



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

PERFIL GENÓMICO MEDIANTE PRUEBAS IGENITY BEEF E IGENITY BASIC EN
CARACTERES DE CARNE Y LECHE EN BOVINOS DE LA PROVINCIA DE
AREQUIPA

**Línea de investigación:
Genética, bioquímica y biotecnología**

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Biología

Autora

Heredia Vilchez, Lizeth Amparo

Asesor

Scotto Espinoza, Carlos Jesús
ORCID: 0000-0003-1592-0419

Jurado

Rodrigo Rojas, Maria Elena
Candia Sulca, Elena
Quintana Cáceda, Milagros Esther

Lima - Perú

2025



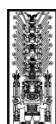
PERFIL GENÓMICO MEDIANTE PRUEBAS DE IGENITY BEEF E IGENITY BASIC EN CARACTERES DE CARNE Y LECHE EN BOVINOS DE LA PROVINCIA DE AREQUIPA

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	6%	2%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal	11%
	Trabajo del estudiante	
2	www.researchgate.net	1%
	Fuente de Internet	
3	www.coursehero.com	<1%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.upch.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
5	es.scribd.com	<1%
	Fuente de Internet	
6	issuu.com	<1%
	Fuente de Internet	
7	www.scribd.com	<1%
	Fuente de Internet	
8	prezi.com	<1%
	Fuente de Internet	
9	revistacta.agrosavia.co	<1%
	Fuente de Internet	
10	Karin Bartl, Carlos A. Gomez, Miriam García, Tony Aufdermauer, Michael Kreuzer, Hans Dieter Hess, Hans-Rudolf Wettstein. "Milk fatty acid profile of Peruvian Criollo and	<1%



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

**PERFIL GENÓMICO MEDIANTE PRUEBAS IGENITY BEEF E IGENITY BASIC
EN CARACTERES DE CARNE Y LECHE EN BOVINOS DE LA PROVINCIA DE
AREQUIPA**

Línea de investigación:

Genética, Bioquímica y Biotecnología

Grado Académico para optar el Título Profesional de Licenciada en Biología

Autora:

Heredia Vilchez, Lizeth Amparo

Asesor:

**Scotto Espinoza, Carlos Jesús
ORCID: 0000-0003-1592-0419**

Jurado:

**Rodrigo Rojas, Maria Elena
Candia Sulca, Elena
Quintana Cáceda, Milagros Esther**

**Lima – Perú
2025**

DEDICATORIA

A la memoria de Dubby, Zheraphyn y de todos mis queridos compañeros de cuatro patas, cuyo amor, lealtad y compañía dejaron huellas imborrables en mi vida y me acompañaron silenciosamente en cada paso de este camino. A mis padres, cuya dedicación, guía y amor incondicional han sido el cimiento de cada uno de mis logros; a Hannaby y Baela, cuya sonrisa y amor son mi mayor inspiración y el motor de cada logro; a su vez a mi esposo, padres y hermanos cuyo apoyo constante y confianza han fortalecido cada paso de mi recorrido.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Mg. Carlos J. Scotto Espinoza y al Dr. Carlos I. Arbizu Berrocal por su valiosa orientación, asesoría y constante disposición durante el desarrollo de esta investigación, así como por la confianza depositada en mis capacidades y el respaldo brindado a mi labor investigativa. Asimismo, expreso mi sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron con su apoyo y conocimientos para la realización de este trabajo

ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	11
Abstract.....	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Descripción y formulación del problema.....	14
1.2. Antecedentes	16
1.3. Objetivos.....	19
• <i>Objetivo General</i>	19
• <i>Objetivo Específico</i>	19
1.4. Justificación	20
1.5. Hipótesis	21
II. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	22
III. MÉTODO	25
3.1. Tipo de investigación.....	25
3.2. Ámbito temporal y espacial	25
3.3. Variables	25
3.3.1. <i>Variable dependiente</i>	25
3.3.2. <i>Variable independiente</i>	26
3.4. Población y muestra.....	26
3.4.1. <i>Población</i>	26
3.4.2. <i>Muestra</i>	26
3.5. Instrumentos.....	26
3.6. Procedimientos.....	27
3.6.1. <i>Recolección de muestras</i>	27

3.6.2. Extracción de ADN genómico y genotipado	28
3.6.3. Prueba de Igenity® Beef.....	29
3.6.3.1. Características Maternas	30
A. Peso al Nacer (BW - Birth Weight).....	30
B. Facilidad de Parto Directa (CED).....	30
C. Facilidad de Parto Materna (CEM).....	30
D. Tasa de Preñez de Novillas (HPR)	30
E. Producción de Leche (MILK).....	31
F. Estabilidad Reproductiva (STAY).....	31
G. Docilidad (DOC).....	31
3.6.3.2. Características Productivas	31
A. Peso al Destete (WW).....	31
B. Ganancia Media Diaria (ADG).....	32
C. Peso al Año (YW)	32
D. Consumo Residual de Alimento (RFI)	32
E. Circunferencia Escrotal (SC).....	32
3.6.3.3. Características de Canal (Carcasa).....	32
A. Marmoleo (MARB).....	32
B. Área del Ojo del Lomo (REA)	33
C. Espesor de Grasa Dorsal (FAT)	33
D. Terneza (TEND).....	33
E. Peso de Canal Caliente (HCW)	33
3.6.3.4. Igenity Rank.....	34
3.6.4. Pruebas de Igenity Basic	34
3.6.4.1. Rasgos de Salud.....	35

A. <i>Vida Productiva</i>	35
B. <i>Fertilidad</i>	35
C. <i>Recuento de Células Somáticas (SCC)</i>	35
D. <i>Conformación Lechera</i>	35
3.6.4.2. Rasgos Productivos.....	36
A. <i>Producción de Leche</i>	36
B. <i>Producción de Grasa</i>	36
C. <i>Porcentaje de Grasa</i>	36
D. <i>Producción de Proteína</i>	36
E. <i>Porcentaje de Proteína</i>	36
3.6.4.3. Condiciones Genéticas.....	37
A. <i>Caseína Kappa</i>	37
B. <i>Beta Caseína AB</i>	37
C. <i>Beta Lactoglobulina</i>	37
D. <i>Deficiencia de Adhesión de Leucocitos (BLAD)</i>	37
E. <i>Deficiencia de Uridina Monofosfato Sintetasa (DUMPS)</i>	37
3.7. Análisis de datos	37
3.8. Consideraciones Éticas	38
IV. RESULTADOS	40
4.1. OE1: Evaluar el perfil genómico de bovinos.....	40
4.2. OE2: Identificar y seleccionar animales con características deseables	45
4.3. OE3: Contribuir a la mejora de calidad y productividad	51
V. DISCUSIÓN	56
VI. CONCLUSIONES	60
VII. RECOMENDACIONES	61

VIII. REFERENCIAS.....	62
IX. ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Frecuencias de genotipos en κ -caseína, β -caseína y β -lactoglobulina.....	42
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de categorías por grupo de rasgos evaluados – Igenity Beef.....	41
Figura 2. Distribución de genotipos de κ -caseína (CSN3)-Igenity Basic	44
Figura 3. Mapa de calor de perfiles genéticos agrupados-Igenity Beef.....	45
Figura 4. Proporción de genotipos de β -caseína (CSN2) dentro de cada genotipo de κ -caseína (CSN3)-Igenity Basic.....	47
Figura 5. Gráfico de mosaico entre genotipos K-Caseína (KC) y β -caseína (BC_AB)-Igenity Basic.....	48
Figura 6. Distribución de animales evaluados por sexo según desempeño Igenity Beef	50
Figura 7. Representación del análisis de correspondencias múltiples (MCA) de 60 bovinos-Igenity beef.....	51
Figura 8. Análisis de correspondencias múltiples (MCA) de perfiles genéticos – Igenity Basic.....	52
Figura 9. Agrupamiento jerárquico que revela cuatro subpoblaciones genéticas en el hato – Igenity Beef.....	53
Figura 10. Dendrograma Jerárquico – Igenity Basic.....	55

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Sobre utilizado para la recolección y resguardo de fichas de datos</i>	74
Anexo 2. <i>Tarjetas utilizadas para la recolección y envío de muestras de pelo destinadas al análisis genético</i>	75
Anexo 3. <i>Datos colectados de los sobres utilizados en el muestreo</i>	76
Anexo 4. <i>Flujograma del procedimiento para la recolección, análisis y envío de muestras de pelo en bovinos</i>	81
Anexo 5. <i>Constancia de aprobación ética del proyecto de tesis</i>	82
Anexo 6A. <i>Registro fotográfico de bovinos con su respectiva ficha de identificación y código de muestra</i>	83
Anexo 6B. <i>Registro fotográfico de bovinos con su respectiva ficha de identificación y código de muestra</i>	84
Anexo 7. <i>Data enviada al laboratorio Neogen, para su procesamiento en genotipad</i>	85
Anexo 8. <i>Reporte de resultados de la prueba genómica Igenity® Beef</i>	88
Anexo 9. <i>Reporte de resultados de la prueba genómica Igenity® Basic</i>	91

Resumen

Objetivo: Evaluar el perfil genómico de bovinos de la provincia de Arequipa a partir de los resultados de las pruebas Igenity Beef e Igenity Basic, como base informativa para futuras investigaciones en mejoramiento genético. **Métodos:** Se analizaron 95 bovinos adultos (40 hembras y 55 machos) mediante la recolección de folículos pilosos. Las muestras fueron enviadas al laboratorio NEOGEN® (Michigan, EE. UU.) para extracción de ADN y genotipado mediante tecnología de polimorfismos de nucleótido único (SNPs). La prueba Igenity Beef se aplicó a 60 animales (28 hembras y 32 machos) y la Igenity Basic a 22 hembras. Los datos obtenidos incluyeron puntajes de índices productivos, reproductivos y de calidad de carne, los cuales fueron procesados y analizados en el programa R. **Resultados:** Se observó variabilidad relevante entre los individuos evaluados. En Igenity Beef, PBT_ARE048 presentó los puntajes más altos en rasgos económicos clave, mientras que en Igenity Basic, PBT_ARE023 destacó por su perfil favorable en marcadores lácteos y reproductivos. Los animales identificados con mayor mérito genético (PBT_ARE048, PBT_ARE055, PBT_ARE058, PBT_ARE100, PBT_ARE045 y PBT_ARE008) constituyen un aporte valioso para orientar futuras investigaciones de mejoramiento genético en la región. **Conclusiones:** El análisis de los datos genómicos permitió identificar animales con alto valor genético para características de interés económico, proporcionando información relevante que apoyará investigaciones futuras más amplias y complejas en programas de mejoramiento genético de carne y leche.

Palabras clave: genómica bovina, mejoramiento genético, variabilidad genética, calidad de leche, calidad de carne.

Abstract

Objective. To evaluate the genomic profile of cattle in the province of Arequipa based on the results of the Igenity Beef and Igenity Basic tests, providing an informative basis for future genetic improvement research. **Methods:** A total of 95 adult cattle (40 females and 55 males) were analyzed through hair follicle collection. Samples were sent to NEOGEN® Laboratory (Michigan, USA) for DNA extraction and genotyping using single nucleotide polymorphism (SNP) technology. The Igenity Beef test was applied to 60 animals (28 females and 32 males), while the Igenity Basic test was applied to 22 females. The obtained data included scores for productive, reproductive, and meat quality indices, which were processed and analyzed using R software. **Results:** Relevant variability was observed among the evaluated individuals. In Igenity Beef, PBT_ARE048 showed the highest scores in key economic traits, while in Igenity Basic, PBT_ARE023 stood out for its favorable profile in dairy and reproductive markers. Animals identified with the highest genetic merit (PBT_ARE048, PBT_ARE055, PBT_ARE058, PBT_ARE100, PBT_ARE045, and PBT_ARE008) represent a valuable contribution to guiding future genetic improvement research in the region. **Conclusions:** The genomic data analysis allowed for the identification of animals with high genetic value for economically important traits, providing relevant information to support broader and more complex future studies in meat and milk genetic improvement programs.

Keywords: bovine genomics, genetic improvement, genetic variability, milk quality, meat quality.

I. INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina representa una de las principales actividades agropecuarias del Perú, con un papel fundamental en la seguridad alimentaria, el empleo rural y el desarrollo económico de diversas regiones del país. Según la Asociación de Ganaderos Lecheros del Perú (AGALEP, 2015) y Zavala (2010), la producción de leche constituye uno de los pilares del sector pecuario nacional, sustentado en pequeños y medianos productores que abastecen la mayor parte del consumo interno. Sin embargo, persisten brechas tecnológicas y productivas que limitan su competitividad, especialmente en zonas altoandinas, donde predominan sistemas de producción tradicionales y baja incorporación de innovación (Cáritas del Perú, 2012; Servicio de Productividad Lechera [SPL], 2014).

En este contexto, la región Arequipa destaca por su histórica vocación agropecuaria y ganadera. A nivel nacional, se posiciona entre las principales productoras de leche y carne bovina, con aproximadamente 15 900 pequeños productores distribuidos en ocho provincias (Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural [AGRORURAL], 2023). No obstante, informes recientes del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP, 2016) y de la Cámara de Comercio e Industria de Arequipa (2024a) señalan que la productividad del sector enfrenta desafíos relacionados con la escasa selección genética y el limitado uso de tecnologías modernas; pese a contar con condiciones favorables y una población bovina diversa, el potencial genético de sus hatos aún no ha sido plenamente caracterizado ni aprovechado.

El avance de la biotecnología y la genómica aplicada al mejoramiento animal ha permitido disponer de herramientas como las pruebas Igenity Beef e Igenity Basic, que ofrecen información precisa sobre el mérito genético de los animales en características de producción, reproducción y calidad de carne y leche, tecnologías desarrolladas por NEOGEN®, utilizan

marcadores moleculares de polimorfismos de nucleótido único (SNPs) para estimar el potencial genético individual de cada ejemplar, facilitando la toma de decisiones en la selección y manejo del hato (Neogen Corporation, 2024; Figueroa et al., 2025).

La implementación de estas pruebas permite optimizar la selección de reproductores y diseñar estrategias de cruzamiento basadas en evidencia científica, lo que contribuye al desarrollo sostenible y competitivo del sector pecuario (Ward et al., 2024). Por ello, la presente investigación busca aportar conocimiento actualizado sobre el perfil genómico de bovinos en la provincia de Arequipa, generando información útil para programas de mejoramiento genético y fortalecimiento de la producción ganadera regional.

