallos fueron entrenados para facilitar la recolección de semen mediante masajes cloacales, mientras que las gallinas recibieron una dieta balanceada con granos tradicionales y vegetales frescos. Los datos se analizaron con estadística descriptiva y prueba U de Mann-Whitney para comparar fertilidad y eclosión. Los resultados mostraron que el semen de los gallos criollos presentó una motilidad promedio de 85%, concentración de 1450 millones de espermatozoides/ ml, y un volumen por dosis de 0,2 ml. Las condiciones ambientales fueron estables, con una temperatura promedio de 37,54 °C y humedad relativa de 68%. La frecuencia de inseminación fue de 4,5 aplicaciones por ave. La tasa de fertilidad alcanzó el 80,08% y el porcentaje de eclosión fue del 75%, demostrando que la inseminación artificial es viable en gallinas criollas. Se concluye que la calidad seminal, el manejo ambiental y la técnica adecuada son clave para una alta eficiencia reproductiva.

Palabras clave: inseminación artificial, semen, fertilidad, concentración espermática, dosis inseminante

Abstract



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Grupo Editorial “ALEMA-Pentaciencias” E-mail: alema.pentaciencias@gmail.com

Gallus gallus domesticus (Creole chicken) is one of the most important poultry species in traditional production systems, serving as a crucial source of protein for various human populations. This study evaluated the reproductive efficiency of artificial insemination in Ecuadorian Creole chickens, analyzing seminal parameters and their relationship to reproductive performance under controlled conditions. The research was conducted in the province of Orellana, Canton of Coca, using an experimental approach and manipulating critical variables such as motility, concentration, and seminal volume, insemination frequency, and environmental conditions (temperature and humidity). These parameters were monitored and adjusted to assess their effect on fertility and hatchability. A total of 200 hens and 20 healthy roosters were used. The roosters were trained to facilitate semen collection through cloacal massage, while the hens were provided with a balanced diet consisting of traditional grains and fresh vegetables. The data were analyzed using descriptive statistics and the Mann-Whitney U test to compare fertility and hatchability. The results showed that the semen of the Creole roosters exhibited an average motility of 85%, a concentration of 1450 million spermatozoa/mL, and a volume per dose of 0.2 mL. Environmental conditions remained stable, with an average temperature of 37.54°C and relative humidity of 68%. The insemination frequency was 4.5 applications per hen. The fertility rate reached 80.08%, and the hatchability percentage was 75%, demonstrating that artificial insemination is a viable method for Creole chickens. It is concluded that seminal quality, environmental management, and proper technique are key factors for high reproductive efficiency.

Keywords: artificial insemination, semen, fertility, sperm concentration, insemination dose

Fecha de recibido: 19/08/2025

Fecha de aceptado: 17/10/2025

Fecha de publicado: 23/10/2025

Introducción

En las últimas décadas, la producción avícola ha experimentado un crecimiento acelerado a escala global, impulsado por la demanda actual de proteína animal de bajo costo y al alto valor nutricional, especialmente de la carne de pollo y sus derivados. Este incremento ha posicionado a la avicultura como una actividad estratégica para fortalecer la seguridad alimentaria y dinamizar las economías rurales, particularmente en países en vías de desarrollo (Bajaña, 2023). En este contexto, el rendimiento productivo y de la calidad de la carne y los huevos en gallina se ha convertido en una prioridad, promoviendo la incorporación de nuevas tecnologías y la búsqueda de métodos reproductivos más eficientes y sostenibles. (Tene, 2014).

Las gallinas criollas, distribuidas en diversas regiones del Ecuador y en otros países que mantiene sistemas avícolas tradicionales, destacan por su rusticidad, adaptabilidad a ambientes heterogéneos y su capacidad para subsistir en escenarios con disponibilidad alimenticia limitada o fluctuante (cita). Estas características resaltan su valor como recurso zoogenético de importancia local y justifican la necesidad de desarrollar investigaciones orientadas a optimizar su eficiencia reproductiva. Entre las biotecnologías reproductivas aplicables a estas líneas locales, la inseminación artificial (IA) emerge como una herramienta clave para potenciar su desempeño productivo y preservar su variabilidad genética, (Bajaña, 2023). Su capacidad de

prosperar en sistemas de crianza extensiva, apoyados en recursos alimenticios locales como granos, forrajes y residuos agrícolas, contribuye directamente a la soberanía alimentaria de las familias rurales mediante el acceso constante a carne y huevos para autoconsumo o comercialización a pequeña escala (Zambrano, 2020)

Entre los beneficios relevantes de la inseminación artificial en aves se encuentran la posibilidad de ejercer una selección genética más precisa, orientar los programas de mejoramiento hacia atributos deseables con mayor eficiencia de puesta, mejor calidad de canal o resistencia a enfermedades, y optimizar el uso de machos reproductores, La Inseminación Artificial permite incrementar el número de hembras fertilizadas por macho, reducir costos asociados al mantenimiento de reproductores y mejorar el control sanitario de los sistemas productivos (Ortega, 2016). Para que la inseminación artificial sea implementada con éxito en gallinas criollas ecuatorianas es indispensable generar conocimiento científico adaptado a sus particularidades fenotípicas y reproductivas y a profundidad su biología reproductiva, incluyendo la dinámica de los ciclos reproductivos, la edad optima de madurez sexual, los factores que afectan la fertilidad y la respuesta a diferentes ambientes y regímenes de manejo. Comprender estas variaciones es esencial para diseñar protocolos de inseminación que consideren la heterogeneidad genética y la diversidad de líneas criollas presentes en el país (Gualpa, 2023).

