ALFA
Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias

ALFA. Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias
Mayo-agosto 2025 / Volumen 9, Número 26
ISSN: 2664-0902 / ISSN-L: 2664-0902
https://revistaalfa.org
pp. 708 - 717

CC BY NC SA

Validación del programa informático Kinovea para la obtención de medidas zoométricas en vacas Holstein Friesian

Validation of the Kinovea computer program for obtaining zoometric measurements in Holstein Friesian cows

MValidação do programa informático Kinovea para a obtenção de medidas zoométricas em vacas Holstein Friesian

ARTÍCULO ORIGINAL

Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i26.375

María José Yépez García
maria.yepez@espam.edu.ec

Carlos Octavio Larrea Izurieta
clarrea@espam.edu.ec

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López".
Cuidad de Calceta, Ecuador

Artículo recibido: 4 de marzo 2025 / **Arbitrado:** 21 de abril 2025 / **Publicado:** 1 de mayo 2025

RESUMEN

La zoometría permite evaluar rasgos físicos para optimizar productividad, selección, genética y bienestar animal. El objetivo de la presente investigación fue validar la aplicabilidad del programa informático Kinovea® (KV) para obtención de medidas zoométricas en vacas Holstein Friesian. La investigación se llevó a cabo bajo un enfoque cuantitativo, no experimental y de alcance descriptivo. Las medianas de medidas manuales fueron: AC 141,96 cm; AG 143,53 cm; DL161,15 cm; DD 78,24 cm; LG 42,10 cm; LC 56,38 cm y LDC 48,39 cm. En KV se obtuvo: AC 141,96 cm; AG 143,25 cm; DL 160,87 cm; DD 78,46 cm; LG 41,65 cm; LC 55,65 cm; LDC 48,03 cm. Se concluye que el software Kinovea® se valida como una herramienta precisa y confiable para la obtención de mediciones zoométricas en vacas Holstein Friesian, demostrando equivalencia estadística con los métodos manuales tradicionales.

Palabras clave: Análisis morfométrico; Holstein Friesian; Medición corporal; Validación de software; Zoometría

ABSTRACT

Zoometry allows the evaluation of physical traits to optimize productivity, selection, genetics, and animal welfare. The objective of the present study was to validate the applicability of the Kinovea® (KV) software program for obtaining zoometric measurements in Holstein Friesian cows. The research was conducted using a quantitative, non-experimental, and descriptive approach. The medians of manual measurements were: AC 141.96 cm; AG 143.53 cm; DL 161.15 cm; DD 78.24 cm; LG 42.10 cm; LC 56.38 cm; and LDC 48.39 cm. Using KV, the measurements obtained were: AC 141.96 cm; AG 143.25 cm; DL 160.87 cm; DD 78.46 cm; LG 41.65 cm; LC 55.65 cm; and LDC 48.03 cm. It is concluded that the Kinovea® software is validated as a precise and reliable tool for obtaining zoometric measurements in Holstein Friesian cows, demonstrating statistical equivalence with traditional manual methods.

Key words: Body measurement; Holstein Friesian; Morphometric analysis; Software validation; Zoometry

RESUMO

A zoometria permite avaliar características físicas para otimizar a produtividade, seleção, genética e bem-estar animal. O objetivo do presente estudo foi validar a aplicabilidade do programa de software Kinovea® (KV) para obtenção de medidas zoométricas em vacas Holstein Friesian. A pesquisa foi realizada com uma abordagem quantitativa, não experimental e de caráter descritivo. As medianas das medidas manuais foram: AC 141,96 cm; AG 143,53 cm; DL 161,15 cm; DD 78,24 cm; LG 42,10 cm; LC 56,38 cm; e LDC 48,39 cm. Com o KV, obtiveram-se as seguintes medidas: AC 141,96 cm; AG 143,25 cm; DL 160,87 cm; DD 78,46 cm; LG 41,65 cm; LC 55,65 cm; e LDC 48,03 cm. Conclui-se que o software Kinovea® é validado como uma ferramenta precisa e confiável para a obtenção de medidas zoométricas em vacas Holstein Friesian, demonstrando equivalência estatística com os métodos manuais tradicionais.