1.1.Descripción y formulación del problema

El presente estudio, se sustenta en los siguientes aspectos problemáticos:

La provincia de Arequipa es reconocida por su destacada actividad ganadera. El ganado bovino se utiliza principalmente para la producción de leche, carne y labores agrícolas, constituyendo un componente importante dentro del sector económico regional (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2020; Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2023). No obstante, aún persisten oportunidades de mejora en la calidad y productividad del ganado. El sector requiere de estrategias que fortalezcan su competitividad, principalmente a través de la incorporación de tecnologías modernas que permitan optimizar la producción.

Actualmente, el uso de herramientas genómicas, como las pruebas Igenity Beef e Igenity Basic, es muy limitado en la región. Los productores carecen de información suficiente acerca del potencial genético de sus animales, lo que dificulta la selección adecuada de reproductores orientados a la mejora de características productivas relacionadas con la carne y la leche (Servicio Nacional de Sanidad Agraria [SENASA], 2023; MIDAGRI, 2023).

La población bovina de Arequipa presenta una notable variabilidad genética, atribuida a la presencia de diversas razas y cruces. Sin una evaluación genómica sistemática, resulta complejo identificar aquellos animales que poseen mayor potencial productivo, lo que limita la implementación de programas de mejoramiento eficaces (FAO, 2020).

Además, es importante destacar que durante, al menos, los últimos 150 años, algunos productores de Arequipa han seleccionado su ganado no solo por características productivas, sino también por su docilidad y aptitudes para las peleas, como parte de tradiciones culturales. Cabe señalar que esta práctica no implica daño físico al ganado. Estos estudios moleculares previos han demostrado que estos animales, conocidos como Toros de Pelea de Arequipa, corresponden a una población diferenciada que, muy probablemente, representa una raza distinta. Sin embargo, existe muy poca información sobre las características productivas de esta población (Gamarra, 2012; SENASA, 2023).

Los niveles de producción de carne y leche en la región podrían ser considerablemente mejores. Esta situación, en parte, podría explicarse por la falta de estrategias de mejoramiento genético basadas en información genómica confiable. Por ello, se hace necesario implementar herramientas que permitan identificar y seleccionar animales élite para potenciar la productividad del hato (FAO, 2000; MIDAGRI, 2023).

Existe una notoria escasez de estudios previos sobre el perfil genómico de la población bovina en la provincia de Arequipa. Además, la información disponible respecto al uso de las pruebas Igenity en esta zona es insuficiente, lo que dificulta la toma de decisiones fundamentadas para el diseño e implementación de programas de mejoramiento genético (Figuroa et al., 2025; Neogen Corporation, 2024).

1.2. Antecedentes

Los bovinos criollos latinoamericanos representan una fuente estratégica de diversidad genética, adaptados a distintos ambientes y resistentes a condiciones locales adversas. Se consideran esenciales para la producción de carne y leche en condiciones de baja intervención tecnológica y constituyen un recurso clave para programas de conservación y mejora genética. La FAO (2000) destacó que estas razas conservan características genéticas únicas, resultado de siglos de selección natural y adaptación a ambientes específicos, lo que las convierte en una valiosa fuente de variabilidad genética para programas de cría y conservación. Lirón et al. (2006) y Steigleder et al. (2004) también resaltan la importancia de estas razas como reservorios de diversidad genética, adaptadas a ambientes particulares y con resistencia a enfermedades y estrés ambiental.

Barrera et al. (2006) estudiaron la diversidad genética de la raza bovina criolla Caquetano (CAQ) en Colombia mediante análisis de ADN de 80 animales utilizando 14 microsatélites. Encontraron un número promedio de alelos (NPA) de 9.21, superior al de otras razas criollas evaluadas, y un índice de fijación ($F_{is} = 0.14$) similar al de otras razas. Las distancias genéticas indicaron uniformidad racial con moderada introgresión de Cebú, destacando el potencial del CAQ para programas de conservación.

Aracena y Mujica (2011) caracterizaron fenotípicamente al Bovino Criollo Patagónico (BCP) en la región de Aysén, Chile, evaluando 43 animales con más del 50% de genotipo BCP mediante análisis fenotípicos, productivos y reproductivos, comparando con antecedentes del Bovino Criollo Argentino, evidenciando adaptación a ambientes fríos y valor genético como recurso local.

Mejía et al. (2015) realizaron una caracterización genética de cinco razas en el trópico alto de Nariño, Colombia (Holstein, Jersey, Normando, Pardo Suizo y Criollo) mediante 11 loci microsatélites, reportando alta diversidad genética ($NPA = 10$, $H_o = 0.7$), siendo la raza

Criollo la de mayor variabilidad. El análisis de estructura genética mostró baja diferenciación ($F_{ST} = 0.0663$) y flujo genético parcial con Holstein, reflejando efectos de cruzas sobre la pureza del Criollo.

Ocampo-Gallego et al. (2020) analizaron la diversidad genética del ganado Casanareño en Colombia mediante 11 microsatélites, identificando 156 alelos y un contenido polimórfico promedio de 0.742, con déficit de heterocigotos atribuible a alta consanguinidad y subpoblaciones relacionadas con aislamiento geográfico, prácticas reproductivas y la influencia de razas cebú, recomendando un programa de conservación.

Martínez-Velázquez et al. (2021) evaluaron el Criollo Coreño de la Sierra Madre Occidental, midiendo crecimiento, calidad de carne, fertilidad y producción de leche en poblaciones puras y cruzadas. La heterosis individual favoreció la reproducción y producción de leche, mientras que la heterosis materna mejoró el peso al destete, confirmando la relevancia de esta población para programas de mejora genética.

Mendes et al. (2024) evaluaron la variabilidad genética del ganado criollo de la región sur del Ecuador utilizando 28 marcadores polimórficos en 46 animales, agrupados según características fenotípicas. Observaron alta diversidad genética, sin diferencias significativas entre grupos fenotípicos ni respecto a otras razas bovinas, concluyendo la necesidad de implementar estrategias de manejo y conservación.

En Perú, los bovinos criollos representan aproximadamente el 64% del ganado vacuno nacional (Redacción, 2013), siendo fundamentales para la producción de carne, leche y labores agrícolas (Delgado y García, 2018). Simit (2000) desarrolló métodos de extracción y purificación de ADN mitocondrial en bovinos criollos, facilitando estudios genéticos y programas de conservación. Scotto y Rosemberg (2001) evaluaron genes de α -lactoalbúmina y β -lactoglobulina en Holstein, Brown Swiss y criollos de la cuenca central del Perú, identificando variaciones alélicas y diferencias genéticas significativas entre razas especializadas y criollas.

Veli y Rivas (2004) y Veli et al. (2008, 2010) caracterizaron poblaciones de Ancash y cuatro comunidades andinas, evaluando genes de kappa caseína y beta-lactoglobulina, demostrando alta heterocigosidad y diversidad genética dentro de las poblaciones criollas. Rivas et al. (2007) reportaron resultados similares documentaron acciones de caracterización y conservación del bovino criollo peruano (*Bos taurus*), proporcionando bases para su preservación. Barbieri (2006, 2007, 2009) y Gamarra (2012) resaltaron la necesidad de implementar programas de selección y evaluación de índices productivos para razas rústicas de la sierra.

Estudios fenotípicos y reproductivos en distintas regiones de Perú han aportado información complementaria sobre características productivas. Chacmana (2014) caracterizó fenotípicamente el color de pelaje de bovinos criollos en Socos y Vinchos, Ayacucho. Quispe et al. (2014) evaluaron índices reproductivos y productivos en hatos de Puno y el Altiplano peruano, mostrando información relevante sobre eficiencia reproductiva. More (2016) y Coaquira (2016) realizaron estudios fenotípicos y morfométricos en poblaciones criollas de Ayacucho, Puno y Cajamarca, describiendo pelaje, talla y conformación corporal, reforzando la importancia de estas poblaciones para la producción y conservación. Contreras et al. (2021) estimaron biométricamente el peso corporal de bovinos criollos en Huancavelica, aportando datos productivos locales. García (2020) e Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2020) enfatizaron el valor del genotipado de proteínas lácteas para caracterizar rasgos productivos, como composición y calidad de leche. Corredor et al. (2023) analizaron diversidad genética y estructura poblacional usando SNPs, mostrando alta variabilidad y subestructuras poblacionales útiles para selección genética. Ruiz-De-La-Cruz et al. (2023) caracterizaron SNPs intrónicos asociados al temperamento en bovinos, proporcionando información sobre rasgos conductuales con potencial productivo.

Ward et al. (2024) realizaron un análisis genómico integral en bovinos criollos latinoamericanos, incluyendo Perú, identificando rasgos adaptativos, variantes asociadas a resistencia a enfermedades y adaptación a ambientes específicos.

En el departamento de Arequipa, los bovinos criollos son esenciales para la economía local, utilizados en producción de carne, leche y labores agrícolas. Figueroa et al, (2022) realizaron genotipado mediante secuenciación del genoma mitocondrial en un toro criollo, aportando información sobre linajes y diversidad genética local. Corredor et al. (2023) analizaron un núcleo reproductor en Arequipa, evidenciando heterocigosidad y subpoblaciones con potencial para programas de mejora genética. Figueroa et al. (2025) aplicaron Igenity Basic para caracterizar rasgos de leche en poblaciones locales, demostrando la utilidad de estas herramientas para optimizar la producción y conservar la diversidad genética de los bovinos.

Estos antecedentes muestran la relevancia del análisis genómico y fenotípico en bovinos criollos latinoamericanos y peruanos, y subrayan la importancia de conservar su diversidad genética, especialmente en regiones específicas como Arequipa, donde se busca optimizar la producción de carne y leche mediante estrategias de mejora basadas en información molecular y fenotípica.

1.3. Objetivos

- **Objetivo General**

- Evaluar el perfil genómico de bovinos de la provincia de Arequipa a partir de resultados de pruebas Igenity Beef e Igenity Basic, como base informativa para futuras investigaciones en mejoramiento genético.

- **Objetivos específicos**

- Evaluar el perfil genómico de bovinos en la provincia de Arequipa utilizando los resultados de las pruebas de Igenity Beef e Igenity Basic.

- Identificar animales con características deseables de carne y leche, según los resultados genómicos obtenidos.
- Contribuir con información genómica que sirva como base para mejorar la calidad y productividad del ganado en la región de Arequipa.

1.4. Justificación

La presente investigación se fundamenta en la importancia que tiene la actividad ganadera para la economía de la región. Arequipa se ha consolidado como una de las principales zonas ganaderas del Perú, destacando por su producción de carne y leche bovina. Según MIDA-GRI (2023), la región aporta de manera significativa al volumen nacional de producción pecuaria, mientras que SENASA (2023) reporta más de 65 000 vacas en ordeño y una producción anual cercana a 350 000 toneladas de leche. En términos relativos, Arequipa concentra aproximadamente el 15,3 % de la producción nacional de leche fresca, lo que la ubica como la tercera región productora del país (Revista Lombriz, 2024). No obstante, informes recientes señalan que en el primer trimestre del 2024 la producción lechera en Arequipa se redujo en 6,6 % respecto al mismo período del año anterior (Cámara de Comercio e Industria de Arequipa, 2024). Por ende, se hace necesaria la generación de información técnica que contribuya a comprender mejor los factores relacionados con la productividad bovina en la región.

En ese sentido, la disponibilidad de resultados de pruebas genómicas comerciales, como Igenity Beef e Igenity Basic, constituye una fuente de información relevante para conocer el potencial genético del ganado bovino (Neogen Corporation, 2025). El análisis de esta información permite caracterizar genómicamente a la población evaluada e interpretar su relación con características asociadas a carne y leche, aportando evidencia útil para el conocimiento del estado genético del hato regional.

Asimismo, la información generada en el presente estudio podrá servir como referencia técnica para futuras investigaciones orientadas al diseño de programas de mejoramiento genético más complejos y especializados, los cuales consideran no solo el análisis de datos, sino también procesos de validación y aplicación en campo (Ward et al., 2024). En ese sentido, esta investigación debe entenderse como un aporte preliminar que contribuye al desarrollo de estudios de mayor alcance en el ámbito de la genética bovina regional.

Finalmente, se debe señalar que existen pocos estudios relacionados con el uso de información genómica en ganado bovino de Arequipa, por lo que el presente trabajo aporta evidencia científica sobre el perfil genómico de la población local, contribuyendo a reducir el vacío de información existente en el sur del Perú (AGRORURAL, 2023; Figueroa et al., 2025). De este modo, la investigación contribuye al fortalecimiento del conocimiento técnico del sector ganadero regional.

1.5. Hipótesis

Dado que la investigación se enmarca dentro de un enfoque descriptivo, no se formula hipótesis. Los objetivos se orientan a evaluar el perfil genómico de bovinos en la provincia de Arequipa y describir sus características productivas a partir de información disponible, lo que permite caracterizar la población sin establecer relaciones causales.

II. MARCO TEORICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

En Perú se encuentra una valiosa diversidad de recursos ganaderos, destacando entre ellos el bovino criollo. Aunque ha recibido poca atención en términos de investigación, este ganado presenta un potencial significativo para las comunidades campesinas, especialmente en las zonas montañosas del país (FAO, 2015). Los bovinos criollos desempeñan un papel fundamental al proporcionar sustento, trabajo, alimento y fuerza de tracción en áreas donde la mecanización agrícola es limitada y la cría de otras razas especializadas sería inviable (Aguirre et al., 2014; Quispe, 2016).

El término bovino criollo hace referencia a animales que descienden directamente de ejemplares traídos desde la Península Ibérica durante el segundo viaje de Colón en 1493 (Delgado et al., 2019). Estos bovinos provienen de razas autóctonas del sur de España y, a lo largo de los siglos, han desarrollado características de adaptación que les permiten sobrevivir y prosperar en las difíciles condiciones geográficas del Perú (Lazo et al., 2022). Posteriormente, se introdujeron otras razas exóticas en Perú y Chile, lo que ha ocasionado una disminución progresiva de la población de bovinos criollos debido a la erosión genética (Delgado et al., 2019).

La caracterización del bovino criollo peruano es crucial para identificar las razas más adecuadas a condiciones de producción específicas y evitar la introducción indiscriminada de germoplasma exótico, que podría contribuir a la pérdida o extinción de recursos genéticos locales (FAO, 2007). Los estudios de caracterización brindan información valiosa para el manejo y mejoramiento de los recursos genéticos del ganado criollo peruano a nivel local, nacional, regional y global. Esta información resulta fundamental para tomar decisiones informadas en programas de desarrollo y mejora ganadera (Aguirre et al., 2014; Quispe, 2016).