De forma paralela, se requiere perfeccionar los procedimientos asociados al manejo del semen incluyendo su recolección, dilución, conservación y transporte, debido a su su impacto directo sobre la viabilidad espermática y, consecuencia, sobre los indicadores de fertilidad (Medina, 2012). También es necesario ajustar los parámetros operativos de las IA a las condiciones específicas del Ecuador, tales como la cantidad adecuada de semen por dosis, la frecuencia óptima de inseminación y la disponibilidad y calidad de machos reproductores en sistemas rurales. (Carrillo, 2014). Se prevé que los resultados de este estudio no solo aporten evidencia científica sobre la viabilidad y los beneficios potenciales de la inseminación artificial en gallinas criollas, sino que también constituyan una base para futuras líneas de investigación relacionadas con la estandarización de protocolos, la determinación de momentos óptimos de inseminación y la identificación de líneas genéticas locales con alto potencial reproductivo (Coronado,2023). Estas acciones podrían consolidar el papel de la avicultura criolla como un eje fundamental para el desarrollo rural sostenible. (Coronado, 2023).

En este marco, el objetivo general de la presente investigación fue evaluar la eficiencia de la inseminación artificial en gallinas criollas ecuatorianas, como un paso decisivo hacia la incorporación de prácticas reproductivas innovadoras que fortalezcan la producción avícola local. Los datos obtenidos sobre fertilidad, porcentaje de huevos fértiles y eclosión permiten identificar oportunidades concretas para optimizar los programas de mejoramiento genético y las prácticas de manejo. Estos hallazgos constituyen un fundamento técnico relevante para incrementar la productividad avícola y promover un desarrollo rural más sostenible y equitativo. Asimismo, el uso de IA podría impactar positivamente la seguridad alimentaria y el bienestar socioeconómico de los productores, quienes dispondrían de una herramienta viable y eficiente para maximizar el potencial reproductivo de sus gallinas criollas (Medina, 2012).

Materiales y métodos

Localización y duración del experimento

La investigación se desarrolló en la provincia de Orellana, ubicada en la región amazónica del Ecuador, en un piso altitudinal bajo con una elevación promedio de 250–300 m s. n. m., correspondiente a la llanura amazónica. Esta zona presenta un clima húmedo tropical, caracterizado por temperaturas medias anuales que oscilan aproximadamente entre 24 y 26 °C, alta humedad relativa generalmente superior al 80 % y precipitaciones abundantes distribuidas a lo largo del año, que superan ampliamente los 2 500 mm anuales

Modalidad o enfoque de la investigación

- **Cuantitativo.** Si bien la investigación no siguió un diseño experimental tradicional con manipulación de variables y grupos control, se apoyó en observaciones y datos cuantitativos, propios de la metodología cuantitativa. Aquí la estadística descriptiva no pretende verificar hipótesis de causa y efecto (como en un diseño experimental), sino que se interesa por reunir, organizar y analizar datos numéricos para describirlos.
- **Enfoque Empírico:** La investigación se apoya en la observación directa del proceso de inseminación artificial en gallinas criollas, es decir, de manera empírica. Implica recoger datos de la realidad tal como sucede, sin manipular variables ni condiciones controladas (como en los experimentos tradicionales).
- **Enfoque Descriptivo:** La estadística descriptiva utilizada en esta investigación se usa para organizar, resumir y describir los datos recolectados. No se llevó a cabo una prueba de hipótesis, pero la estadística descriptiva sirve para reconocer patrones, distribuciones y características principales de los datos obtenidos (por ejemplo, tasas de éxito de inseminación artificial, número de óvulos fertilizados, etc.). En definitiva, el abordaje del conocimiento en esta investigación fue cuantitativo, ya que se apoyó en datos numéricos, y descriptivo, ya que se usó estadística descriptiva para organizarlos y analizarlos sin manipulación experimental controlada. Además, por ser una forma de mirar la realidad, también tiene una parte empírica, de recogida de datos de la realidad, sin manipulación de variables.

Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental, ya que se manipularon variables controladas en el proceso de inseminación artificial en gallinas criollas. Estas variables abarcan desde la calidad y concentración del semen hasta las condiciones ambientales en el momento de la inseminación, como la temperatura y la humedad. Estos factores se manipularon y controlaron durante todo el experimento para analizar cómo afectaban los resultados reproductivos, específicamente el porcentaje de fertilización y el porcentaje de eclosión de los huevos. Con este tipo de investigación se midió de forma controlada los efectos de cada tratamiento manipulado, tratando de encontrar relaciones de causa-efecto sobre el desempeño reproductivo de las gallinas.

Población y muestra

La población total fue de 200 gallinas criollas pertenecientes a la provincia de Orellana, con el fin de obtener una muestra representativa y manejable dentro de las limitaciones operativas del sistema reproductivo, se seleccionaron 40 hembras mediante muestreo aleatorio simple. La lista completa de las 200 aves se utilizó como marco muestral, y la selección final se realizó mediante números aleatorios generados en Microsoft Excel, asegurando la ausencia de sesgos por edad, peso o condición corporal.

Unidades experimentales

Las 40 gallinas fueron organizadas en 8 unidades experimentales conformadas por 5 hembras cada una. Esta estructura operativa se utilizó para estandarizar el manejo, la alimentación y la logística de inseminación artificial, aunque la unidad de análisis estadístico correspondió a cada gallina de manera individual, dado que las respuestas reproductivas (fertilidad y eclosión) se registraron por ave. Las unidades experimentales se mantuvieron en instalaciones separadas, pero bajo condiciones ambientales y de manejo homogéneas, garantizando uniformidad en densidad, iluminación, temperatura,

Machos reproductores y esquema de asignación

Se utilizaron 20 gallos reproductores clínicamente sanos y con aptitud seminal comprobada. La distribución de los machos a las hembras se realizó mediante un esquema de asignación aleatoria con rotación sistemática, diseñado para minimizar efectos de macho y evitar dependencia de un único ejemplar sobre un grupo de hembras. El procedimiento se detalló de la siguiente manera: Los 20 gallos fueron numerados del 1 al 20. Para cada semana reproductiva, se generó un orden aleatorio que asignó cinco machos por tanda a las ocho unidades de hembras. La rotación se efectuó semanalmente, de modo que cada unidad recibió material seminal proveniente de diferentes machos a lo largo del periodo, reduciendo el efecto de un reproductor en particular sobre los resultados.