Palavras-chave: Análise morfométrica; Holstein Friesian; Medição corporal; Validação de software; Zoometria

ALFA
Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la principal actividad agropecuaria es la cría de ganado vacuno, con un total de 3,4 millones de cabezas a nivel nacional, seguida por el ganado porcino, que alcanza 1,0 millón de cabezas. La provincia de Manabí concentra la mayor población de ganado vacuno, con 727.201 cabezas, lo que equivale al 19,5 % del total nacional. En 2023, predominó el ganado mestizo, con 1,3 millones de cabezas que representa el 35,3 % del total, seguido del ganado criollo, que representó el 22,7 %. Entre las razas específicas, la Holstein Friesian destacó como la más numerosa, con 423.000 vacas destinadas principalmente a la producción láctea. Esta raza desempeña un papel crucial en la actividad lechera ecuatoriana y es una de las más importantes para los productores del país, según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (1).

En este sentido, Ecuador se posiciona como uno de los principales productores de leche en América Latina y el Caribe (2). La producción diaria de leche a nivel nacional alcanzó los 5,6 millones de litros, con un rendimiento promedio de 6,6 litros por vaca. La provincia de Pichincha destacó como una de las mayores productoras, aportando el 13,6 % de la producción total nacional (1). Según, León et al. (3), señalan que el sector ganadero se ha convertido en un pilar esencial para el crecimiento económico del país, impulsando la creación de industrias y emprendimientos que han generado importantes oportunidades laborales. Además, resaltan que la ganadería sigue siendo una de las actividades ancestrales más practicadas y relevantes como fuente de ingresos.

Por su parte, Freitas et al. (4), señalaron que la caracterización zoométrica permite obtener información útil para el reconocimiento de una raza, siendo el primer paso en un programa de conservación. Además, Nuela et al. (5), para los productores ganaderos es importante registrar las medidas morfométricas, ya que, permite estimar algunos índices que pueden ser útiles para evaluar el desarrollo y aptitud de los animales. Asimismo, Fernández et al. (6), resaltan que la zoometría identifica patrones raciales al obtener medidas corporales, qué ofrecen información sobre las capacidades productivas y rasgos genéticos de una raza. Sin embargo, el 36% de las razas no registran datos zoométricos y a nivel mundial el 48% de los países no guardan esta información. También, el 63% de estas razas no cuentan con programas de conservación in vivo (7).

Por otra parte, es un desafío al evaluar estas características in vivo (medición, comparación de tamaños y proporciones de animales o partes de animales), ya que implica dificultades en el manejo de los animales, el tiempo necesario para realizar mediciones precisas puede causar estrés tanto para el animal como para quien realiza la medición (6). En situaciones de estrés causa la disminución de la producción de leche, ya que el animal disminuye el consumo de alimento y las necesidades de energía aumentan, se estima que puede disminuir la producción de leche hasta un 10% (8).

Frente a estas limitaciones, diversos investigadores han explorado soluciones basadas en herramientas tecnológicas para facilitar la recopilación de datos cuantitativos. Además, estas soluciones tienen como objetivo principal reducir el estrés en los animales durante las mediciones, optimizar el tiempo empleado y, al mismo tiempo, minimizar el riesgo de ataques al personal responsable de estas tareas (9). El software Kinovea® (KV) permite realizar a través de imágenes o vídeos, un análisis cinemático lineal y/o angular del gesto deportivo de acciones dinámicas o estáticas, mediante las diferentes herramientas que presenta, como el dibujo de vectores y ángulos, con los que se puede realizar una aproximación diagnóstica de medidas y detectar alguna alteración de esta (10). Los profesionales de la salud y el deporte pueden utilizar KV para analizar el movimiento de los deportistas, así como la condición muscular del cuerpo en grupos tanto atléticos como no atléticos (11).