En América se han realizado estudios de caracterización del bovino criollo en países como Ecuador, Argentina, Chile, Uruguay, México, Colombia y Venezuela, los cuales han

permitido comprender su diversidad genética y contribuir a la conservación y evaluación del germoplasma de animales nativos y adaptados (Parras et al., 2021). En el caso del Perú, también se han desarrollado investigaciones específicas orientadas a la caracterización y conservación del bovino criollo. Estos estudios destacan su importancia por la adaptación al medio ambiente, su menor exigencia alimenticia, mayor fertilidad, longevidad y resistencia frente a condiciones adversas y enfermedades, además de su valor como reservorio de variación genética que le permite responder al entorno y sobrevivir en condiciones difíciles (Agricultural Research Information System [AGRIS], 2023; Rivas et al., 2007; Universidad Nacional Mayor de San Marcos [UNMSM], 2022).

Los marcadores moleculares, como los microsatélites, han sido ampliamente utilizados para detectar la variación genética y han demostrado ser herramientas valiosas en el estudio de poblaciones animales debido a su alta repetibilidad, elevado nivel de polimorfismo, herencia mendeliana simple y la posibilidad de amplificar múltiples marcadores simultáneamente. Estos marcadores proporcionan información relevante sobre la genética de los animales y son útiles en áreas como la filogenia y el análisis de poblaciones (Rojas et al., 2009).

El estudio de los polimorfismos de nucleótido único (Single Nucleotide Polymorphisms, SNP) en genes asociados a características productivas es una práctica común en la producción animal moderna, dado que incluso la sustitución de un solo nucleótido puede producir proteínas con estructuras y funciones fenotípicas diferentes. Estos marcadores representan una herramienta clave en la genética aplicada a la conservación, la ecología y la evolución debido a su alta eficiencia de genotipado, la calidad de la información que generan, su distribución a lo largo del genoma y la facilidad de análisis (Padilla et al., 2010).

Actualmente, las herramientas genómicas comerciales como Igenity Beef e Igenity Basic permiten evaluar genes asociados a características productivas como la eficiencia alimenti-

cia, fertilidad, longevidad, calidad de carne, producción de leche y sanidad animal. Estas pruebas utilizan principalmente SNP para estimar índices genómicos que predicen el rendimiento productivo de los animales, lo que facilita decisiones estratégicas para el mejoramiento genético. La integración de esta información es esencial para acelerar el progreso genético, especialmente en poblaciones locales con alto valor adaptativo como el bovino criollo (Neogen Corporation, 2024).

El bovino en el Perú constituye un recurso ganadero de gran importancia para la economía y la seguridad alimentaria de las comunidades campesinas. Dentro de este, el bovino criollo destaca por su adaptación al medio ambiente, rusticidad y resistencia a condiciones adversas, lo que lo convierte en un reservorio de variación genética valiosa. En este marco, la aplicación de herramientas genómicas modernas busca generar conocimientos actualizados y aplicables tanto para la conservación del ganado criollo como para la mejora de la productividad y sostenibilidad del hato bovino en general, contribuyendo al bienestar económico y social de las comunidades locales.

III. METODO

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo descriptivo. Según Hernández et al. (1997), la investigación descriptiva tiene como objetivo especificar las propiedades, características y perfiles relevantes de personas, grupos o fenómenos, sin manipular variables ni establecer relaciones de causalidad, lo cual coincide con el enfoque del presente estudio. La investigación se orienta a describir el perfil genómico de la población bovina de la provincia de Arequipa a partir de resultados de pruebas genómicas disponibles, así como de información productiva relacionada con características de carne y leche. Para ello, se trabajó con una base de datos que contiene resultados previamente obtenidos, los cuales fueron organizados, clasificados y evaluados mediante procedimientos de análisis de datos.

Los resultados obtenidos permitieron caracterizar el potencial genético de la población evaluada, aportando información útil como referencia para futuras investigaciones en el ámbito del mejoramiento genético bovino en la región.

3.2.Ámbito temporal y espacial

El estudio se desarrolló entre los meses de junio y septiembre de 2024, utilizando muestras biológicas procedentes de bovinos adultos de la provincia de Arequipa, Perú

3.3.Variables

3.3.1. Variable dependiente:

- Resultados de la prueba Igenity Basic asociados a características productivas de leche.
- Resultados de la prueba Igenity Beef asociados a características productivas de carne.

3.3.2. Variable independiente:

- Raza bovina criolla

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población de estudio estuvo conformada por 95 bovinos adultos (40 hembras y 55 machos), procedentes de la provincia de Arequipa, Perú. A cada animal se le recolectaron muestras de folículos pilosos con fines de análisis genómico. Las muestras fueron remitidas a un laboratorio especializado para su procesamiento, obteniéndose como resultados los perfiles genómicos utilizados en el presente estudio para el análisis de datos.

3.4.2. Muestra

De la población inicial, se consideraron únicamente las muestras que cumplieron los criterios de calidad establecidos por el laboratorio responsable del procesamiento genómico para cada prueba:

- Para la prueba Igenity Beef, se obtuvieron resultados válidos de 60 animales (28 hembras y 32 machos); las 35 muestras restantes no alcanzaron la calidad mínima requerida establecida por el laboratorio para el análisis genómico y fueron descartadas.
- Para la prueba Igenity Basic, enfocada en rasgos reproductivos y maternos, se remitieron inicialmente muestras correspondientes a 29 hembras, de las cuales 22 cumplieron los criterios de calidad definidos por el laboratorio, mientras que 7 fueron descartadas por no cumplir los estándares técnicos requeridos.

3.5. Instrumentos

Para la recolección de datos y manejo de las muestras biológicas, se emplearon sobres de papel bond tamaño carta (Gallo N°16), debidamente rotulados con la siguiente información:

código del animal, procedencia, raza, identificación, sexo, responsable de la colecta, fecha de nacimiento, fecha de colecta y observaciones relevantes (Anexo 1).

Adicionalmente, se utilizaron tarjetas de pelo oficiales proporcionadas por el laboratorio NEOGEN®, diseñadas específicamente para la recolección y envío seguro de folículos pilosos. Estas tarjetas contaban con un código de barras único asignado a cada muestra, lo que permitió su correcta identificación y seriación durante todo el proceso, desde la recolección en campo hasta su procesamiento en laboratorio (Anexo 2). Este sistema garantizó la trazabilidad de las muestras y redujo el riesgo de errores de identificación.

Posteriormente, los datos correspondientes a cada individuo y su respectiva información de muestreo fueron organizados y sistematizados en una base de datos digital mediante el software Microsoft Excel® para Microsoft 365 (Microsoft Corporation, 2024) (Anexo 3). Esta base de datos permitió una gestión eficiente de la información y facilitó su posterior integración con los resultados de las pruebas genómicas Igenity Beef e Igenity Basic para el análisis correspondiente.

3.6. Procedimientos

3.6.1. Recolección de muestras

La recolección de muestras consistió en la obtención de folículos pilosos de 95 bovinos adultos criados en la provincia de Arequipa (Anexo 4), siguiendo las disposiciones establecidas en la Ley Nacional N° 30407, Ley de Protección y Bienestar Animal (Perú, 2016, art. 3). Asimismo, el estudio contó con la aprobación del Comité de Ética en Investigación de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, mediante la constancia CIEI-N° 0070 (Anexo 5)

Las muestras recolectadas correspondieron a 95 individuos identificados como parte del grupo de toros de pelea (Anexo 6A y 6B). Las muestras fueron remitidas a un laboratorio

especializado, donde se les aplicaron las pruebas genómicas Igenity Beef (en machos y hembras) e Igenity Basic (en hembras), realizándose igualmente los procedimientos de extracción de ADN genómico.

De los resultados obtenidos por el laboratorio, solo 60 individuos (28 hembras y 32 machos) cumplieron con los criterios de calidad y concentración de ADN, por lo que únicamente estos fueron considerados en el análisis de datos del presente estudio.

3.6.2. Extracción de ADN genómico y genotipado

Las muestras biológicas recolectadas fueron enviadas al laboratorio de la empresa NEOGEN® (Michigan, Estados Unidos) para su procesamiento (Anexo 7). El personal especializado del laboratorio realizó la extracción del ADN genómico a partir de los folículos pilosos obtenidos de los bovinos. Posteriormente, el ADN extraído fue sometido a genotipado mediante tecnología basada en polimorfismos de nucleótido único (SNPs), procedimiento necesario para la generación de los resultados de las pruebas comerciales Igenity Beef e Igenity Basic.

La prueba Igenity Basic fue aplicada exclusivamente en hembras, con la finalidad de obtener información genética asociada a rasgos reproductivos y productivos de leche. Por su parte, la prueba Igenity Beef se aplicó tanto en machos como en hembras, orientada a la evaluación de características relacionadas con la producción de carne y el desempeño productivo general.

Ambos procesos se desarrollaron conforme a los protocolos estandarizados de la empresa, lo que garantizó la calidad técnica y confiabilidad de los resultados. La información generada permitió obtener perfiles genómicos expresados mediante puntuaciones genéticas en diversas características productivas, las cuales constituyeron la base para el análisis de datos desarrollado en la presente investigación (Anexos 8 y 9).

3.6.3. Prueba de Igenity® Beef

En este estudio se emplearon los resultados de la prueba genómica Igenity Beef para evaluar el potencial genético de los animales, a partir de la información genética generada por el laboratorio especializado. Esta herramienta permitió disponer de puntuaciones asociadas a 17 características agrupadas en tres categorías principales: rasgos maternos, de crecimiento y de canal (carcasa), reconocidas por su relevancia en la eficiencia reproductiva, productiva y en la calidad final del producto cárnico.

Las puntuaciones utilizadas provinieron de la evaluación genética desarrollada por International Genetic Solutions (IGS), organización que integra una de las bases de datos más amplias en genética bovina a nivel internacional. Los valores obtenidos sirvieron como insumo para el análisis realizado en la presente investigación, permitiendo describir el perfil genómico de la población estudiada e identificar fortalezas y áreas de mejora a nivel productivo.

Adicionalmente, se dispuso de índices de selección correspondientes a líneas maternas, terminales y de perfil balanceado, los cuales fueron analizados con fines descriptivos y comparativos, como apoyo a la interpretación del potencial genético de los animales.

Es importante señalar que la interpretación de las puntuaciones depende del rasgo evaluado. En características como producción de leche, fertilidad o ganancia de peso, valores elevados indican mayor mérito genético, mientras que, en rasgos como peso al nacer, se prefieren puntuaciones menores debido al riesgo asociado a distocias. Las características consideradas en este estudio representan aspectos fundamentales del rendimiento productivo, reproductivo y de canal en bovinos, y fueron interpretadas conforme a los rangos establecidos por la prueba, permitiendo su correcta comprensión dentro del contexto de la población evaluada.

3.6.3.1. Características Maternas

A. *Peso al Nacer (BW - Birth Weight)*: El peso al nacer es un indicador importante para prever el riesgo de partos difíciles (distocias). Pesos excesivos al nacimiento pueden provocar complicaciones tanto para la madre como para la cría.

- Bueno: < 30 kg (1-3 puntos)
- Normal: 30 - 35 kg (4-7 puntos)
- Malo: > 35 kg (8-10 puntos)

B. *Facilidad de Parto Directa (CED - Calving Ease Direct)*: Esta característica refleja la probabilidad de que el animal pueda nacer sin complicaciones. Se considera más favorable cuanto menor es el valor.

- Excelente: -2 (8-10 puntos)
- Normal: -2 a 0 (4-7 puntos)
- Deficiente: > 0 (1-3 puntos)

C. *Facilidad de Parto Materna (CEM - Calving Ease Maternal)*: Evalúa la capacidad de las hijas para parir fácilmente, es decir, su facilidad como madres primerizas.

- Malo: < 80% (1-3 puntos)
- Normal: 80% - 90% (4-7 puntos)
- Bueno: > 90% (8-10 puntos)

D. *Tasa de Preñez de Novillas (HPR - Heifer Pregnancy Rate)*: Indica la capacidad reproductiva de las novillas (hembra bovina joven que aún no ha parido) a través del número de crías logradas.

- Bajo: < 5 crías (1-3 puntos)
- Normal: 5 - 8 crías (4-7 puntos)
- Alto: > 8 crías (8-10 puntos)

E. Producción de Leche (MILK - Milk Production): Estima la cantidad de leche producida diariamente, siendo un aspecto relevante en la evaluación de animales con potencial lechero

- Bajo: < 10 kg (1-3 puntos)
- Normal: 10 - 15 kg (4-7 puntos)
- Alto: > 15 kg (8-10 puntos)

F. Estabilidad Reproductiva (STAY - Stayability): La estabilidad reproductiva hace referencia a la capacidad de una hembra para permanecer productiva en el hato durante más tiempo, es decir, que continúe produciendo crías de manera constante a lo largo de su vida útil. Una vaca con buena estabilidad reproductiva tiene mayor probabilidad de permanecer más años en producción, lo que representa un beneficio económico, ya que reduce los costos de reposición de hembras y mejora la eficiencia del sistema ganadero.

- Malo: < 70% (1-3 puntos)
- Normal: 70% - 80% (4-7 puntos)
- Bueno: > 80% (8-10 puntos)

G. Docilidad (DOC - Docility): Refleja el temperamento del animal. Animales dóciles facilitan el manejo, reducen riesgos y mejoran la seguridad de las operaciones ganaderas

- Dócil: (1-3 puntos)
- Moderadamente dócil: (4-7 puntos)
- Agresivo: (8-10 puntos)

3.6.3.2. Características Productivas

A. Peso al Destete (WW - Weaning Weight): Evalúa el peso del animal al momento del destete, siendo un indicador directo de crecimiento y desarrollo en las primeras etapas.

- Bajo: < 150 kg (1-3 puntos)
- Normal: 150 - 200 kg (4-7 puntos)

- Alto: > 200 kg (8-10 puntos)

B. Ganancia Media Diaria (ADG - Average Daily Gain): Refleja la eficiencia en el incremento de peso diario, esencial para estimar la rapidez del crecimiento.

- Bajo: < 0.5 kg (1-3 puntos)
- Normal: 0.5 - 1 kg (4-7 puntos)
- Alto: > 1 kg (8-10 puntos)

C. Peso al Año (YW - Yearling Weight): Estima el peso del animal al año de edad, un indicador clave de su potencial de desarrollo y crecimiento

- Bajo: < 300 kg (1-3 puntos)
- Normal: 300 - 400 kg (4-7 puntos)
- Alto: > 400 kg (8-10 puntos)

D. Consumo Residual de Alimento (RFI - Residual Feed Intake): Indica la eficiencia alimenticia del animal. Animales con valores negativos consumen menos alimento para igual ganancia de peso, lo cual es deseable.