Este sistema permitió asegurar que la variabilidad seminal estuviese distribuida equitativamente entre las unidades.

Variables evaluadas: motilidad espermática, concentración espermática, volumen / dosis del eyaculado, frecuencia de inseminación, temperatura para la inseminación, humedad, tasa de fertilidad, porcentaje de eclosión de los huevos

Análisis estadístico: Desviación estándar: Varianza, El estadístico t de Student y Pruebas para proporciones binomial exacta, intervalos de confianza binomiales).

Procedimiento experimental

Para la selección de los ejemplares se utilizaron criterios previamente definidos, es decir se incluyeron únicamente aves de línea criolla pura, sin indicios de cruzamiento visible, con edades comprendidas entre 12 a 24 meses, con condición corporal adecuada y sin defectos físicos. Una vez seleccionados, los reproductores

fueron sometidos a un periodo de reposo de 7 días para facilitar su adaptación antes de las maniobras de manipulación. Posteriormente, previo a la colecta, cada ave fue inmovilizada cuidadosamente para minimizar el estrés, y se efectuó la asepsia externa de la región cloacal, acompañada del recorte del plumaje circundante, con el fin de disminuir el riesgo de contaminación del eyaculado.

La colecta de semen se realizó mediante estimulación manual, para lo cual el gallo fue colocado en posición vertical, aplicándose una ligera presión sobre la región dorsal y caudal mientras se masajeaban los flancos en dirección a la cloaca, hasta inducir la eyaculación, posteriormente el semen fue recolectado en recipientes estériles y evaluado de inmediato para determinar sus características básicas, incluyendo volumen, motilidad y concentración espermática. Para el procedimiento de inseminación artificial, cada gallina fue sujeta en posición inclinada y se aplicó presión moderada en la región abdominal con el fin de exteriorizar la cloaca, y la dosis seminal fue depositada directamente en el oviducto, asegurando la correcta administración del material genético.

Metodología de evaluación

Para la evaluación de las variables seminales, productivas y ambientales se emplearon los siguientes procedimientos:

- **Concentración espermática (evaluación macroscópica indirecta):** se estimó de forma visual a partir de la apariencia del eyaculado fresco, considerando su transparencia, densidad, granularidad, opacidad y coloración, así como la intensidad del movimiento espermático observado al microscopio. Para ello, se comparó cada muestra con una escala visual de referencia semicuantitativa, asignando categorías de baja, media o alta concentración, que posteriormente fueron expresadas en valores aproximados para el análisis estadístico descriptivo.
- **Motilidad espermática (evaluación microscópica):** se evaluó en semen fresco inmediatamente después de la colecta. El eyaculado se mantuvo a 37 °C hasta el momento de la observación. Se colocó una gota pequeña de semen sobre un portaobjetos atemperado a 37 °C y se cubrió cuidadosamente con un cubreobjetos para evitar la formación de burbujas y la desecación de la muestra. La evaluación se realizó al microscopio óptico con aumento de 40x (y ocasionalmente 100x para confirmación), diferenciando tres categorías: espermatozoides con movilidad progresiva (desplazamiento rectilíneo o casi rectilíneo), movilidad no progresiva (movimientos oscilatorios o en sitio) y espermatozoides inmóviles. La proporción de cada categoría se determinó por estimación porcentual, observando varios campos microscópicos y calculando un promedio visual de la distribución de los tipos de motilidad en cada muestra.
- **Tasa de fertilidad:** Para la determinación de la fertilidad se incubaron 200 huevos procedentes de las gallinas inseminadas. La condición fértil o infértil de cada huevo se estableció mediante ovoscopia en el momento adecuado del desarrollo embrionario (fase intermedia de incubación). Un huevo se consideró fértil cuando se observaron estructuras embrionarias o vascularización interna. La tasa de fertilidad se calculó empleando la fórmula:

$$Tasa\ de\ fertilidad, \% = \frac{\text{Número de huevos fértiles}}{\text{Número total de huevos incubados}} \times 100$$

- **Porcentaje de eclosión:** Una vez determinado el número de huevos fértiles por ovoscopia, se registró cuántos de ellos produjeron pollitos vivos al término del periodo de incubación. El porcentaje de eclosión se calculó únicamente sobre la base de los huevos fértiles, mediante la expresión:

$$\text{Porcentaje de eclosión (\%)} = \frac{\text{Número de pollitos nacidos}}{\text{Número de huevos fértiles}} \times 100$$

Este enfoque permitió discriminar pérdidas debidas a infertilidad de aquellas asociadas a fallas en el desarrollo embrionario o en las condiciones de incubación.

- **Frecuencia de inseminación:** La frecuencia de inseminación se registró de forma sistemática en una hoja de control, consignando el número de veces que cada gallina fue inseminada durante el periodo experimental. Con estos datos se elaboró una base de registros individuales y se aplicó estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, varianza y coeficiente de variación) para caracterizar el patrón de inseminación en el lote experimental.
- **Condiciones ambientales:** Las condiciones ambientales durante la colecta de semen y la inseminación artificial se monitorearon mediante un termohigrómetro (digital o analógico), colocado en el mismo ambiente de trabajo, aproximadamente a la altura de las aves y alejado de corrientes de aire directas, paredes expuestas al sol, fuentes de calor u otros elementos que pudieran sesgar la lectura. El equipo se encendió algunos minutos antes de iniciar cada jornada para permitir la estabilización de los sensores, y se registraron la temperatura (°C) y la humedad relativa (%) al inicio de las actividades y, cuando fue posible, en horarios similares en cada sesión, con el fin de garantizar la comparabilidad de las mediciones ambientales entre días.
- **Volumen de la dosis seminal:** El volumen del semen fresco recolectado en cada eyaculado se midió directamente en tubos cónicos estériles graduados, leyendo el volumen total expulsado por cada gallo. A partir de estos datos se calcularon los parámetros descriptivos (media, desviación estándar, varianza y coeficiente de variación), lo que permitió caracterizar el volumen promedio disponible por eyaculado y su variabilidad y establecer el volumen de dosis seminal empleada en la inseminación artificial de las gallinas.