Por consiguiente, el objetivo de la presente investigación es validar la aplicabilidad del programa informático KV para la obtención de medidas zoométricas en vacas Holstein Friesian.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo bajo un enfoque cuantitativo, no experimental y de alcance descriptivo. Se desarrolló en la hacienda San Alberto, ubicada en el cantón San Miguel de Salcedo, en la provincia de Cotopaxi. Esta área geográfica se encuentra ubicada en las coordenadas 1°03'28" de latitud sur y 78°35'38" de longitud oeste a una latitud de 2.683 metros sobre el nivel del mar. El clima de esta región se distingue por ser de clima cálido y templado, presenta una precipitación anual de 1946 mm, una temperatura alrededor de 11.5 °C, y niveles de humedad promedio del 80%.

La explotación está especializada en la producción de leche con bovinos de las razas Holstein Friesian, Montbeliarde, Brown Swiss, Jersey y mestizos de las citadas razas. La alimentación del ganado se desarrolla en un sistema de pastoreo rotacional con pasturas mixtas de riegrass perenne (Lolium perenne); trébol blanco (Trifolium repens); llantén mayor (Plantago major); trébol rojo (Trifolium pratense); alfalfa (Medicago sativa), para garantizar una alimentación equilibrada se complementa con 15-25 kg de ensilaje de maíz (7-9% de proteína cruda y 2.4-2.6 Mcal/kg de energía digestible) y 1-3 kg de balanceado (16-20% de proteína cruda y 3.0-3.2 Mcal/kg de energía digestible) por vaca/día con acceso a minerales y agua ad libitum.

EL muestreo desarrollado fue no probabilistico por conveniencia, mediante el cual se midieron 100 vacas de raza Holstein Friesian, todas mayores a dos años. Se tomaron las medidas zoométricas por medio de dos métodos. El Método I: Se realizó manualmente con tres bastones zoométricos de diferentes longitudes (largo de dos metros; mediano de un metro y medio; y corto de un metro) los zoometros de bastón fueron realizados por fabricación propia, utilizando un larguero de aluminio y con la ayuda de una impresora láser

Volumen 9, Nro. 26, mayo-agosto 2025
ISSN: 2664-0902 / ISSN: 2664-0902, www.revistaalfa.org

se colocó los números de las reglas. El Método II: Se tomó una foto del plano lateral del animal y se colocó la altura a la cruz obtenida manualmente como referencia para calibrar el programa informático KV.

En relación con el registro de variables zoométricas se tomaron en cuenta: la altura de grupa (AG), definida como la distancia desde la cabeza del fémur hasta el suelo; la alzada de la cruz (AC), correspondiente a la distancia desde el suelo hasta la protuberancia más alta de la cruz; y el diámetro longitudinal (DL), medido como la distancia entre el punto más craneal y lateral de la articulación escapulohumeral (encuentro) y el punto más caudal de la tuberosidad isquiática (punta de nalga). Todas las mediciones se realizaron utilizando un bastón zoométrico largo.

Por otra parte, la profundidad dorso-esternal (DE) se define como la distancia desde el punto más bajo de la cruz hasta la región esternal inferior correspondiente, a nivel del olécranon. Esta medición se realizó utilizando un bastón zoométrico mediano.

Asimismo, la longitud del cuello (LDC) se midió como la distancia en línea recta desde la nuca hasta la cara craneal de la cruz. La longitud de la grupa (LG) se determina trazando una línea que conecta el ilion con la parte externa del isquion en vista lateral, según lo establecido por la Asociación Española de Crianza de la Raza Asturiana de los Valles. Por último, la longitud de la cabeza (LC) se registra midiendo la distancia entre el punto más prominente del occipital (nuca) y el punto más rostral o anterior del labio maxilar. Todas estas mediciones se realizaron utilizando el bastón zoométrico corto.