- Excelente: < -0.5 kg (8-10 puntos)
- Normal: -0.5 a 0 kg (4-7 puntos)
- Deficiente: > 0 kg (1-3 puntos)

E. Circunferencia Escrotal (SC - Scrotal Circumference): Relacionada con la fertilidad y desarrollo sexual en machos

- Deficiente: < 30 cm (1-3 puntos)
- Normal: 30 - 34 cm (4-7 puntos)
- Excelente: > 34 cm (8-10 puntos)

3.6.3.3. Características de Canal (Carcasa)

A. Marmoleo (MARB - Marbling): Se refiere a la cantidad de grasa intramuscular, directamente vinculada a la calidad de la carne y su sabor.

- Bajo: < 4 (1-3 puntos)
- Normal: 4 - 6 (4-7 puntos)
- Ideal: > 6 (8-10 puntos)

B. Área del Ojo del Lomo (REA - Ribeye Area): Mide la superficie del músculo dorsal (ojo del lomo), relacionado con el rendimiento de carne

- Bajo: < 50 cm² (1-3 puntos)
- Normal: 50 - 70 cm² (4-7 puntos)
- Ideal: > 70 cm² (8-10 puntos)

C. Espesor de Grasa Dorsal (FAT): Evalúa el nivel de cobertura de grasa dorsal, relevante para la protección de la carcasa y calidad final de la carne.

- Bajo: < 10% (1-3 puntos)
- Normal: 10% - 15% (4-7 puntos)
- Ideal: > 15% (8-10 puntos)

D. Terneza (TEND - Tenderness): Este rasgo evalúa la suavidad de la carne al momento del consumo. Un mayor nivel de terneza implica una carne más blanda, fácil de masticar y de mejor calidad para el consumidor.

- Bajo: < -1 (1-3 puntos)
- Normal: -1 a 0 (4-7 puntos)
- Excelente: > 0 (8-10 puntos)

E. Peso de Canal Caliente (HCW - Hot Carcass Weight): Este rasgo mide el peso de la canal inmediatamente después del sacrificio, antes de que pierda humedad por enfriamiento. Es un indicador directo del rendimiento del animal para la producción de carne. Valores más altos reflejan animales con mayor peso útil para la industria cárnica.

- Bajo: < 250 kg (1-3 puntos)
- Normal: 250 - 350 kg (4-7 puntos)

- Ideal: > 350 kg (8-10 puntos)

3.6.3.4. Igenity Rank

Dentro de la prueba Igenity Beef, el Igenity Rank constituye un índice global que sintetiza el potencial genético del animal a partir del análisis de ADN, evaluando simultáneamente un conjunto de rasgos productivos y reproductivos. Este indicador combina información sobre crecimiento, eficiencia alimenticia, calidad de canal, facilidad de parto y desempeño reproductivo, otorgando un valor que permite ubicar al individuo en categorías de desempeño.

En este estudio, los animales se clasificaron en cuatro rangos:

- Top 25%: individuos con el mayor potencial genético global.
- Maternal: animales con destacada aptitud reproductiva y materna.
- Terminal: ejemplares con alto potencial productivo para carne y canal.
- Bottom 25%: individuos con menor potencial genético global.

3.6.4. Pruebas de Igenity Basic

En este estudio se emplearon los resultados de la prueba genómica Igenity Basic, herramienta diseñada para la evaluación genética de ganado mestizo lechero y compatible con distintas razas productoras de leche. La información utilizada permitió disponer de puntuaciones genéticas generadas a partir del análisis realizado por el laboratorio especializado, contribuyendo a la interpretación del potencial genético de los animales evaluados.

La prueba Igenity Basic incluye la evaluación de 14 rasgos relacionados con salud, producción y características genéticas de importancia productiva. Cada rasgo se expresa en una escala de puntuación de 1 a 10, donde, en términos generales, valores más altos representan mayor mérito genético. No obstante, la interpretación varía según la característica; por ejemplo, en producción de leche y fertilidad se buscan valores elevados, mientras que, en recuento de células somáticas, se prefieren puntuaciones menores por su asociación con una mejor calidad de leche.

A continuación, se describen las características evaluadas, sus rangos de puntuación y su interpretación dentro del análisis realizado.

3.6.4.1. Rasgos de Salud

A. Vida Productiva (*Productive Life*): Evalúa la longevidad productiva del animal dentro del hato, expresada en meses adicionales de vida útil como vaca lechera. Una mayor puntuación indica mayor permanencia y eficiencia a lo largo de su vida reproductiva.

- Bajo (1-3)
- Promedio (4-7)
- Alto (8-10).

B. Fertilidad (*Fertility*): Refleja la tasa de preñez de las hijas, expresada como la probabilidad de preñez cada 21 días tras el parto. Una puntuación alta se relaciona con mayor eficiencia reproductiva.

- Bajo (1-3)
- Promedio (4-7)
- Alto (8-10).

C. Recuento de Células Somáticas (*Somatic Cell Score - SCC*): Indica la propensión a desarrollar mastitis; un menor recuento es favorable para la salud de la ubre y calidad de la leche. Siendo preferibles los valores bajos.

- Bajo (1-3)
- Promedio (4-7)
- Alto (8-10).

D. Conformación Lechera (*Dairy Form*): Se refiere a la expresión física de características deseables para vacas lecheras, como apertura de costillas y angulosidad. Mejores puntuaciones sugieren animales más típicamente lecheros.

- Bajo (1-3)

- Promedio (4-7)
- Alto (8-10).

3.6.4.2. Rasgos Productivos

A. Producción de Leche (Milk Yield): Estima el rendimiento de leche en una lactancia estándar de 305 días. Un mayor valor indica animales con mayor capacidad de producción.

- Bajo (1-3)
- Promedio (4-7)
- Alto (8-10).

B. Producción de Grasa (Fat Yield): Cantidad de grasa (en libras) producida durante una lactancia. A mayor puntuación, mayor aporte de grasa en la leche.

- Bajo (1-3)
- Promedio (4-7)
- Alto (8-10).

C. Porcentaje de Grasa (Fat %): Porcentaje de grasa en la leche. Valores altos reflejan animales con leche más rica en sólidos.

- Bajo (1-3)
- Promedio (4-7)
- Alto (8-10).

D. Producción de Proteína (Protein Yield): Cantidad de proteína producida en una lactancia de 305 días. Es clave para la industria láctea, especialmente quesera.

- Bajo (1-3)
- Promedio (4-7)
- Alto (8-10).

E. Porcentaje de Proteína (Protein %): Porcentaje de proteína en la leche. A mayor puntuación, mejor calidad composicional.

- Bajo (1-3)
- Promedio (4-7)
- Alto (8-10).

3.6.4.3. Condiciones Genéticas (Genetic Conditions)

A. Caseína Kappa (Kappa Casein): Genotipo asociado a mejor rendimiento quesero. El alelo BB es el más favorable por su influencia en la coagulación de la leche; AB y BE son intermedios, mientras que AA, AE, EE son los menos deseables.

B. Beta Caseína AB (Beta Casein AB): Importante para la industria quesera. El genotipo BB es más favorable, AB y BE son intermedios, y AA el menos favorable.

C. Beta Lactoglobulina (Beta Lac.): Proteína del suero que afecta el rendimiento quesero. BB es óptimo, AB intermedio, y AA menos favorable.

D. Deficiencia de Adhesión de Leucocitos Bovina (BLAD): Detecta animales libres, portadores o afectados por esta enfermedad inmunológica.

- T (Libre): Negativo al gen.
- C (Carrier): Portador.
- A (Afectado): Presenta la enfermedad.

E. Deficiencia de Uridina Monofosfato Sintetasa (DUMPS): Identifica portadores o libres de este defecto que causa mortalidad embrionaria.

- T (Libre): Negativo al gen.
- C (Carrier): Portador.
- A (Afectado): Presenta la enfermedad.

3.7. Análisis de datos

Se realizaron análisis exploratorios con la finalidad de identificar patrones y asociaciones entre las variables relacionadas con la producción de carne y leche; asimismo, se efectuó

la depuración y curación de los datos antes de los análisis estadísticos. Para las variables categóricas se aplicó un Análisis de Correspondencias Múltiples (MCA), con el propósito de explorar su estructura y posibles relaciones. Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de conglomerados jerárquicos y la construcción de mapas de calor, con el fin de visualizar la agrupación de los individuos de acuerdo con sus perfiles genómicos, conservando la identificación individual de cada animal.

Los análisis estadísticos se desarrollaron utilizando el software R versión 4.5.1 (R Core Team, 2025). Para la importación de datos se empleó el paquete `readxl` (Wickham y Bryan, 2025) y para la manipulación de la base de datos se utilizó `dplyr` (Wickham et al., 2025). El Análisis de Correspondencias Múltiples se realizó con el paquete `FactoMineR` (Lê y Husson, 2008) y la visualización de los resultados se efectuó mediante el paquete `factoextra` (Kassambara y Mundt, 2020). Asimismo, se utilizaron `ggplot2` y `ggrepel` para la elaboración y personalización de gráficos (Wickham, 2016; Slowikowski, 2025). El análisis de conglomerados jerárquicos y la generación de mapas de calor se efectuó mediante funciones de base R (`dist`, `hclust`) y el paquete `pheatmap` (Kolde, 2025).

3.8. Consideraciones Éticas

Durante el desarrollo de la presente investigación, se cumplieron rigurosamente todas las medidas necesarias para garantizar la protección, salud y bienestar de los animales involucrados. La recolección de muestras se efectuó respetando los principios éticos establecidos por los Comités Institucionales de Cuidado y Uso de Animales (IACUC), conforme a lo señalado por el National Research Council (2011), y en estricto cumplimiento de la Ley N.º 30407, Ley de Protección y Bienestar Animal (Perú, 2016).

La obtención de las muestras biológicas se realizó mediante procedimientos no invasivos, asegurando en todo momento la integridad física y el bienestar de los bovinos incluidos

en el estudio. Asimismo, el proyecto contó con la aprobación del Comité de Ética en Investigación de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, según consta en la certificación CIEI-N.º 0070, la cual respalda la validez ética de la investigación desarrollada.

El cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales sobre bienestar animal fue considerado un aspecto esencial para asegurar que todas las acciones desarrolladas respetaran los principios de bioética y las buenas prácticas científicas.

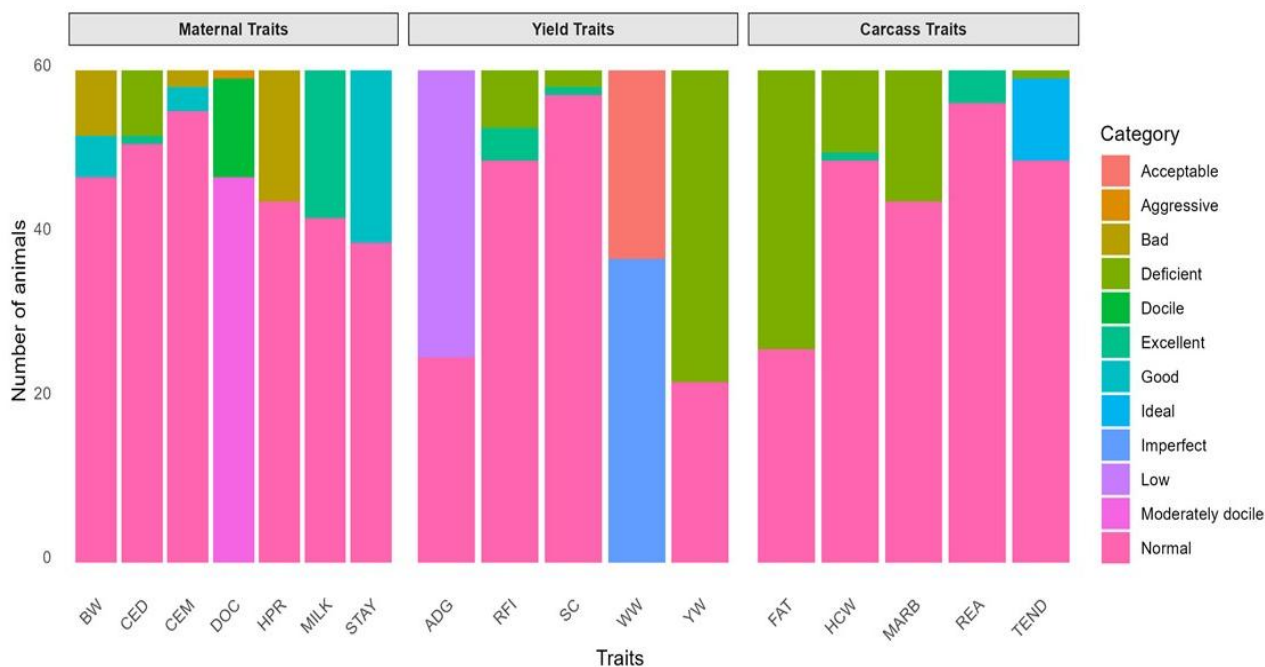
IV. RESULTADOS

4.1. OE1: Evaluar el perfil genómico de bovinos de la provincia de Arequipa utilizando los resultados de las pruebas de Igenity Beef e Igenity Basic.

La Figura 1 presenta la distribución de las categorías genómicas asignadas a los animales evaluados, organizadas en tres grupos funcionales de rasgos: maternos (Maternal Traits), productivos (Yield Traits) y canal (Carcass Traits). En los Carcass Traits se observa que la mayoría presenta valores bajos en marmoleo (MARB) y área de ojo de lomo (REA), mientras que la ternera (TEND) es baja en todos los casos, lo que evidencia una limitación genética generalizada. En los Maternal Traits predominan valores bajos o normales en peso al nacer (BW), facilidad de parto (CED) y producción de leche (MILK), con variabilidad en docilidad (DOC). En los Yield Traits se aprecia mayor diversidad, con algunos animales en niveles altos para peso al destete (WW) y peso al año (YW), aunque con baja eficiencia alimenticia (RFI).

Figura 1

Distribución de categorías por grupo de rasgos evaluados - Igenity Beef



Nota. Maternal Traits (Rasgos Maternos): BW = Birth Weight (Peso al nacer), CED = Calving Ease Direct (Facilidad de parto directa), CEM = Calving Ease Maternal (Facilidad de parto materna), DOC = Docility (Docilidad), HPR = Heifer Pregnancy Rate (Tasa de preñez en vaquillas), MILK = Milk (Producción de leche), STAY = Stayability (Permanencia en el rebaño). Yield Traits (Rasgos de Producción): ADG = Average Daily Gain (Ganancia diaria promedio), RFI = Residual Feed Intake (Consumo residual de alimento), SC = Scrotal Circumference (Circunferencia escrotal), WW = Weaning Weight (Peso al destete), YW = Yearling Weight (Peso al año). Carcass Traits (Rasgos de Canal): FAT = Fat Thickness (Espesor de grasa dorsal), HCW = Hot Carcass Weight (Peso de canal caliente), MARB = Marbling (Marmoleo), REA = Ribeye Area (Área del ojo de lomo), TEND = Tenderness (Ternura de la carne).