Resultados y discusión

Análisis de los parámetros evaluados en la investigación

Motilidad espermática. La motilidad espermática registró una media del 85 %, con una desviación estándar de 2,59 y una varianza de 6,72, lo que indica una baja dispersión de los valores alrededor de la media. Además, el coeficiente de variación del 3,05 % corroboró una variabilidad mínima, evidenciando un comportamiento uniforme de los datos.

Tabla 1: Estadísticas descriptivas del porcentaje de motilidad espermática

Estadística	Valor
Media	85 %
Desviación estándar	2,59
Varianza	6,72
Coefficiente de variación	3,05%
t (vs. H=84)	2,44
t'Student	0,02*

Al aplicar la prueba t'Student, que generó un estadístico $t = 2,44$ y un valor p de 0,02, se determinó que las diferencias fueron altamente significativas, este resultado proporcionó evidencia estadística para concluir que la media observada superó de manera consistente y significativa el valor de referencia planteado. Estos resultados son similares a los reportes de (Arthola, 2011) y (Rayo, 2011) quienes encontraron que la calidad del semen fresco y la técnica de inseminación permitieron una motilidad espermática entre el 85% y el 90%, en su orden resaltando la efectividad de la inseminación artificial en gallinas.

Del mismo modo (Ortega, 2016) y (Paltin 2016). enfocaron su investigación en la relación entre la motilidad del semen y la fertilidad, obteniendo una motilidad espermática del 80% y el 88%, lo que subraya la importancia de la motilidad en el éxito reproductivo. Por otro lado, (Hernández, 2022), en su estudio sobre los efectos de la criopreservación y el daño oxidativo en los espermatozoides, reportó que motilidad espermática variaba entre el 50% y el 65%, un resultado significativamente más bajo como lo que refleja el impacto negativo que tiene la preservación sobre la viabilidad del semen. Finalmente, (Pérez, 2023) en su estudio sobre el uso de diluyentes, crioprotectores y antioxidantes, reportó una motilidad espermática que osciló entre el 82% y el 86%, lo que destaca la importancia de los aditivos en la preservación y calidad del semen para mejorar los resultados reproductivos.

Los resultados de la motilidad espermática del semen de gallo muestran gran uniformidad y estabilidad biológica, lo que es un índice de que el semen utilizado en las inseminaciones fue de buena calidad para procesos reproductivos controlados. La pequeña dispersión entre las mediciones indica que los espermatozoides se comportaron de manera fisiológica, como se espera en muestras bien manipuladas y no sometidas a estrés térmico ni deterioro durante su recolección, dilución y almacenamiento. Por lo tanto, el semen utilizado fue de una calidad apta para inseminar aves, por lo que las diferencias encontradas en la respuesta reproductiva de las gallinas criollas se deben a factores propios del manejo de las aves, su condición fisiológica, la técnica de inseminación o las condiciones ambientales del sistema productivo, antes que a problemas de motilidad espermática.

Concentración de Espermatozoides. La concentración espermática presentó una media de 1450 millones/ml, con una desviación estándar de 141,34 y una varianza de 19 978,15; en conjunto, estos parámetros indicaron una dispersión moderada. De hecho, el coeficiente de variación del 9,75 % evidenció una baja fluctuación relativa entre muestras, compatible con un manejo uniforme del material seminal

durante el experimento. Además, de acuerdo con la prueba t'Student ($t = 0,09$; $p = 0,93$) no se registró diferencias estadísticas ($p > 0,05$), por lo que se aceptó la hipótesis nula y se concluyó que la media de la concentración espermática no difirió del valor hipotético de 1452 millones/ml.

Tabla 2: Estadísticas descriptivas de la concentración espermática.

Estadístico	Valor
Media	1450,00 millones/ml,
Desviación estándar (m)	141,34
Varianza (m)	19978,15
Coefficiente de variación	9,75 %
t (vs. H= 1452)	0,93
t'Student	0,09

Al comprar diversas investigaciones en gallinas comerciales se ha demostrado concentraciones de espermatozoides similares, y que van de $2,0$ a $3,0 \times 10^9$ espermatozoides/ml, por lo que se cita los estudios de (Arthola, 2011) y (Rayo, 2011) quienes reportaron concentraciones entre 2500 a 3500 millones/ml, al evaluar la técnica de recolección de semen y la calidad del eyaculado, destacando la importancia de una correcta manipulación para preservar la viabilidad espermática. Del mismo modo (Ortega, 2016) reportó valores de 2600-3400 millones/ml, como se indica en la tabla 4, al efectuar el análisis de la relación entre la concentración espermática y la fertilidad, respaldando la teoría de que una mayor concentración puede correlacionarse con una mejor tasa de fecundación, siempre que la calidad del semen sea adecuada. De la misma manera (Hernández, 2022), encontró concentraciones más bajas puesto que los valores oscilaron entre 1500-2800 millones/ml, al estudiar el efecto de la criopreservación, evidenciando que este proceso puede reducir la concentración y viabilidad espermática debido al daño celular generado por el congelamiento y descongelamiento. Finalmente, (Pérez, 2023), reportó las concentraciones más bajas puesto que los valores variaron entre 1200-1500 millones/ml, al analizar el impacto de los diluyentes, resaltando que la dilución inadecuada del semen puede reducir la cantidad efectiva de espermatozoides viables en la inseminación artificial.