En el Método I, se obtuvieron las diferentes medidas zoométricas de los animales utilizando los tres bastones zoométricos. Las mediciones se realizaron de manera rápida y precisa, minimizando cualquier interferencia en el comportamiento del ganado. Posteriormente, en el Método II, se capturaron imágenes laterales de los animales con un teléfono móvil (iPhone 15 Pro Max) colocado sobre un trípode de un metro de altura, a una distancia aproximada de 2 metros. Este dispositivo cuenta con una cámara principal de 48 MP, ultra gran angular de 12 MP y teleobjetivo de 12 MP con zoom óptico de hasta 5x, además de estabilización óptica y procesamiento de imagen avanzado, lo que permitió obtener fotografías nítidas y detalladas. La altura a la cruz se utilizó como referencia para calibrar el software KV, facilitando la obtención de medidas precisas mediante fotogrametría.

Para el análisis de la diferencia entre los dos métodos de medición, se emplearon estadísticos descriptivos como la media, desviación estándar, coeficiente de variación, valores máximos y mínimos, mediana, y los cuartiles uno y tres para cada variable. Además, utilizando el paquete estadístico InfoStat (2020), se verificó el supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, la cual indicó que los datos no seguían una distribución normal. Por esta razón, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney para la comparación entre métodos, y la prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de las varianzas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La alzada a la cruz (AC) se determinó mediante el método manual, el cual se empleó como referencia para la calibración del software Kinovea® (KV). Para este proceso, se utilizaron directamente los valores obtenidos manualmente, sin calcular la diferencia entre ambos métodos. Los resultados mostraron un promedio de 141,96 ± 7,69 cm, un coeficiente de variación del 5,41 % y una mediana de 142,00 (9,75) cm.

La alzada de la grupa (AG) obtenida mediante mediciones manuales presentó un promedio de 143,53 ± 8,04 cm, un coeficiente de variación de 5,60 % y una mediana de 142,00 (9,75) cm. En comparación, el método con base al software Kinovea® (KV) arrojó un promedio de 143,25 ± 7,66 cm, un coeficiente de variación de 4,67% y una mediana de 142,50 (9,75) cm No se encontraron diferencias significativas entre ambos métodos (P = 0,6587), con una diferencia promedio de 0,31 cm entre las mediciones.

El diámetro longitudinal (DL) obtenido mediante mediciones manuales presentó un promedio de 161,15 ± 8,65 cm, un coeficiente de variación del 5,37 % y una mediana de 162,00 (12,25) cm. En comparación, las mediciones obtenidas a través del software Kinovea® (KV) mostraron un promedio de 160,87 ± 8,35 cm, un coeficiente de variación del 5,19 % y una mediana de 161,00 (12,25) cm. El análisis comparativo entre ambos métodos no reveló diferencias estadísticamente significativas (P = 0,7794), con una diferencia promedio de 0,21 cm entre las mediciones.

El diámetro dorso-esternal (DD) obtenido mediante mediciones manuales presentó un promedio de 78,24 ±7,58 cm, un coeficiente de variación del 9,69 % y una mediana de 79,00 (10,50) cm. En comparación, las mediciones obtenidas a través del software Kinovea® (KV) arrojaron un promedio de 78,46 ±7,55 cm, un coeficiente de variación del 9,62 % y una mediana de 79,00 (9,75) cm. El análisis comparativo entre ambos métodos no reveló diferencias estadísticamente significativas (P = 0,9703), con una diferencia promedio de 0,02 cm entre las mediciones.

La longitud de la grupa (LG) medida manualmente presentó un promedio de 42,10 ± 4,17 cm, un coeficiente de variación de 9,92% y una mediana de 42,00 (5,00) cm. Las mediciones obtenidas mediante el software Kinovea® (KV) mostraron un promedio de 41,65 ± 4,08 cm, un coeficiente de variación de 9,80% y una mediana de 42,00 (5,00) cm. No se observaron diferencias significativas entre ambos métodos (P = 0,9181), con una diferencia promedio de 0,04 cm entre las mediciones, por lo que muestra que es factible el uso del software Kinovea® para tomar medidas zoométricas.