Como se observa en la Tabla 1, en la población evaluada el genotipo BB de κ -caseína presentó una baja frecuencia; sin embargo, de acuerdo con los criterios de Neogen, este genotipo se asocia con el mejor desempeño tecnológico, especialmente en términos de coagulación de la leche y rendimiento quesero. A pesar de que el genotipo AA fue el más frecuente (45,5%),

su desempeño tecnológico es inferior al de BB, mientras que el genotipo AB (36,4%) presenta características intermedias. Los genotipos AE y BE fueron poco frecuentes y su impacto productivo aún no se encuentra completamente definido.

En el caso de la β -caseína, el genotipo AA (A2A2) fue predominante (90,9%); no obstante, según la clasificación de Neogen, el genotipo BB presenta mejores características tecnológicas para la industria láctea, particularmente en procesos de transformación. La baja frecuencia del alelo B limita el aprovechamiento de este potencial productivo en la población evaluada.

Respecto a la β -lactoglobulina, el genotipo AB fue el más frecuente (59,1%), seguido de BB (18,2%), el cual es considerado el más favorable de acuerdo con Neogen, debido a su asociación con mayor rendimiento quesero y mejor comportamiento tecnológico. El genotipo AA mostró menor aptitud productiva, mientras que un 9,1% de los animales no presentó registro. En conjunto, los resultados evidencian que, aunque el genotipo BB es el más deseable desde el punto de vista productivo, su frecuencia en la población evaluada aún es limitada.

Tabla 1

Frecuencias de genotipos en κ -caseína, β -caseína y β -lactoglobulina – Igenity Basic

VARIABLE	Categoría	Conteo	Porcentaje
Kappa casein	AA	10	45.5
Kappa casein	AB ←	8	36.4
Kappa casein	AE	2	9.1
Kappa casein	BB	1	4.5
Kappa casein	BE	1	4.5
Beta casein	AA	20	90.9
Beta casein	AB ←	2	9.1
Beta lactoglobulin	AA	3	13.6
Beta lactoglobulin	AB ←	13	59.1
Beta lactoglobulin	BB	4	18.2
Beta lactoglobulin	NR	2	9.1

Fuente: Elaboración propia (2025)

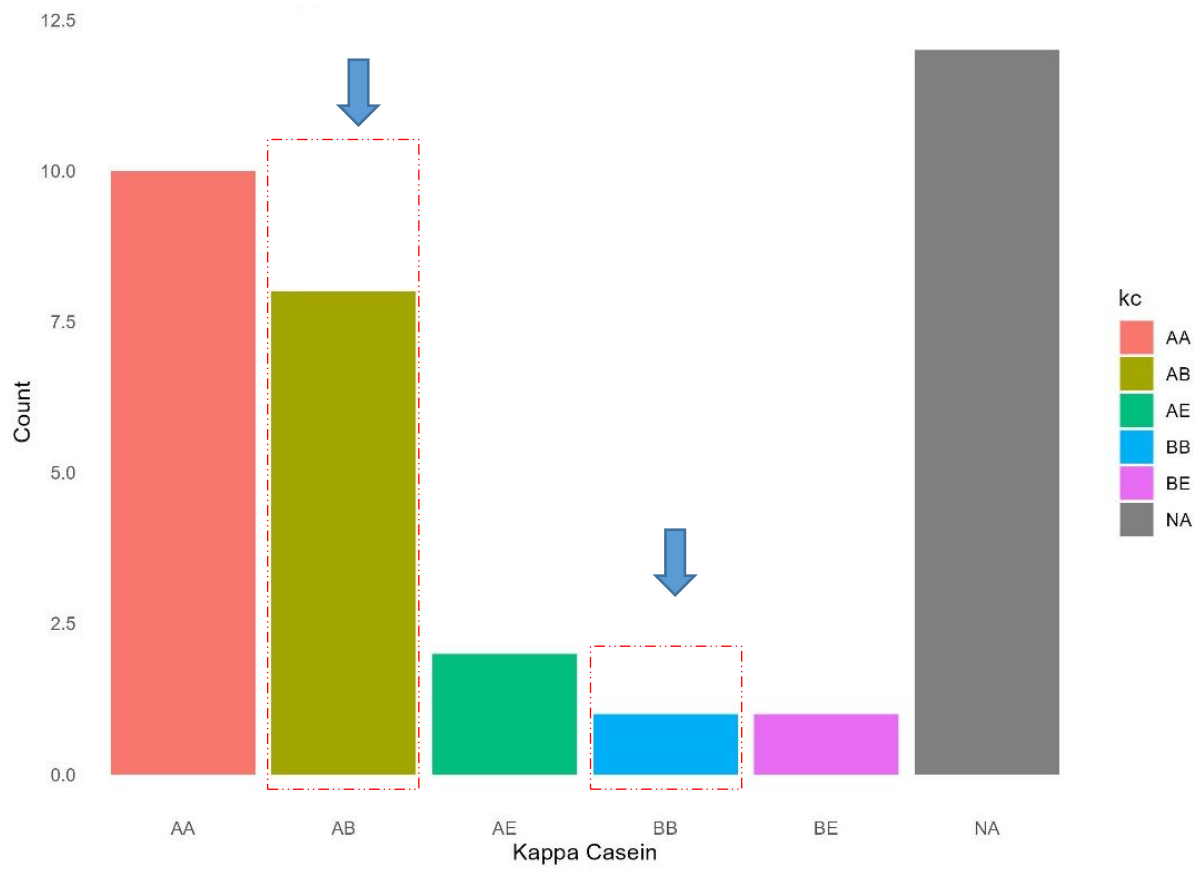
La Figura 2 presenta la distribución de los genotipos del gen de la κ -caseína (CSN3) en los animales evaluados, identificándose seis categorías: AA, AB, AE, BB, BE y NA (no disponible). El genotipo AA fue el más frecuente, con 10 individuos, seguido por AB con 8 individuos. Los genotipos AE, BB y BE mostraron frecuencias reducidas (2, 1 y 1 individuo, respectivamente), evidenciando una marcada predominancia del alelo A y una baja representación de los alelos B y E.

La elevada frecuencia del alelo A podría ser consecuencia de procesos de selección histórica, ya sea intencional o no, orientados a un buen desempeño en la producción de leche fluida, aunque con un menor potencial quesero en comparación con el alelo B. Este último ha sido ampliamente vinculado con una mejor coagulación y un mayor rendimiento en la producción de queso (Ikonen et al., 1999; Caroli et al., 2009); por lo tanto, su baja presencia en la población analizada podría limitar el aprovechamiento quesero del hato.

Asimismo, se observó una proporción considerable de datos no disponibles posiblemente atribuible a problemas técnicos como degradación del ADN, baja calidad de la muestra o fallos en la amplificación del fragmento de interés. Este porcentaje de datos faltantes debe interpretarse con cautela, ya que podría introducir sesgos en la estimación de frecuencias alélicas y en los análisis de asociación genética.

Figura 2

Distribución de genotipos de κ -caseína (CSN3)



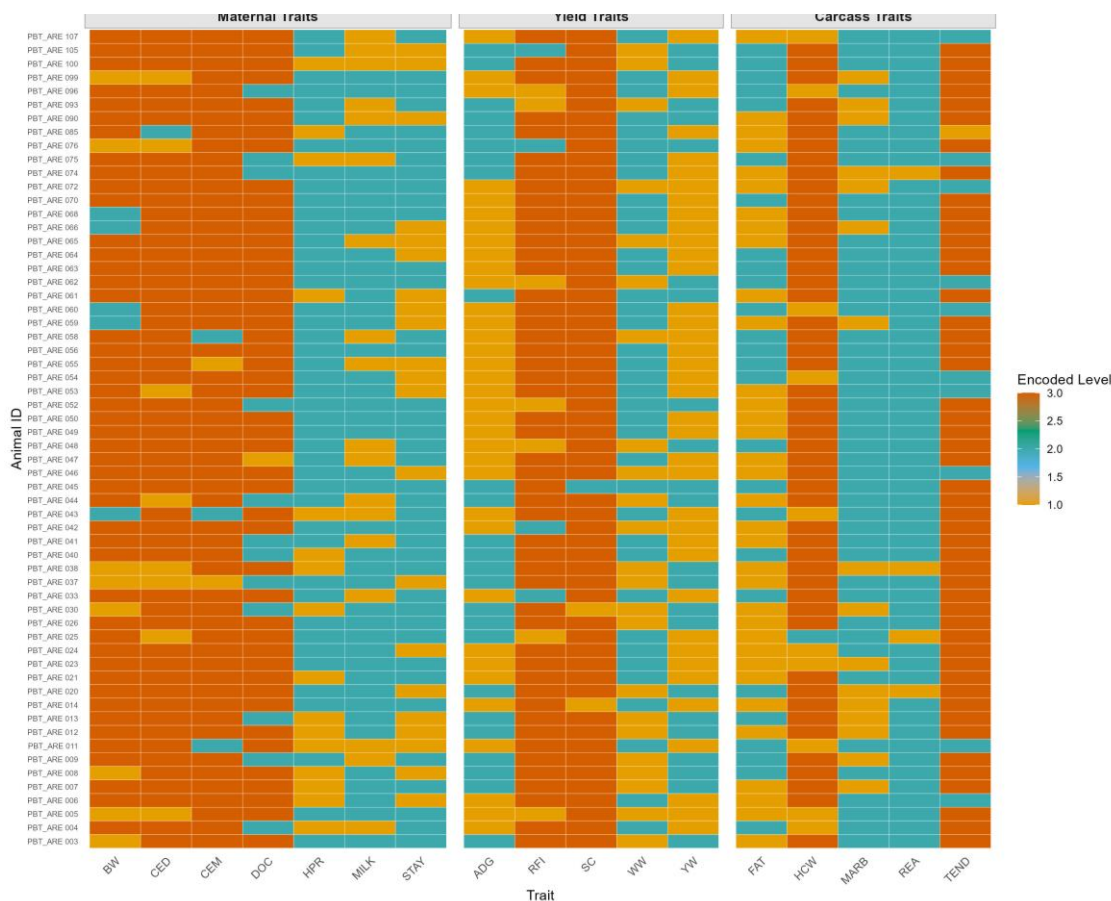
Nota. AA = Homocigoto alelo A; AB = Heterocigoto alelos A y B; AE = Heterocigoto alelos A y E; BB = Homocigoto alelo B; BE = Heterocigoto alelos B y E; NA = Dato no disponible.

4.2. OE2: Identificar animales con características deseables de carne y leche, según los resultados genómicos obtenidos.

La Figura 3 presenta un mapa de calor que muestra los perfiles genéticos de los animales agrupados en tres categorías de rasgos: maternos (Maternal Traits), de rendimiento (Yield Traits) y de canal (Carcass Traits). Los colores indican el nivel ordinal asignado a cada rasgo, lo que facilita la comparación visual entre individuos. En los rasgos maternos se aprecia una alta variabilidad, destacando especialmente la facilidad de parto (CED) y la producción de leche (MILK). En los rasgos de rendimiento, los patrones son más homogéneos, aunque algunos individuos presentan valores consistentemente altos o bajos. En los rasgos de canal, se observan contrastes marcados en el marmoleo (MARB) y en el área de ojo de lomo (REA), lo que sugiere diferencias potenciales en la calidad de la carne.

Figura 3

Mapa de calor de perfiles genéticos agrupados por rasgo-Igenity Beef

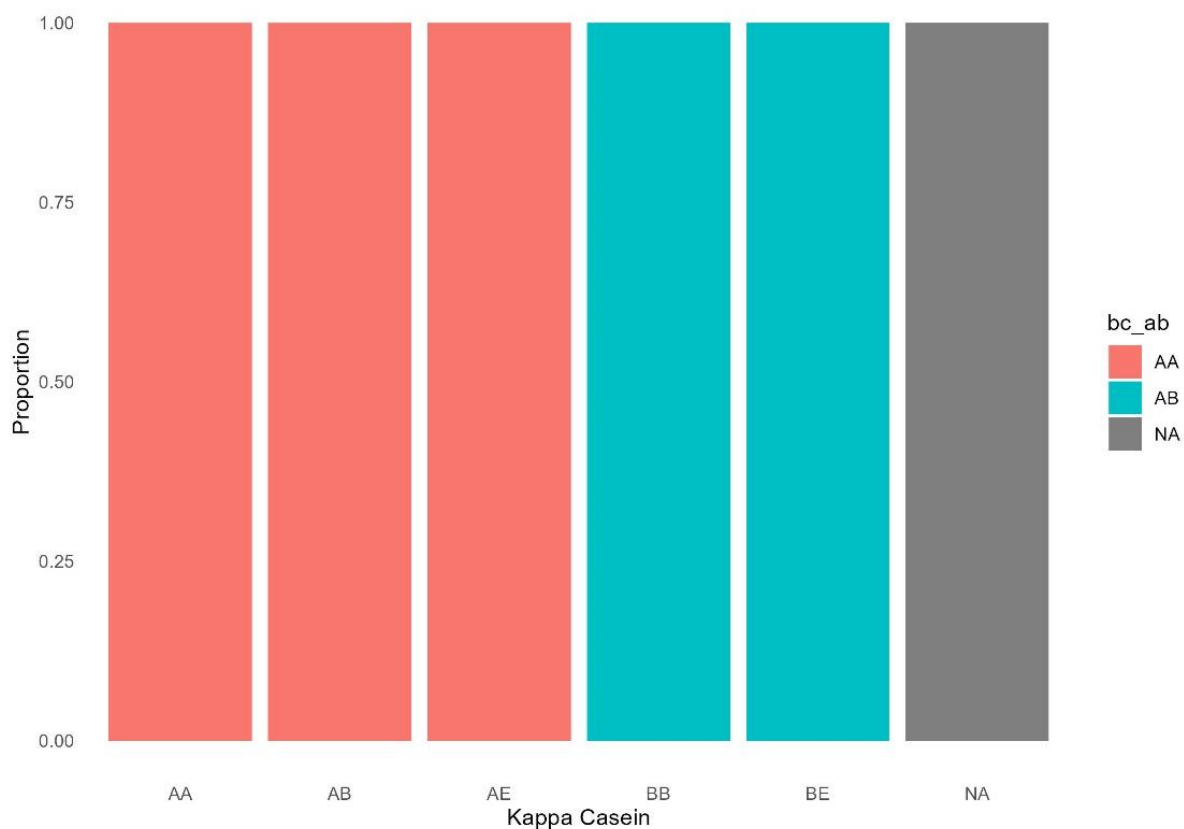


Nota. Maternal Traits (Rasgos Maternos): BW = Birth Weight (Peso al nacer), CED = Calving Ease Direct (Facilidad de parto directa), CEM = Calving Ease Maternal (Facilidad de parto materna), DOC = Docility (Docilidad), HPR = Heifer Pregnancy Rate (Tasa de preñez en vaquillas), MILK = Milk (Producción de leche), STAY = Stayability (Permanencia en el rebaño). Yield Traits (Rasgos de Producción): ADG = Average Daily Gain (Ganancia diaria promedio), RFI = Residual Feed Intake (Consumo residual de alimento), SC = Scrotal Circumference (Circunferencia escrotal), WW = Weaning Weight (Peso al destete), YW = Yearling Weight (Peso al año). Carcass Traits (Rasgos de Canal): FAT = Fat Thickness (Espesor de grasa dorsal), HCW = Hot Carcass Weight (Peso de canal caliente), MARB = Marbling (Marmoleo), REA = Ribeye Area (Área del ojo de lomo), TEND = Tenderness (Ternura de la carne).