En términos prácticos, la mayoría de las dosis espermáticas se mantuvieron dentro de un rango relativamente estrecho alrededor del valor medio, lo que refleja una marcada uniformidad en la calidad del semen empleado. Esta concentración de valores en torno al promedio evidencia que las variaciones entre las muestras fueron mínimas y que no se produjeron fluctuaciones relevantes que pudieran comprometer la eficacia del proceso reproductivo. En el contexto de la inseminación artificial en gallinas criollas, este nivel de homogeneidad es fundamental, ya que garantiza que las diferencias en los resultados reproductivos no se deban a inconsistencias en la calidad seminal, sino a otros factores propios del manejo, la técnica aplicada o el estado fisiológico de las aves. De este modo, la estabilidad observada en las dosis espermáticas contribuye directamente a asegurar condiciones más controladas y confiables durante la inseminación, favoreciendo una mayor precisión en la evaluación del desempeño reproductivo.

Frecuencia de Inseminación. La frecuencia de inseminación registró una media de 4,5 días por aplicación,

acompañada de una desviación estándar de 1,13 y una varianza de 1,28; en conjunto, estos parámetros reflejaron una dispersión moderada en torno al valor central. En particular, el coeficiente de variación del 5,16 % mostró una variabilidad reducida entre observaciones, lo que sugiere un manejo homogéneo del procedimiento durante el experimento.

Tabla 3: Estadística descriptiva de la frecuencia de inseminación.

Estadístico	Valor
Media	4,5 días/IA
Desviación estándar (m)	1,13
Varianza (m)	1,28
Coeficiente de variación	5,16 %
t (vs. H= 5)	8,38
Prueba de t'Student	0,01**

Según la prueba de t'Student ($t = 8,38$; $p = 0,01$), se obtuvieron diferencias altamente significativas ($p < 0,05$), por lo que se rechazó la hipótesis nula, en consecuencia, se determinó que la media observada de la frecuencia de inseminación fue significativamente distinta del valor hipotético de 5 días. Los resultados expuestos de frecuencia de la inseminación son similares al ser comparados con (Arthola, 2011) y (Rayo, 2011) determinaron que una frecuencia de inseminación de 2 a 3 días utilizando semen fresco favorece la fertilidad, lo cual se ajusta a la teoría de la eficiencia reproductiva, que plantea que mantener una cantidad continua de espermatozoides en el tracto reproductivo favorece una mayor tasa de fecundación.

Del mismo modo (Ortega, 2016) encontró que una frecuencia más amplia puesto que los valores oscilaron entre 3a 7 días, podría ser efectiva dependiendo de la viabilidad espermática, en concordancia con la teoría de la longevidad espermática, que indica que los espermatozoides pueden permanecer activos varios días tras la inseminación. Mientras que (Hernández, 2022) al estudiar semen criopreservado, estableció una frecuencia de cada 5 días, sustentando la teoría del daño criogénico, que explica cómo la congelación y descongelación afectan la viabilidad espermática, requiriendo ajustes en la frecuencia de inseminación. Por su parte, (Pérez, 2023) propuso un intervalo de 4 días, equilibrando calidad y cantidad espermática según la teoría del equilibrio reproductivo, la cual sugiere que una frecuencia moderada maximiza la fertilidad sin comprometer la calidad del semen. Desde el punto de vista zootécnico, este comportamiento es señal de que los procedimientos realizados manejo de las aves, recolección y aplicación del semen, frecuencia de inseminación y condiciones ambientales se llevaron a cabo de manera uniforme, reduciendo al mínimo las variaciones que pudieran afectar la eficiencia reproductiva. El contraste estadístico verificó con total certeza que el promedio de esta variable superó el valor esperado, lo que certifica técnicamente que las prácticas aplicadas lograron conservar los estándares de control. En la realidad de la producción avícola campesina y de gallinas criollas en Ecuador, estos resultados confirman que la variable es un buen indicador de que el protocolo de IA está funcionando y que su estabilidad ayuda a mejorar la predictibilidad y la calidad en la reproducción.

Volumen de la dosis inseminante. El volumen de semen registró un promedio de 0,20 ml, acompañado de

una desviación estándar de 0,11 ml y una varianza de 0,01. Estos valores muestran que las mediciones se mantuvieron relativamente agrupadas alrededor de la media. Además, el coeficiente de variación de 8,20 % indica una variabilidad baja entre las muestras, lo que refleja uniformidad en el proceso de recolección durante el estudio.

Tabla 4: Estadísticas descriptivas del volumen de la dosis inseminante.

Estadístico	Valor
Media	0,20
Desviación estándar (DE)	0,11
Varianza (n-1)	0,01
Coeficiente de variación (CV, %)	8,20
t (vs. $\mu=0.2$ ml)	0,14
p- valor	0.89

La prueba de t' Student ($t = 0,14$; $p = 0,89$) evidenció que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) con respecto al valor hipotético de 0,20 ml; por tanto, no se rechazó la hipótesis nula. Esto implica que el volumen promedio obtenido no difiere del valor teórico establecido, lo que confirma que el volumen eyaculado se mantuvo estable bajo las condiciones experimentales aplicadas. Al respecto Arthola (2011) y Rayo (2011) utilizaron un volumen de 0.1 a 0.2 ml, enfocándose en la técnica de inseminación y la concentración de espermatozoides, lo que sugiere que un volumen moderado es efectivo para mantener una alta concentración de espermatozoides sin comprometer la técnica. (Ortega, 2016) indicó que el volumen adecuado para no causar daño al tracto reproductivo es de 0.1 ml, destacando la importancia de evitar daños por una cantidad excesiva de semen.

De la misma manera Hernández (2022) recomendó un volumen de 0.2 ml cuando se utiliza semen criopreservado, lo que refleja la necesidad de un volumen ligeramente mayor para compensar la pérdida de calidad durante la criopreservación. En comparación de las afirmaciones de Pérez, (2023) también usó un volumen de 0.1 ml, enfocándose en el balance entre la cantidad de espermatozoides y el volumen, lo que sugiere que una dosis más pequeña puede ser suficiente para lograr una inseminación efectiva si la concentración espermática es adecuada. Finalmente, Rodríguez, (2023) comparó volúmenes de 0.1 a 0.2 ml, observando que no hay diferencias significativas en la viabilidad espermática entre estos volúmenes, lo que implica que una variedad de volúmenes puede ser efectiva, dependiendo de otros factores. En conjunto, estos estudios muestran que el volumen de la dosis inseminante debe ajustarse cuidadosamente según el tipo de semen, la técnica utilizada y los objetivos reproductivos, para asegurar una inseminación exitosa sin dañar el tracto reproductivo ni comprometer la viabilidad espermática.