La LC (longitud de la cabeza) en las mediciones manuales dio como resultado; promedio 56,38 ± 5,23, un coeficiente de variación de 9,28% y una mediana de 56,00 (7,00) cm. Por otro lado, los resultados obtenidos del LC a través del programa

Volumen 9, Nro. 26, mayo-agosto 2025
ISSN: 2664-0902 / ISSN: 2664-0902, www.revistaalfa.org

ALFA
Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias

informático KV® fue; promedio 55,65 ± 5,10, un coeficiente de variación de 9,17% y una mediana de 56,50 (6,75) cm. Entre los dos métodos por el cual se extrajo las medidas no se observó diferencia significativa ya que tuvimos un P-Valor de 0,9520, por lo que no hay diferencia significativa entre los dos métodos, y existe una diferencia entre medidas de -0,03cm.

La LDC (Longitud del Cuello) en las mediciones manuales dio como resultado; promedio 42,10 ± 4,17 cm, un coeficiente de variación de 9,92% y una mediana de 49,00 (11,75) cm. Por otro lado, los resultados obtenidos del LDC a través del programa informático KV® fue; promedio 41,65 ± 4,08 cm, un coeficiente de variación de 9,80% y una mediana de 48,50 (12,00) cm. Entre los dos métodos por el cual se extrajo las medidas no se observó diferencia significativa ya que tuvimos un P-Valor de 0,9181, y existe una diferencia entre medidas de -0,11cm.

Tabla 1. Tabulación de resultados estadísticos de la medición manual (cm).

Variable		Resultados								p-valor
		Media ± DE	Min	Max	CV (%)	Mediana	Q1	Q3	RIC	
AC	M	141,96 ± 7,69	126,00	163,00	5,41	142,00	137,00	146,75	9,75	-
	K	141,96 ± 7,69	126,00	163,00	5,41	142,00	137,00	146,75	9,75	
AG	M	143,53 ± 8,04	126,00	164,00	5,60	142,00	138,25	148,00	9,75	0,6587
	K	143,25 ± 7,66	126,00	164,00	4,67	142,50	138,00	147,75	9,75	
DL	M	161,15 ± 8,65	141,00	187,00	5,37	162,00	154,50	166,75	12,25	0,7794
	K	160,87 ± 8,35	143,00	187,00	5,19	161,00	154,25	166,75	12,25	
DD	M	78,24 ± 7,58	61,00	98,00	9,69	79,00	73,25	83,75	10,50	0,9703
	K	78,46 ± 7,55	61,00	99,00	9,62	79,00	74,00	83,75	9,75	
LG	M	42,10± 4,17	32,00	53,00	9,92	42,00	40,00	45,00	5,00	0,9181
	K	41,65 ± 4,08	33,00	54,00	9,80	42,00	39,00	44,00	5,00	
LC	M	56,38 ± 5,23	41,00	69,00	9,28	56,00	53,00	60,00	7,00	0,9520
	K	55,65 ± 5,10	41,00	67,00	9,17	56,50	52,25	59,00	6,75	
LDC	M	48,39 ± 7,09	32,00	62,00	14,67	49,00	42,25	54,00	11,75	0,8436
	K	48,03 ± 7,24	30,00	63,00	15,08	48,50	42,00	54,00	12,00	

M = Método manual; **K =** Método digital (Kinovea); **AC=** Alzada cruz; **AG=** Alzada grupa; **DL=** Diámetro longitudinal; **DD=** Diámetro Dorso Esternal; **LG=** Longitud de la grupa; **LC=** Longitud de cabeza; **LDC=** Longitud del cuello; **CV=** Coeficiente de variación; **Max=** Valor máximo; **Min=** Valor mínimo **DE =** Desviación estándar; **Q1=** Cuartil 1; **Q3=** Cuartil 3