La Figura 4 presenta la proporción de genotipos de β -caseína (CSN2) en cada grupo genotípico de κ -caseína (CSN3). Cada barra representa el 100 % de los individuos de un genotipo específico de κ -caseína, subdivididos según su genotipo de β -caseína. Los resultados evidencian una asociación completa entre ambos loci: los genotipos AA, AB y AE de κ -caseína se vinculan exclusivamente con el genotipo AA de β -caseína; los genotipos BB y BE se asocian únicamente con AB; y la categoría NA coincide en ambos genes. Este patrón sugiere un fuerte desequilibrio de ligamiento, posiblemente relacionado con diversidad genética, efecto de selección o estructura poblacional. Aunque esta coherencia de combinaciones puede favorecer la producción, también restringe la introducción de nueva variabilidad genética si no se incorporan reproductores con genotipos distintos. No se aplicó la prueba de chi-cuadrado de independencia debido a la baja frecuencia de algunas combinaciones y a la falta de variabilidad suficiente para construir una tabla de contingencia robusta, por lo que el análisis se presenta únicamente de forma descriptiva.

Figura 4

Proporción de genotipos de β -caseína (CSN2) dentro de cada genotipo de κ -caseína (CSN3)



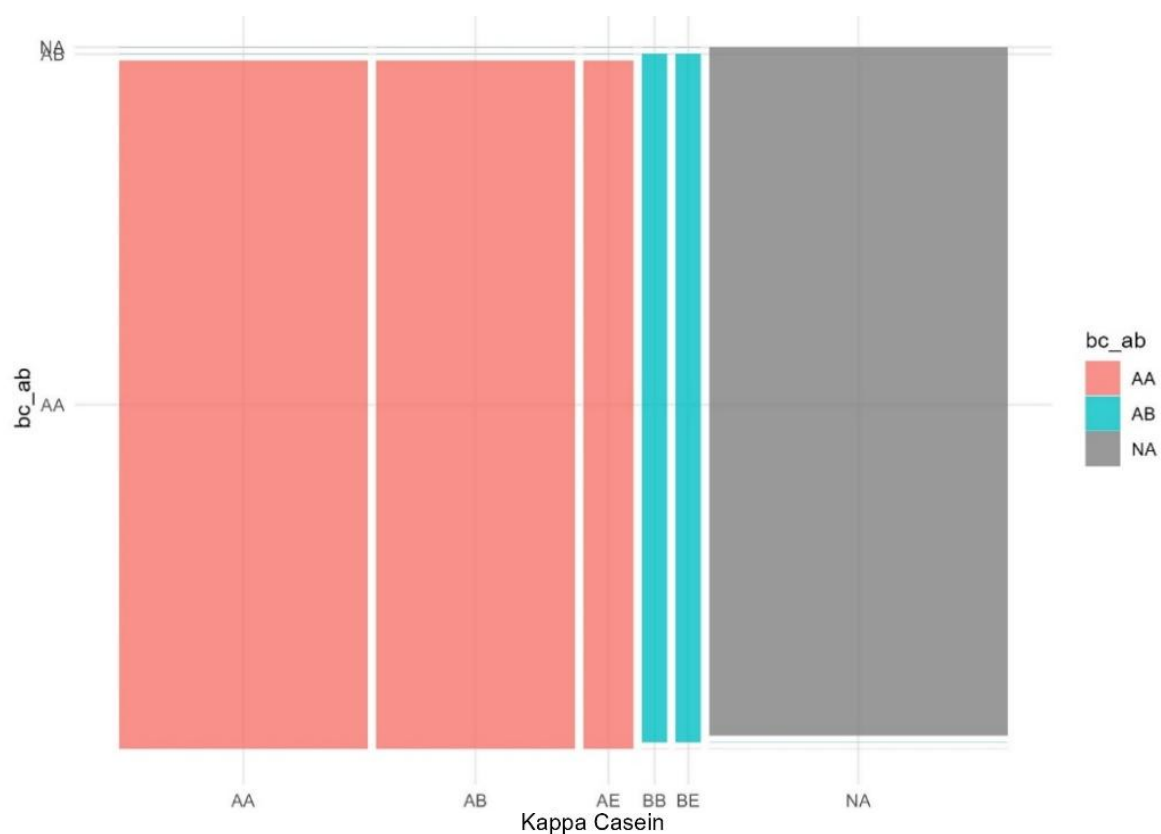
Nota. AA = Homocigoto alelo A; AB = Heterocigoto alelos A y B; AE = Heterocigoto alelos A y E; BB = Homocigoto alelo B; BE = Heterocigoto alelos B y E; NA = Dato no disponible.

La Figura 5 muestra un gráfico de mosaico que representa la relación entre los genotipos de κ -caseína (CSN3) y β -caseína (CSN2) en los animales evaluados. El ancho de cada barra indica la frecuencia relativa de cada genotipo de κ -caseína, mientras que la altura de los bloques de color refleja la proporción correspondiente de genotipos de β -caseína dentro de cada categoría. Los resultados evidencian una asociación completa entre determinados genotipos de ambos loci: los genotipos AA, AB y AE de κ -caseína se vinculan exclusivamente con el genotipo AA de β -caseína, mientras que BB y BE de κ -caseína se asocian únicamente con AB de β -caseína. La categoría NA en κ -caseína coincide igualmente con datos no disponibles en β -caseína. Este patrón sugiere un marcado desequilibrio de ligamiento, posiblemente relacionado

con baja variabilidad genética, efecto de selección o estructura poblacional. Aunque esta coherencia de combinaciones puede ser ventajosa cuando los genotipos heredados resultan productivamente favorables, también restringe la introducción de nueva variabilidad. No se aplicó la prueba de chi-cuadrado de independencia debido a la baja frecuencia de varias combinaciones y a la falta de variabilidad suficiente para construir una tabla de contingencia robusta, por lo que el análisis se presenta únicamente de forma visual y descriptiva.

Figura 5

Gráfico de mosaico entre genotipos de κ -Caseína (KC) y β -caseína (BC_AB)



Nota. AA = Homocigoto alelo A; AB = Heterocigoto alelos A y B; AE = Heterocigoto alelos A y E; BB = Homocigoto alelo B; BE = Heterocigoto alelos B y E; NA = Dato no disponible

En la Figura 6, el análisis de los 60 animales evaluados mediante la prueba Igenity Beef permitió clasificarlos en cuatro categorías de desempeño: Top 25%, Maternal, Terminal y Bottom 25%. Cabe destacar que las categorías Maternal y Terminal representan animales destacados en esos índices específicos, pero no necesariamente excluyen estar en el Top 25% global.

En la categoría Top 25% se ubicaron 14 individuos (11 hembras y 3 machos), destacando la hembra PBT_ARE048 por su alto mérito genético global. En la categoría Maternal se registraron 15 animales (7 hembras y 8 machos), resaltando PBT_ARE055 (hembra) y PBT_ARE058 (macho) por su perfil reproductivo y lácteo sobresaliente. La categoría Terminal estuvo conformada por 16 individuos (6 hembras y 10 machos), entre los cuales destacaron los machos PBT_ARE100, PBT_ARE008 y la hembra PBT_ARE045 por su alto potencial productivo en carne y características de canal. Por otro lado, en el grupo Bottom 25% se identificaron 15 animales (4 hembras y 11 machos), evidenciando que los machos concentran la mayor proporción de desempeños genéticos bajos dentro del hato evaluado.

En términos globales, el hato estuvo conformado por 28 hembras (48,3%) y 32 machos (51,7%), destacándose que las hembras se concentran mayormente en las categorías de mayor potencial genético (Top 25% y Maternal), mientras que los machos predominan en las categorías de menor desempeño relativo. De este modo, esta clasificación constituye una base estratégica para programas de selección y cruzamiento, orientados a optimizar el rendimiento productivo y reproductivo del hato.

Figura 6

Distribución de los animales evaluados por sexo según categoría de desempeño Igenity Beef

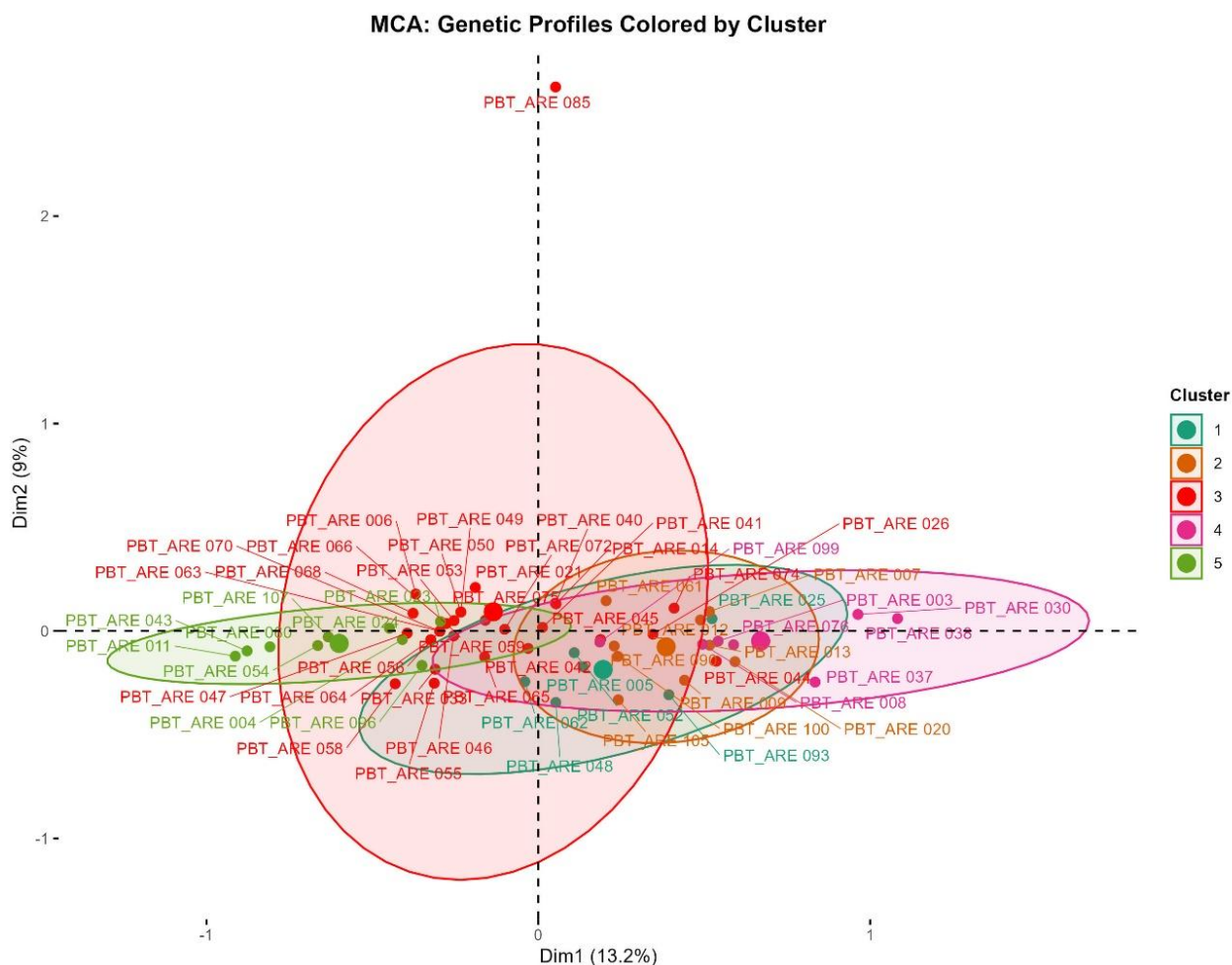


4.3. OE3: Contribuir con información genómica que sirva como base para mejorar la calidad y productividad del ganado en la región de Arequipa.

La Figura 7 corresponde al Análisis de Correspondencias Múltiples (MCA), que representa cada animal como un punto identificado con su código real. La distribución espacial refleja la similitud genética entre individuos, agrupados en cinco clústeres diferenciados por colores. Destaca el animal PBT_ARE_085, aislado del resto, lo que sugiere un perfil genético singular. Este análisis confirma la estructura de agrupamiento observada en el dendrograma y ayuda a identificar outliers relevantes para la selección genética.