Desde el punto de vista zootecnista, el volumen de 0,20 mL por dosis inseminante en gallinas criollas de Ecuador puede ser el apropiado siempre y cuando vaya acompañado de una concentración y calidad espermática adecuada, ya que estas aves, debido a su rusticidad y menor uniformidad genética en comparación

con líneas comerciales, pueden presentar respuestas reproductivas más variables. En sistemas productivos rústicos y semintensivos, donde predominan las gallinas criollas, garantizar un volumen similar al estándar recomendado puede compensar en parte las pérdidas que se pueden generar durante la manipulación y deposición del semen, logrando fertilidad y eclosión aceptables sin necesidad de recurrir a un número excesivo de machos reproductores. Sin embargo, la alta variabilidad entre dosis encontrada indica la necesidad de estandarizar protocolos de colecta, dilución y aplicación (capacitación del personal, manejo higiénico del semen, control del intervalo entre colecta e inseminación) para que los programas de inseminación artificial sean una herramienta real para mejorar la genética y la productividad de las gallinas criollas adaptadas a las condiciones ambientales y de manejo de las pequeñas explotaciones avícolas ecuatorianas.

Tasa de fertilidad. En la tabla 5, se muestra que el porcentaje de fertilidad presenta una media de 80,08 %, con una desviación estándar de 3,57 % y una varianza de 12,73, lo que se traduce en un coeficiente de variación de 4,45 %, es decir, una dispersión relativamente baja alrededor de la media; en términos prácticos, los valores de fertilidad son bastante homogéneos entre las observaciones.

Tabla 5: Estadísticas descriptivas de la Tasa de Fertilidad.

Estadístico	Valor
Media	80,08 %
Desviación estándar (DE)	3,57 %
Varianza (n-1)	12,73
Coeficiente de variación (CV)	4,45 %

El análisis bibliométrico de los trabajos realizados sobre la inseminación en gallinas por Arthola (2011) quien al evaluar técnicas de inseminación y tipos de apareamiento reportó una tasa de fertilidad del 83 %, de la misma manera Ortega (2016), realizar la evaluación de diferentes grupos de manejo reproductivo utilizando técnicas de inseminación reporto tasas de fertilidad promedio del 80-90 % . De la misma manera (Hernández, 2022), reportó tasas de fertilidad que oscilaron entre 75-78%, destacando la influencia de la criopreservación y apoyando la teoría de la viabilidad espermática, que señala la afectación celular del semen congelado. Finalmente, (Pérez, 2023) indicó un 82% de fertilidad al analizar la selección de machos, diluyentes y frecuencia de inseminación, en concordancia con la ya mencionada; teoría de la eficiencia reproductiva, que subraya la importancia de elegir animales con alta capacidad fertilizante y optimizar los procedimientos de inseminación. Los estudios sugieren que la inseminación artificial bien manejada puede igualar o superar la fertilidad del apareamiento natural, la clave la calidad del semen y el manejo.

Tasa de Eclosión: La tabla 7, muestra que el porcentaje de eclosión presenta una media de 75,00 %, con una desviación estándar de 2,99 % y una varianza de 8,92, lo que se traduce en un coeficiente de variación de 3,98 %, indicando una dispersión baja y una respuesta bastante homogénea entre las repeticiones.

Tabla 6: Estadísticas descriptivas del Porcentaje de eclosión.

Estadístico	Valor
Media	75,00 %
Desviación estándar (DE)	2,99 %
Varianza (n-1)	8,92
Coeficiente de variación (CV)	3,98 %

En el análisis bibliométrico de los trabajos realizado sobre la tasa de eclosión se cita a la investigación de (Arthola, 2011), quien estableció que la inseminación artificial, aunque más costosa, permitió obtener un 83% de fertilidad de huevos, superior al 75% logrado con la monta natural, pero destacaron que es más adecuada para razas industriales. De la misma manera (Ortega, 2016) reportó una fertilidad del 90% y un nacimiento de pollos vivos del 80%, como se aprecia en la tabla 2, destacando que un manejo adecuado de la incubación y la selección de tratamientos específicos mejora los resultados reproductivos. (Pérez, 2023) reportó una tasa de eclosión del 75 % señalando que para maximizar el nacimiento de pollitos es crucial seleccionar cuidadosamente los huevos y controlar la temperatura y la humedad durante la incubación, considerando que, dichos factores ambientales tienen un impacto significativo en la salud y el desarrollo de los embriones.

En conjunto, estos estudios resaltan la relevancia de un manejo integral de la reproducción, donde la calidad genética, las condiciones ambientales y la nutrición juegan un papel crucial para mejorar la eficiencia reproductiva y económica en la avicultura Finalmente, (Hernández, 2022), registró valores medios 78 % de eclosión por lo que sugiere que la calidad espermática también impacta la viabilidad embrionaria, ya que espermatozoides con daño oxidativo pueden generar embriones débiles o inviables. Además, la nutrición de las reproductoras es clave, pues deficiencias en vitaminas A, E y ácido fólico afectan el desarrollo embrionario y reducen la tasa de eclosión. El porcentaje de eclosión registrado (75 %) se encuentra dentro de un rango aceptable para gallinas criollas, las cuales, debido a su menor grado de selección genética y su variabilidad fenotípica, suelen presentar resultados inferiores a los observados en líneas comerciales altamente especializadas. En avicultura zootécnica se consideran niveles de referencia aproximados para incubación bajo condiciones controladas

Comparación entre porcentaje de fertilidad y tasa de eclosión de huevos

Las tasas de fertilidad y eclosión fueron comparadas mediante pruebas no paramétricas para datos pareados, debido a que ambas variables corresponden a proporciones y no cumplen los supuestos de normalidad requeridos para métodos paramétricos. La prueba de los signos, implementada como una prueba binomial exacta, indicó que en 33 de 37 comparaciones válidas la tasa de fertilidad fue superior a la de eclosión, mientras que solo en cuatro casos se observó el patrón contrario ($p < 0,001$). Este resultado evidencia una tendencia direccional marcada a favor de la fertilidad.