Discusión

Los resultados obtenidos demuestran que el software Kinovea® (KV) ofrece mediciones zoométricas equivalentes a las técnicas manuales en vacas Holstein Friesian, sin diferencias significativas ($p > 0,05$) en ninguna variable evaluada. Estos hallazgos concuerdan con estudios previos que validaron KV en otras especies, como cerdos (12) y caballos (13), donde tampoco se observaron discrepancias entre métodos. La consistencia

en la precisión de KV (error promedio ≤0,31 cm) respalda su aplicabilidad multiespecie, destacando su robustez como herramienta fotogramétrica. Además, la exactitud reportada (coeficientes de variación <10%) se alinea con revisiones como Rahagiyanto et al. (9), que atribuyen a técnicas fotogramétricas una precisión del 92-97%, superior a métodos como LiDAR (89-94%).

Sin embargo, la estandarización de las mediciones mediante KV podría mejorar la comparabilidad de datos zoométricos entre estudios y regiones. Por ejemplo, Fernández et al. (10), en el 2001, identificaron variaciones en perímetros torácicos (156,35 ±10,54 cm) en bovinos criollos uruguayos, lo que resalta la necesidad de metodologías uniformes para evitar sesgos. KV, al eliminar la subjetividad asociada a instrumentos manuales (14), facilita la replicabilidad, un aspecto crítico en proyectos colaborativos como los descritos por Delgado et al. (15), en la caracterización genética de razas latinoamericanas. Esta consistencia metodológica es esencial para integrar datos en bancos globales, como el módulo ganadero del INEC (1), optimizando la toma de decisiones en políticas agropecuarias.

Por otra parte, la eficiencia operativa de KV también merece atención. Rahagiyanto et al. (9), destacan que las técnicas fotogramétricas reducen el tiempo de medición en un 30-40% frente a métodos tradicionales, lo que se traduce en menores costos logísticos. En contraste, métodos manuales, como los empleados por Martínez et al. (16), en la raza BON, requieren múltiples operarios y equipos especializados. KV, al requerir solo un dispositivo móvil y un trípode, democratiza el acceso a la zoometría precisa, especialmente para pequeños productores (7), donde el 93% maneja hatos de 1-50 cabezas. Esta accesibilidad podría impulsar la adopción de tecnologías digitales en regiones con recursos limitados.

En este contexto, la eficiencia de KV para reducir el estrés animal durante las mediciones es un avance relevante, considerando que el manejo prolongado afecta negativamente la producción láctea (8,17). Métodos tradicionales, como los descritos por ASEAVA (14), requieren contacto físico directo y tiempo extenso, factores asociados a estrés térmico y reducción del 0,9 kg leche/día por incremento de 1°C en ITH (18). KV optimiza este proceso, minimizando interacciones invasivas, lo que podría mejorar el bienestar animal y la eficiencia productiva en sistemas intensivos, tal como se ha propuesto en ovinos (5).

Adicionalmente, la correlación entre índices zoométricos y parámetros productivos, documentada en bovinos Bruna Dels Pirineus (19) y vacas Holstein mestizas (20), sugiere que KV podría integrarse en programas de selección genética. Su precisión, comparable a sistemas 3D, ICC >0,90 (11), facilitando la obtención de datos confiables para evaluar rasgos vinculados a la aptitud lechera, como estructura mamaria (6). No

obstante, se recomienda validar KV en condiciones variables (ej. movimiento animal) para ampliar su aplicabilidad en entornos productivos dinámicos.

Es importante resaltar que la aplicación de KV en programas de conservación de razas autóctonas ofrece un potencial sin explotar. En este sentido, Freitas et al. (4), utilizaron índices zoométricos para priorizar ejemplares de la raza Morada Nova en Brasil, mientras que Chávez et al. (7), enfatizan la falta de datos morfométricos en el 36% de las razas globales. KV, al generar registros digitales estandarizados, podría facilitar la creación de bancos de datos accesibles, esenciales para iniciativas in situ e ex situ. Esto sería particularmente valioso en Ecuador, donde el ganado criollo representa el 22,7% del inventario nacional (1), pero carece de caracterizaciones detalladas.