Figura 7

Representación del análisis de correspondencias múltiples (MCA) de 60 bovinos- Igenity beef



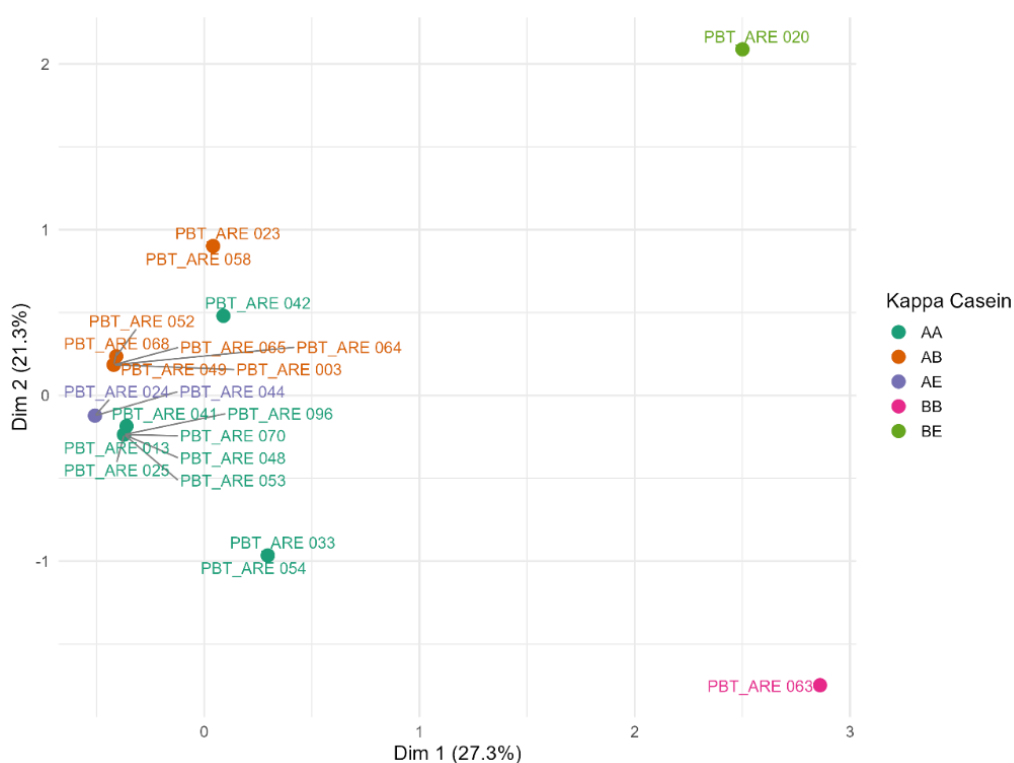
En la Figura 8, obtenida mediante el Análisis de Correspondencias Múltiples (MCA), se muestra la distribución de los 22 animales evaluados con la prueba genética *Igenity Basic*. Cada punto corresponde a un animal, identificado por su código, y su posición refleja la similitud genética con respecto a los demás según los rasgos evaluados.

En el gráfico de MCA, los colores corresponden a los cinco clústeres definidos previamente mediante el análisis de agrupamiento jerárquico (ver dendrograma). Esta codificación de color permite confirmar visualmente la estructura de agrupamiento identificada. La mayoría de los animales se concentra en dos zonas principales, mientras que PBT_ARE_020 y PBT_ARE_063 se ubican de forma aislada, evidenciando perfiles genéticos atípicos.

Este análisis complementa al dendrograma jerárquico, validando la formación de clústeres y facilitando la detección de individuos con combinaciones genéticas poco comunes, información útil para la toma de decisiones en programas de selección y manejo genético.

Figura 8

Análisis de correspondencias múltiples (MCA) de perfiles genéticos – *Igenity Basic*

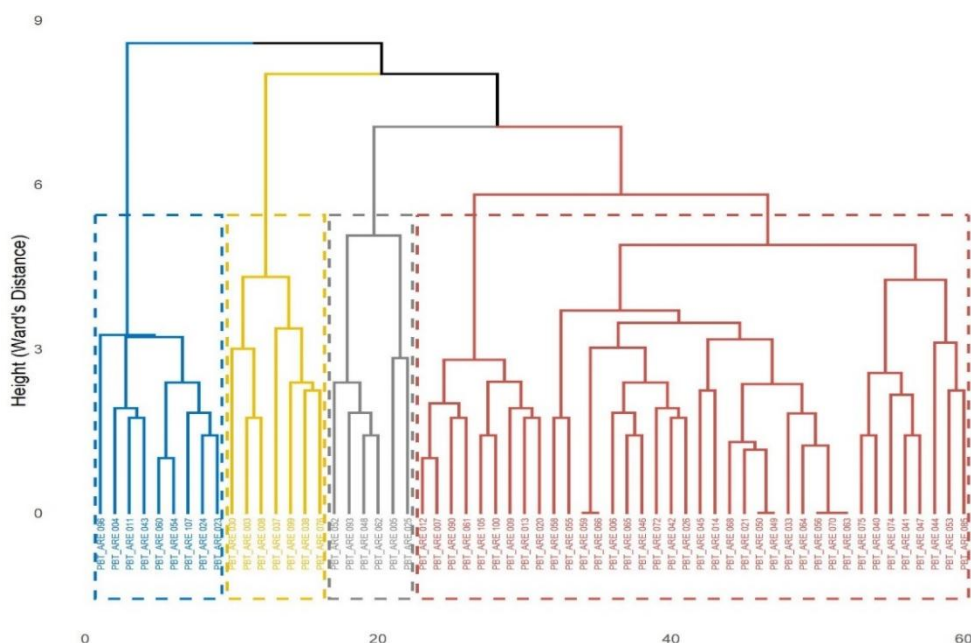


La Figura 9 presenta el dendrograma jerárquico obtenido mediante el método de Ward, que agrupa a los animales en cuatro clústeres diferenciados por colores. El clúster 1 (azul) reúne animales con alta similitud genética y baja variación interna, mientras que el clúster 2 (amarillo) también muestra homogeneidad genética, aunque con un patrón diferenciado respecto al primero. El clúster 3 (gris) es pequeño y transicional, compartiendo características intermedias entre los grupos adyacentes, y el clúster 4 (rojo) es el más numeroso y diverso, reflejando una mayor heterogeneidad genética interna. Algunos individuos, como PBT_ARE_085 y PBT_ARE_059, presentan ligeras particularidades genéticas dentro de su grupo, lo que contribuye a la variabilidad general del hato.

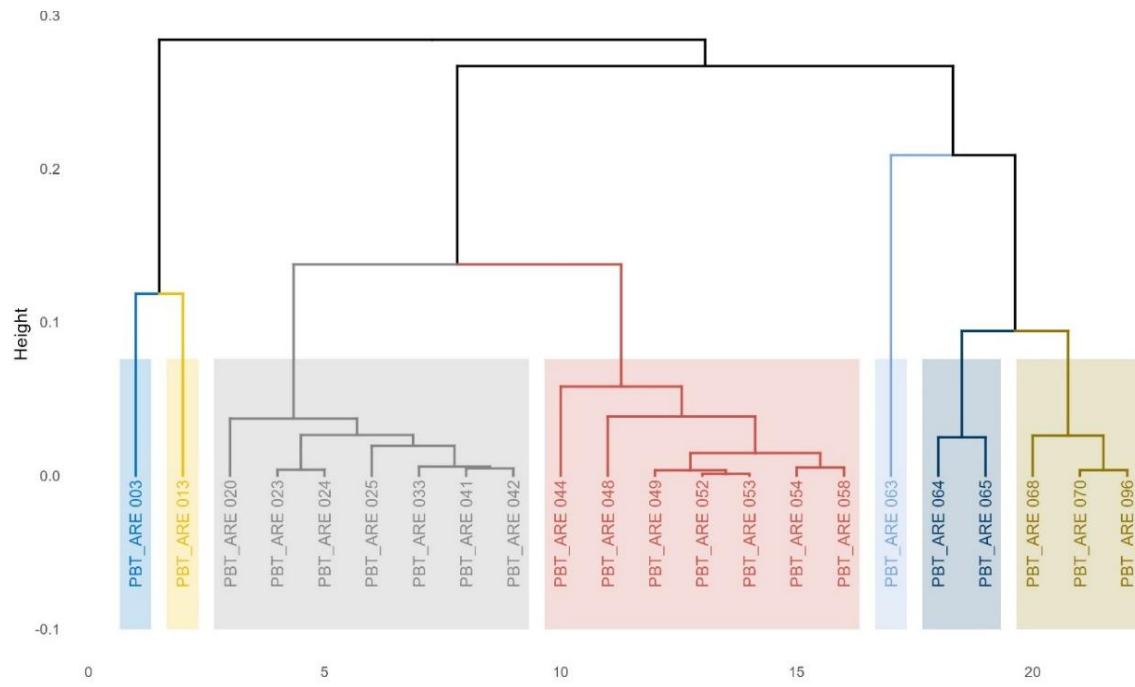
Los análisis realizados con la prueba genómica Igenity Beef permitieron identificar patrones claros entre los tres grupos de rasgos evaluados, evidenciando fortalezas en atributos productivos y algunas limitaciones en características maternas y de canal. El mapa de calor y el análisis de correspondencias múltiples (MCA) revelaron perfiles consistentes o atípicos entre los individuos, mientras que el dendrograma confirmó la existencia de subpoblaciones genéticamente diferenciadas. Estos resultados constituyen una base sólida para orientar decisiones de selección genética más precisas y efectivas en el hato evaluado.

Figura 9

Agrupamiento jerárquico que revela cuatro subpoblaciones genéticas en el hato -Igenity Beef



La Figura 10 muestra el dendrograma obtenido a partir de los datos cualitativos de la prueba genética Igenity Basic, elaborado mediante el método de Ward para 22 animales evaluados. Cada rama representa un individuo identificado con su código real, mientras que la altura de unión entre ramas refleja el grado de similitud genética: uniones más bajas indican mayor semejanza entre individuos. El análisis permitió identificar siete clústeres diferenciados, representados por colores y áreas sombreadas. El clúster 1 (azul claro) está conformado por el individuo PBT_ARE 003, cuyo perfil genético es singular y posiblemente corresponde a un outlier. El clúster 2 (amarillo claro) incluye únicamente a PBT_ARE 013, con un patrón genético claramente diferenciado del resto de la población. El clúster 3 (gris) agrupa a PBT_ARE 020, 023, 024, 025, 033, 041 y 042, constituyendo el conjunto más numeroso y homogéneo, con alta similitud interna. El clúster 4 (rojo) reúne a PBT_ARE 044, 048, 049, 052, 053, 054 y 058, que comparten características comunes, pero se diferencian claramente del clúster 3. El clúster 5 (azul oscuro) está formado por el individuo PBT_ARE 063, genéticamente cercano al clúster 6, compuesto por PBT_ARE 064 y 065, los cuales presentan gran similitud entre sí. Finalmente, el clúster 7 (amarillo oscuro) agrupa a PBT_ARE 068, 070 y 096, con un perfil genético común y diferenciado del resto. En conjunto, el dendrograma evidencia una estructura genética heterogénea, con individuos únicos que podrían ser valiosos para conservar la diversidad genética y grupos más homogéneos que podrían aprovecharse para mejorar la uniformidad productiva del hato

Figura 10*Dendrograma Jerárquico – Igenity Basic*

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos mediante las pruebas Igenity Beef e Igenity Basic permitieron caracterizar la variabilidad genética presente en la población bovina evaluada, aportando información clave para la descripción del potencial genético de los animales en la provincia de Arequipa. Estas herramientas, basadas en tecnología de polimorfismos de nucleótido único (SNPs), permiten evaluar simultáneamente múltiples rasgos productivos, reproductivos y asociados a la calidad de carne y leche, constituyéndose en una alternativa moderna frente a los métodos tradicionales de selección basados exclusivamente en el fenotipo (Van Eenennaam et al., 2011; Pryce y Daetwyler, 2012). La información generada por estas pruebas proporcionó una base objetiva para el análisis realizado en el presente estudio, permitiendo describir perfiles genómicos individuales y poblacionales que pueden servir como referencia para futuras investigaciones orientadas al mejoramiento genético bovino.

En el caso de Igenity Beef, los resultados evidenciaron una marcada heterogeneidad genética entre los individuos evaluados. Entre la población analizada, únicamente el individuo identificado como PBT_ARE 048 presentó las puntuaciones más altas en rasgos de importancia económica como ganancia de peso, rendimiento de canal y marmoleo. Estos hallazgos concuerdan con estudios previos que reportan que los bovinos criollos peruanos conservan una elevada diversidad genética y una notable capacidad de adaptación a condiciones locales, como resultado de su manejo tradicional y de una limitada presión de selección intensiva (Scotto & Rosenberg, 2001; Veli et al., 2004, 2008, 2010; Corredor et al., 2023).

Asimismo, diversos estudios reportan que el uso de perfiles basados en SNPs permite identificar animales con alto mérito genético a edades tempranas, contribuyendo a una mejor caracterización genética de las poblaciones bovinas (Neogen Corporation, 2020; Mateescu et al., 2017). En este sentido, los resultados del índice Igenity Rank obtenidos en el presente estudio permitieron describir perfiles de alto valor genético dentro de la población analizada, los

cuales pueden servir como referencia informativa para futuras investigaciones en programas de mejoramiento genético

Por su parte, los resultados de la prueba Igenity Basic, orientada a rasgos lácteos, maternos y reproductivos, permitieron identificar individuos con perfiles genómicos diferenciados dentro de la población evaluada. En esta prueba, el individuo identificado como PBT_ARE 023 presentó puntuaciones equilibradas en rasgos maternos, productivos y genéticos, evidenciando un perfil genómico favorable dentro del grupo analizado. De manera similar, PBT_ARE 058 mostró un desempeño genético consistente, mientras que PBT_ARE 024 destacó principalmente por sus características maternas y productivas, aunque con valores intermedios en algunos marcadores genéticos. Estos resultados concuerdan con estudios realizados en poblaciones criollas peruanas, donde se resalta la importancia de determinados genotipos para la producción lechera y la eficiencia reproductiva (Redacción, 2013; Delgado y García, 2018; Quispe et al., 2014; Contreras et al., 2021). En este contexto, la información generada mediante herramientas genómicas constituye una base valiosa para futuras investigaciones y estrategias de planificación genética orientadas a sistemas lecheros más eficientes y sostenibles (Pryce et al., 2014; García-Ruiz et al., 2016).

El índice Igenity Rank permitió identificar individuos ubicados dentro del Top 25 %, destacando a 15 animales con alto mérito genético global dentro de la población evaluada. Este grupo representa un conjunto de referencia con perfiles genómicos favorables, que puede constituir una base informativa para el diseño de futuras estrategias de selección asistida por marcadores (MAS) en bovinos criollos de la región (Figuroa et al 2022; Corredor et al., 2023; Figuroa et al., 2025).

La identificación de animales con mayor valor genético potencial permite generar información orientadora para la planificación de programas de mejoramiento genético regional,

reduciendo la incertidumbre en la toma de decisiones y facilitando la conservación de la diversidad genética de la población bovina local (Hayes et al., 2013).