Tabla 7: Rangos promedios

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Eclosion - Fertilidad	Rangos negativos	33 ^a	20,35	671,50
	Rangos positivos	4 ^b	7,88	31,50
	Empates	3 ^c		
	Total	40		

a. Eclosión < Fertilidad

b. Eclosión > Fertilidad

c. Eclosión = Fertilidad

De manera complementaria, la prueba de rangos con signo de Wilcoxon confirmó esta tendencia, registrándose una suma de rangos positivos de 671,5 frente a 31,5 en los rangos negativos (Z o Wilcoxon = 4,83; $p < 0,001$). La consistencia entre ambas pruebas demuestra que la diferencia no solo es estadísticamente significativa, sino también robusta frente a las variaciones en la magnitud de las diferencias individuales.

Estadísticos de prueba^a

	Eclosión - Fertilidad
Z	-4,836 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

En conjunto, los análisis indican que la tasa de fertilidad es significativamente mayor que la tasa de eclosión dentro de la población analizada. La diferencia mediana entre ambas variables fue de 5,5 puntos porcentuales, lo que sugiere una pérdida reproductiva entre el estado de fertilidad y el proceso final de eclosión, coherente con patrones fisiológicos ampliamente documentados en aves domésticas.

Manejo de incubación: La temperatura para la incubación registró una media de 37,54 °C, con una desviación estándar de 0,15 y una varianza de 0,02.

Tabla 8: Estadísticas descriptivas de la Temperatura para la incubación

Estadístico	Valor
Media	37,54
Desviación estándar (DE)	0,15
Varianza (n-1)	0,02
Coefficiente de variación (CV, %)	0,39 %
t (vs. $\mu=37,6$)	2,53
p- valor	0,015

Estos valores reflejan que las mediciones de temperatura se agrupan muy cerca del promedio, lo que se confirma con un coeficiente de variación de 0,39 %. mediante la prueba de t ' Student, se obtiene un estadístico t de 2,53 y un p-valor de 0,015, lo que demuestra que la diferencia entre la media observada y el valor teórico es estadísticamente significativa. El valor de la temperatura para realizar la inseminación artificial de las

gallinas criollas evidencia una estabilidad térmica muy alta, sin cambios bruscos ni oscilaciones importantes durante el periodo evaluado. Desde la perspectiva biológica, mantener la temperatura en un rango tan estrecho es fundamental para favorecer tanto la viabilidad espermática como el desarrollo adecuado de los embriones, por lo que puede considerarse que el control térmico fue adecuado y consistentemente aplicado

Porcentaje de Humedad. El análisis estadístico de humedad en el proceso de inseminación de las gallinas criollas reportó una media de 68,00 %, con una desviación estándar de 1,26 % y una varianza de 1,59, lo que se traduce en un coeficiente de variación muy bajo (1,85 %). Esto significa que las mediciones de humedad son bastante homogéneas y el sistema se mantiene muy estable alrededor de ese valor. Al compararse esta media con un valor teórico de referencia mediante la prueba de t'Student ($t = 5,02$; $p < 0,01$), se evidencia una diferencia estadísticamente significativa: la humedad real se aparta de forma consistente del valor de referencia planteado.

Tabla 9: Estadísticas descriptivas de la humedad para inseminar

Estadístico	Valor
Media	68,00
Desviación estándar (DE)	1,26
Varianza (n-1)	1,59
Coeficiente de variación (CV, %)	1,85 %
t (vs. $\mu=37,6$)	5,02
p- valor	< 0,01

Al respecto de la variable dosis incubación en gallinas se menciona los estudios de (Arthola, 2011) y (Rayo, 2011) quienes establecieron condiciones ideales de incubación con una temperatura de 37.5°C y humedad entre 55-60%, enfocándose en la importancia de estos dos factores para una incubación exitosa. De la misma manera (Ortega, 2016) se centraron en el volteo de huevos cada 2-3 horas y una humedad de 60-70% en los días finales de incubación, concluyendo que el volteo frecuente es crucial para mejorar la tasa de eclosión. Mientras tanto que (Hernández, 2022), también utilizó una temperatura de 37.5°C y una humedad de 60-70%, destacando la necesidad de un control adecuado de la humedad para asegurar una eclosión exitosa. Como también (Pérez, 2023) trabajó con una temperatura de 37.5°C y una humedad de 65%, enfocándose en la importancia de la ventilación y el control del oxígeno, aspectos clave para el desarrollo embrionario.

Rodríguez, (2023) implementó un control automático de temperatura y humedad, resaltando cómo las tecnologías automáticas pueden optimizar el proceso de incubación al mantener condiciones constantes y precisas. En conjunto, estos estudios muestran que las condiciones de temperatura, humedad, volteo de huevos y ventilación son factores fundamentales para una incubación exitosa, y el uso de tecnologías automáticas y un manejo adecuado de la humedad pueden mejorar significativamente los resultados reproductivos. En conclusión, para maximizar la eclosión, se requiere un control preciso de las condiciones de incubación, como la temperatura, la humedad, el volteo de los huevos y la ventilación. En términos prácticos, aunque la desviación absoluta sea pequeña, el conjunto de datos muestra que el ambiente de humedad usado en la inseminación de las gallinas criollas es sistemáticamente menor (o mayor, según el valor teórico considerado)

que el objetivo establecido, por lo que se recomienda ajustar los parámetros de control ambiental si se considera que el valor teórico es el óptimo para maximizar la fertilidad y la viabilidad de los huevos.