Por último, la integración de KV con otras tecnologías emergentes podría revolucionar la gestión ganadera. Por ejemplo, combinar datos zoométricos con análisis genómicos (15), permitiría identificar marcadores asociados a rasgos productivos, como la correlación entre índice corporal y producción láctea (20). Además, sistemas de monitoreo ambiental podrían correlacionar estrés térmico (17) con cambios morfométricos en tiempo real. Esta sinergia tecnológica alineada con la agricultura 4.0 no solo mejoraría la precisión, sino también la sostenibilidad de los sistemas pecuarios, un imperativo ante los desafíos climáticos actuales.

No obstante, entre las limitaciones del estudio, destaca la evaluación en condiciones controladas, lo que podría subestimar desafíos en entornos dinámicos. Al respecto, Parés et al. (21), reportaron diferencias significativas en longitud corporal (144,9 vs. 143,1 cm; $p<0,05$) entre ecotipos bovinos en Colombia, atribuidas a variaciones ambientales. Futuras validaciones de KV deberían incluir escenarios con movimiento animal o iluminación variable, retos comunes en fincas comerciales. Además, la muestra homogénea (vacas Holstein Friesian) limita la extrapolación a razas con fenotipos divergentes, como los bovinos Casanare, cuyas características difieren notablemente (21).

CONCLUSIONES

El software Kinovea® se valida como una herramienta precisa y confiable para la obtención de mediciones zoométricas en vacas Holstein Friesian, demostrando equivalencia estadística con los métodos manuales tradicionales. Su aplicabilidad multiespecie, respaldada por estudios previos en cerdos y caballos, sugiere un potencial amplio en la zootecnia moderna, al ofrecer exactitud comparable a sistemas fotogramétricos avanzados.

Además, la implementación de Kinovea® optimiza procesos operativos al reducir el tiempo de medición, los costos logísticos y la dependencia de equipos especializados, democratizando su uso en pequeños y medianos productores. Además,

al minimizar el contacto físico prolongado, esta tecnología contribuye a mitigar el estrés animal, un factor crítico para preservar la productividad láctea y el bienestar del ganado en sistemas intensivos.

Asimismo, la estandarización de mediciones mediante Kinovea® facilita la integración de datos morfométricos en bancos globales, impulsando la comparabilidad entre estudios y apoyando iniciativas de conservación genética, especialmente en razas autóctonas subrepresentadas. No obstante, se recomienda validar su eficacia en condiciones dinámicas (movimiento animal, variabilidad ambiental) y en fenotipos divergentes para garantizar su robustez en escenarios productivos reales.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. INEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos. 2024. Encuesta de Superficie y Producción-Agropecuaria- Continua (ESPAC). https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-bbd/

2. Giler M, Ortiz B, Nájera R, Moreta A. Comparación del volumen aparente de la ubre, frente a la cantidad de leche producida por Vacas Holstein Mestizas, en el cantón Chambo. AlfaPublicaciones. 2021; 3(3.1):140-51. https://alfapublicaciones.com/index.php/alfapublicaciones/article/view/83

3. León C, Lituma N, Veintimilla E. Estudio situacional de la actividad ganadera en la parroquia Ayapamba, Cantón Atahualpa. Soc Tecnol. 2022; 5(S2):443-57. http://institutojubones.edu.ec/ojs/index.php/societec/article/view/311

4. Freitas S, Ferreira J, Silveira M, Sales D, de Sousa E, Paiva S, et al. Morphometric characterization and zoometric indices of white Morada Nova breed: The first step for conservation. Small Rumin Res 2020; 192:106178. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921448820301309

5. Nuela J, Quinteros R, Salazar J, Masaquiza J. Determinación de medidas zoométricas y perfil bioquímico en ovinos destetados de la raza 4m. Cienc Lat Rev Científica Multidiscip. 2023; 7(4):1840-50. https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7014

6. Fernández J, Navas J, León M, Iglesias C, Delgado V. Analysis of the Genetic Parameters for Dairy Linear Appraisal and Zoometric Traits: A Tool to Enhance the Applicability of murciano-granadina Goats Major Areas Evaluation System. Animals. 2023;13(6):1114. https://www.mdpi.com/2076-2615/13/6/1114