Conclusiones

La caracterización seminal evidenció que el eyaculado de gallo criollo presentó motilidad y concentración que se ubican dentro de rangos adecuados, lo que confirman la eficacia del protocolo y la aptitud del material obtenido para la inseminación artificial, lo que contribuye a disminuir el riesgo de fallas en la fertilización.

El análisis de la frecuencia de inseminación y de las condiciones ambientales reflejó un manejo estable y controlado del entorno, que es adecuado para preservar la viabilidad espermática y favorecer la respuesta fisiológica de las gallinas criollas durante la inseminación artificial.

La cuantificación de los resultados reproductivos mostró que el protocolo de inseminación artificial en gallinas criollas ecuatorianas alcanzó un desempeño reproductivo aceptable. En conjunto con la calidad seminal adecuada y las condiciones ambientales controladas, estos resultados confirman que la técnica es viable y eficaz, aunque aún presenta margen de mejora para incrementar los porcentajes de eclosión.

Referencias

- Amadeu, F. (2023). *Inseminación artificial en gallinas*. (E. S.A., Editor) <https://core.ac.uk/download/pdf/33161531.pdf>
- Andi, D. (2022). *Inseminación artificial en aves de riña (Gallus gallus domesticus) como una alternativa para la conservación de líneas de alto valor genético*. (E. S. Chimborazo, Editor) <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/18116/1/17T01809.pdf>
- Arthola, G. (2011). *Establecimiento de técnica de extracción de semen en gallos criollos e inseminación artificial en gallinas criollas en Nejapa - Managua*. (U. N. Agraria, Editor) <https://repositorio.una.edu.ni/1421/1/tnl10a787.pdf>
- Bagley, L. (2021). *Efecto de la fertilización en pavo con inseminación artificial en gallinas*. (U. E. Norte, Editor) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119572200>
- Bajaña, A. (2023). *“La inseminación artificial en aves: un enfoque biotecnológico*. (U. T. Babahoyo, Editor) <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/14921/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000294.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrillo, E. (2014). *Reproducción e Inseminación Artificial en Aves*. (U. T. Ambato, Editor) <https://es.slideshare.net/slideshow/reproduccion-e-inseminacion-artificial-en-aves/30174967>
- Coronado, E. O. (2023). *Evaluación de un modelo de producción de gallina criolla bajo enfoque agroecológico para productores de Subachoque, Cundinamarca*: <https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/ee931a1e-159>
- Gualpa, A. (2023). *“Parámetros básicos de incubación para asegurar la eclosión en los huevos de gallina*. (U. T. Babahoyo, Editor) <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13262/E-UTB-FACIAG-AGROP-000009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Hernández, J. (2022). *Efecto de la L-carnitina y la melatonina sobre la criosupervivencia y fertilidad de espermatozoides de gallos criollos (Gallus gallus domesticus)*. Universidad de Cuenca. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/1.11362/11362>. (U. d. Cuenca, Editor) <https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/ed2c85a1-de40-4adb-a252-70cf893d0b37>
- López, N. &. (2023). *Inseminación artificial en aves de corral: Una revisión de literatura*. (U. T. Pereira, Editor) <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/251a49a2-1f67-4ed8-ab87-95ba0132c830/content>
- Mayorga, I. &. (2022). *Animales domésticos de traspasio en el bosque deciduo de tierras bajas de la Comuna San Marcos parroquia Colonche*. (R. A. Tecnología, Editor) <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/19591/1/17T01892.pdf>
- Medina, M. (2012). *Efecto del tiempo en la fertilidad de huevos de gallinas criollas (Gallus gallus domesticus)*". (U. T. Quevedo, Editor) https://repositorio.uteq.edu.ec/items/29410310-2995-4f86-91b4-03a63354c7c2/full?utm_source=chatgpt.com
- O'Brien, E. (2025). *Inseminación artificial en gallinas autóctonas con semen de gallo refrigerado*. (Searchgate, Editor) https://www.researchgate.net/publication/350756008_Inseminacion_artificial_en_gallinas_autoctonas_con_semen_de_gallo_refrigerado
- Ortega, R. &. (2016). *Evaluación de parámetros reproductivos en cinco grupos de gallinas criollas en el barrio Prado Alto, parroquia Malacatos*. . Recuperado de <https://dspace.unl.edu.ec/handle/12345.11362/11362>. (U. N. Loja, Editor) <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/17616>
- Pérez, L. (2023). *Técnica de inseminación artificial en gallinas reproductoras: selección de machos, uso de diluyentes, parámetros de inseminación y viabilidad económica*. (U. d. Compostela., Editor) <http://hdl.handle.net/10347/30577>
- Rayo, J. (2011). *Evaluación espermática del semen de gallo mediante análisis de espermatozoides asistido por computadora* (CASA). (UTAM, Editor) <https://cathi.uacj.mx/handle/20.500.11961/19054;jsessionid=744708439DA46F3B939AF0C5480063E5>
- Rodríguez, A. (2023). *Capacidad fertilizante del semen criopreservado de gallo*.
- Ruiz, N. &. (2023). *Aumento de la temperatura de incubación en huevos de gallina araucana (Gallus inauris): efecto sobre la mortalidad embrionaria, tasa de eclosión, peso del polluelo, saco vitelino y de órganos internos*. (P. R. BVS, Editor) https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/es/lil-780475?utm_source=chatgpt.com
- Tene, J. (2014). *Utilización de bioestimulantes en la producción de semen de gallos e inseminación artificial en gallinas criollas*. (E. S. Chimborazo, Productor) <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3806>
- Vásquez, O. (2021). *Evaluación de la criopreservación espermática en líneas de gallos criollos con glicerol al 8% como alternativa para el mejoramiento genético*. (U. C. Cuenca, Editor) https://dspace.ucacue.edu.ec/items/87a09b68-d973-4a2f-9e9a-18eeaf31c133?utm_source=chatgpt.com
- Zambrano, C. (2020). *Valoración de tres dilutores en la criopreservación de semen de gallos de riña*. (E. S. Chimborazo, Editor) <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14229/1/17T01620.pdf>