7. Chávez D, Andrade V, Quevedo N, Acosta N, Duque B. Descripción del entorno social de los bovinos criollos y sus características morfométrica y fanerópticas en condiciones del litoral ecuatoriano. Arch Zootec. 2023;72(277):52-8. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8983475

8. Correa A, Avendaño L, López Á, Macías U. Estrés por calor en ganado lechero con énfasis en la producción de leche y los hábitos de consumo de alimento y agua. Revisión. Rev Mex Cienc Pecu. 2022; 13(2):488-509. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-11242022000200488&lng=es&nrm=iso&tlng=es

9. Rahagiyanto A, Adhyatma M, Nurkholis. A Review of Morphometric Measurements Techniques on Animals Using Digital Image Processing. Food Agric Sci Polije Proc Ser. 2021;3(1):67-72. https://proceedings.polije.ac.id/index.php/food-science/article/view/177

10. Fernández G, Rodríguez M, Silveira C, Delgado-Bermejo J. Estudio étnico de los bovinos criollos del Uruguay: I. Análisis biométrico. Arch Zootec. 2001; 50:113-8. http://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/2155

11. Pueo B, Penichet A, Jimenez M. Validity, reliability and usefulness of smartphone and kinovea motion analysis software for direct measurement of vertical jump height. Physiol Behav. 2020; 227:113144. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031938420304583

12. Cedeño M, Rivera A, Larrea O. Validación del programa informático Kinovea® para la obtención de medidas zoométricas en cerdos: Comparación con métodos tradicionales. Téc Rev Las Agrocienc. 2024; 14(2):127-31. https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/6912

13. Charfuelan G, Larrea O. Validación del programa informático Kinovea en mediciones zoométricas de caballos colombianos de trocha y galope. Rev Científica Arbitr Multidiscip PENTACIENCIAS. 2024; 6(6):13-21. https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/1249

14. ASEAVA. Sistema de calificación morfológica de la raza bovina asturiana de Los Valles [Internet]. Centro de Inteligencia Artificial Universidad de Oviedo en Gijón; 2002. https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/anexo5unidos_tcm30-563179.pdf

15. Delgado J, Martínez A, Acosta A, Álvarez L, Armstrong E, Camacho E, et al. Genetic characterization of Latin-American Creole cattle using microsatellite markers. Anim Genet. 2012; 43(1):2-10. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2052.2011.02207.x

16. Martínez R, Moreno F, Gallego L. Características fenotípicas y morfométricas de la raza BON. Colombia: Corporación colombiana de investigación agropecuaria – AGROSAVIA. 2012. (Eficiencia productiva de la raza BON en el trópico colombiano). https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/19528

17. Mamut C. Efecto del estrés por calor en la producción de las vacas de leche: una visión práctica. Awec. 2015. https://awecadvisors.org/animales-de-granja/efecto-del-estres-por-calor-en-la-produccion-de-las-vacas-de-leche-una-vision-practica/

18. Martínez G, Demateis F, Otero A, López E. Impacto del estrés por calor en terneros de tambo sobre parámetros fisiológicos y conductuales. Rev FAVE Sección Cienc Vet. 2020; 19(2):65-8. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2362-55892020000200065&lng=es&nrm=iso&tlng=es

19. Casanova M. Índices de interés funcional en la raza bovina «Bruna Dels Pirineus». REDVET Rev Electrónica Vet. 2007; VIII (6):1-7. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612660010

20. Condo A, Gutiérrez A. La morfometría y la producción lechera de vacas holstein mestizas en dos establos – Ecuador. Cienc Digit. 2019; 3(3):398-408. https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/653

21. Parés P, Salamanca A, Crosby R. Ecotipos en el ganado bovino Casanare de Colombia: Ecotypes among Casanare cattle from Colombia. Arch Zootec. 2023; 72(278):86-90. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9036600