De manera complementaria, se observó un predominio del genotipo AA en la β -caseína (90,9 %) y en la κ -caseína (45,5 %), con baja frecuencia del alelo B. Si bien este aspecto no constituye el eje central del estudio, la información resulta relevante desde el punto de vista de la calidad y digestibilidad de la leche, dado que la variante A2 de la β -caseína se asocia con una mejor tolerancia digestiva en humanos (Alfonso et al., 2019), mientras que el alelo B de la κ -caseína se relaciona con un mayor rendimiento quesero (Sebastiani et al., 2022). La baja frecuencia del alelo B sugiere una limitada presencia de variantes genéticas asociadas al potencial quesero en la población evaluada, lo cual constituye una referencia genética de interés para futuras investigaciones orientadas a la caracterización funcional del ganado bovino en la región.

A nivel internacional, estas pruebas han sido empleadas ampliamente en el sector ganadero en países como Estados Unidos, Canadá, Australia, Brasil y Argentina, en colaboración con empresas especializadas en genética animal, lo que evidencia su aplicabilidad en diversos contextos productivos (Neogen Corporation, 2025; Zoetis Inc., s. f.; Neogen Corporation, s. f.). Desde una perspectiva comparativa, la aplicación de estas herramientas en la provincia de Arequipa representa una experiencia pionera a nivel regional, generando información de valor que puede servir como referencia para la integración futura de tecnologías genómicas en la producción ganadera local.

Asimismo, los resultados obtenidos constituyen una base informativa que puede contribuir a fortalecer la toma de decisiones en estudios posteriores orientados al mejoramiento genético, considerando tanto las demandas del mercado como las condiciones productivas específicas de la región.

Los resultados de este estudio evidencian que la aplicación de herramientas genómicas como Igenity Beef e Igenity Basic facilita una caracterización más precisa del perfil genético de los bovinos evaluados, en comparación con enfoques basados únicamente en características fenotípicas. Este enfoque permite disponer de información objetiva y temprana sobre el mérito genético de los animales, lo que representa una ventaja técnica relevante en el análisis de poblaciones bovinas.

Asimismo, la identificación de individuos con perfiles genómicos favorable aporta evidencia científica que respalda el valor de este tipo de tecnologías como herramientas de apoyo para futuras investigaciones en selección y mejoramiento genético en la región. De este modo, los resultados obtenidos constituyen un aporte significativo al conocimiento sobre la composición genética del ganado bovino de Arequipa y ofrecen una base informativa para el desarrollo progresivo de estrategias orientadas a una producción más eficiente, sostenible y competitiva.

VI. CONCLUSIONES

- La aplicación de las pruebas genómicas Igenity Beef e Igenity Basic, basadas en tecnología de polimorfismos de nucleótido único (SNP), permitió una caracterización precisa de los rasgos productivos y reproductivos en la población bovina evaluada en Arequipa, proporcionando información estratégica útil para orientar futuros programas de selección y mejoramiento genético enfocados en carne y leche.
- Las pruebas genómicas Igenity permitieron identificar ejemplares con mérito genético superior dentro del hato evaluado. En la prueba Igenity Beef, el individuo PBT_ARE 048 destacó por presentar un alto potencial en rasgos productivos y de calidad de carne. En la prueba Igenity Basic, el individuo PBT_ARE 023 sobresalió por su equilibrio favorable entre rasgos maternos, productivos y genéticos, confirmando la utilidad de las evaluaciones genómicas como herramientas eficaces para la selección de reproductores bovinos.
- El análisis del Igenity Rank evidenció diferencias claras en los niveles de mérito genético entre los animales evaluados. Se identificaron 14 individuos dentro del Top 25 %, considerados genéticamente superiores por su destacado desempeño global, sobresaliendo el individuo PBT_ARE 048 por su elevado mérito genético general. En la categoría Maternal, se distinguieron PBT_ARE 055 (hembra) y PBT_ARE 058 (macho) por su perfil reproductivo y lácteo favorable, mientras que en la categoría Terminal destacaron los individuos PBT_ARE 100, PBT_ARE 008 y PBT_ARE 045, caracterizados por su alto potencial productivo en carne y adecuados atributos de canal.

VII. RECOMENDACIONES

- Ampliar el muestreo a otras provincias del departamento de Arequipa, con el objetivo de fortalecer los estudios genómicos y continuar identificando bovinos con mayor potencial productivo y reproductivo.
- Realizar un seguimiento longitudinal de los animales evaluados, con la finalidad de correlacionar los resultados genómicos con su desempeño productivo y reproductivo en condiciones de campo, lo cual permitirá validar la utilidad práctica de las pruebas genómicas aplicadas.
- Comparar los perfiles genómicos obtenidos con bases de datos de otras poblaciones o razas bovinas, con el propósito de identificar patrones genéticos comunes y diferenciales que contribuyan al diseño de programas de selección y cruzamiento más eficientes.
- Incorporar indicadores económicos en futuros análisis, de manera que la información genómica se vincule con el potencial de rentabilidad productiva, optimizando así la toma de decisiones en el manejo y mejoramiento del hato.

VIII. REFERENCIAS

Agricultural Research Information System. (2023). *Avances en caracterización molecular del bovino criollo de la región de Junín utilizando marcadores microsatélites*. FAO – International System for Agricultural Science and Technology.

<https://agris.fao.org/search/en/providers/124398/records/662916362b3930d7cdc09fa6>

Aguirre, L., Apolo, G., Chalco, L., & Martínez, Y. (2014). Caracterización genética de la población bovina de la región sur del Ecuador y su relación genética con otras razas bovinas. *Animal Genetic Resources*, 54, 79-87. <https://doi.org/10.1017/S2078633613000313>

Alfonso, L., Urrutia, O., & Mendizabal, J. A. (2019). Conversión de las explotaciones de vacuno de leche a la producción de leche A2 ante una posible demanda del mercado: Posibilidades e implicaciones. *ITEA - Información Técnica Económica Agraria*, 115(3), 231-251. <https://doi.org/10.12706/itea.2019.001>

Aracena, J., & Mujica, R. (2011). Caracterización fenotípica del Bovino Criollo Patagónico (BCP) en la región de Aysén, Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 43(3), 273–280. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2011000300006>

Asociación de Ganaderos Lecheros del Perú. (2015). *Situación de la producción de leche en el Perú*. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/la-ganaderia-bovina-en-peru/>

Banco Central de Reserva del Perú. (2016). *Informe económico y social de Arequipa 2016*. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Proyeccion-Institucional/Encuentros-Regionales/2016/arequipa/ies-arequipa-2016.pdf>

Barbieri G., B. (2006). Necesidad de contar con un programa de índices de selección oficial para mejoramiento del ganado de la sierra "doble propósito". *Revista de Ciencias Veterinarias*, 22(1), 27–39. <https://repebis.upch.edu.pe/articulos/rev.cienc.veter/v22n1/a6.pdf>

Barbieri, B. G. (2009). Necesidad de contar con un programa de índices de selección oficial para mejoramiento del ganado de la sierra. *Peruláctea*. <http://www.produccion-animal.com.ar>

Barbieri, G. (2007). Perú 2007: Ganadería especializada, ¿aún una utopía? *MV Revista de Ciencias Veterinarias*, 23(4), 29–36. <https://repebis.upch.edu.pe/articulos/rev.cienc.ve-ter/v23n4/a3.pdf>

Barrera, G. P., Martínez, R., Torrijos, R., & Ramón, F. (2006). Caracterización molecular de una población de ganado caquetoño y su relación filogenética con razas bovinas criollas colombianas. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(1), 33–41. https://doi.org/10.21930/rcta.vol7_num1_art:57

Cámara de Comercio e Industria de Arequipa. (2024). *Informe sobre competitividad y desarrollo agropecuario regional 2024*. Arequipa, Perú. <https://www.adepia.com.pe/2017/09/07/arequipa-historicamente-agricola/>

Cáritas del Perú. (2012). *Propuesta para los pequeños productores lácteos de la sierra alta del Perú*. https://www.rimisp.org/wp-content/files_mf/1437577646GanaderiadeCar-neDocdeResultados_Final_editado.pdf

Caroli, A. M., Chessa, S., & Erhardt, G. J. (2009). Milk protein polymorphisms in cattle: Effect on animal breeding and human nutrition. *Journal of Dairy Science*, 92(11), 5335–5352. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2461>

Chacmana Cueto, D. (2014). *Caracterización fenotípica del color de pelaje de bovinos criollos en los distritos de Socos y Vinchos - Ayacucho* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga). Repositorio UNSCH. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2820>

Coaquira, S. (2016). *El bovino criollo del Altiplano peruano: origen, producción y conservación*. Semantic Scholar. <https://www.semanticscholar.org/paper/El-Bovino-criollo->

[del-Altiplano-Peruano%3A-Origen%2C-y-Coa-
quira/0fe5596b89677f7535689a296b74bae02565efc6](#)

Contreras, J. L., Cordero, A. G., Curasma, J., Enriquez, D., Vilcapaza, L., Gutiérrez, N., & Del Solar, J. (2021). Caracterización biométrica y estimación del peso corporal en bovinos criollos en la comunidad de Chuñuranra–Huancavelica (Perú). *Archivos de Zootecnia*, 70(271), 246–250. <https://doi.org/10.21071/az.v70i271.6903>

Corredor, F.-A., Figueroa, D., Estrada, R., Salazar, W., Quilcate, C., Vásquez, H. V., Gonzales, J., Maicelo, J. L., Medina, P., & Arbizu, C. I. (2023). Genetic diversity and population structure of a Peruvian cattle herd using SNP data. *Frontiers in Genetics*, 14, 1073843. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1073843>

Delgado, A. C., García, C. B., Allcahuamán, D. M., Aguilar, C. G., Estrada, P. V., & Vega, H. A. (2019). Caracterización fenotípica del ganado criollo en el Parque Nacional Huascarán – Ancash, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(3), 1143–1149. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i3.16611>

Delgado, A., y García, C. (2018, 19 de enero). El ganado vacuno Criollo: fuente importante de carne en el Perú. *Engormix*. https://www.engormix.com/ganaderia/cruzamientos-ganado-carne/ganado-vacuno-criollo-fuente_a41576/

Figueroa, D., Romero, Y., Heredia-Vilchez, L. A., Poemape, C., Alvarado, W., & Quilcate, C. (2025). Genomic analysis for cattle breeding improvement, progress and future perspectives in Peru: A review. *Animal Biotechnology*, 36(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/10495398.2025.2547344>

Figueroa, D., Salazar, M., & Quilcate, J. (2022). Caracterización genómica de un toro criollo de Arequipa mediante secuenciación del genoma mitocondrial. *Repositorio Institucional del INIA*. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12543/6037>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2007). Global plan of action for animal genetic resources and the Interlaken declaration. Rome, Italy: FAO. <https://www.fao.org/3/a-a1404e.pdf>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2015). The second report on the state of the world's animal genetic resources for food and agriculture. FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/cb3cd3d4-1c97-49e9-b9e6-c6344ad121c4/content>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2000). *El ganado vacuno criollo en América Latina: situación y perspectivas*. FAO. <https://www.fao.org/4/ah223s/ah223s04.htm>

Gamarra Lazo, G. (2012). Razas bovinas rústicas adecuadas para la sierra peruana. *Agro Enfoque*, 44, 44–47. https://www.researchgate.net/publication/272486078_RAZAS_BOVINAS_RUSTICAS_ADECUADAS_PARA_LA_SIERRA_PERUANA

García Cochagne, J. (2020). Identificación de proteínas lácteas asociadas a características de importancia en la industria lechera (Proyecto 232_PI). *Instituto Nacional de Innovación Agraria*. <https://repositorio.inia.gob.pe/items/515b0216-1715-47c4-9ed2-6f1aca295c19>

García-Ruiz, A., Cole, J. B., VanRaden, P. M., Wiggans, G. R., Ruiz-López, F. J., & Van Tassell, C. P. (2016). Changes in genetic selection differentials and generation intervals in US Holstein dairy cattle as a result of genomic selection. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(28), E3995–E4004. <https://doi.org/10.1073/pnas.1519061113>

Hayes, B. J., Bowman, P. J., Chamberlain, A. J., & Goddard, M. E. (2013). Genomic prediction in dairy cattle: Progress and challenges. *Journal of Dairy Science*, 96(7), 4848–4860. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6120>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1997). Metodología de la investigación (1.^a ed.). McGraw-Hill Interamericana. https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/metodologia-de-la-investigaci%C3%83%C2%B3n_sampieri.pdf
<https://doi.org/10.15586/ijfs.v34i2.2178>

Ikonen, T., Ojala, M., & Ruottinen, O. (1999). Associations between milk protein polymorphism and first lactation milk production traits in Finnish Ayrshire cows. *Journal of Dairy Science*, 82(5), 1026–1033. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75324-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75324-7)

Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2020, 31 de agosto). Servicios de genotipado de proteínas lácteas. <https://www.gob.pe/10542-servicios-de-genotipado-de-proteinas-lacteas>

Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). *factoextra: Extract and visualize the results of multivariate data analyses* (R package version 1.0.7). <https://cran.r-project.org/package=factoextra>

Kolde, R. (2025). *pheatmap: Pretty heatmaps* (R package version 1.0.13) [Computer software]. Comprehensive R Archive Network (CRAN). <https://CRAN.R-project.org/package=pheatmap>

Lazo, J., De la Cruz, M., Sijón, J., Morales, C., Vilches, A., Ortiz, I., & Ramos, A. M. (2022). *Identificación del mercado potencial de carne procedente de Madre de Dios: Un estudio para conocer y comprender el mercado y al cliente potencial de la carne regenerativa de Madre de Dios*. Coalición por una Producción Sostenible (TFA). <https://produccionsostenible.org.pe/wp-content/uploads/2022/12/AGRAP-251122.pdf>

Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: An R package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1–18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>

Lirón, J. P., Peral-García, P., & Giovambattista, G. (2006). Genetic characterization of Argentine and Bolivian Creole cattle breeds assessed through microsatellites. *The Journal of Heredity*, 97(4), 331–339. <https://doi.org/10.1093/jhered/esl003>

Martínez-Velázquez, G., Ríos-Utrera, Á., Palacios-Fránquez, J.A., Vega-Murillo, V. E., & Montaña-Bermúdez, M. (2021). Criollo Coreño cattle in western Mexico: Characterization, challenges and outlook. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(Supl. 3), 23-38. Epub 24 de enero de 2022. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5884>

Mateescu, R. G., Garrick, D. J., & Reecy, J. M. (2017). Network analysis reveals putative genes affecting meat quality in Angus cattle. *Frontiers in Genetics*, 8, 171. <https://doi.org/10.3389/fgene.2017.00171>

Mejía, L.G., Hernandez, R.A., Rosero, C. Y., & Solarte, C.E. (2015). Análisis de la diversidad genética de ganado bovino lechero del trópico Alto de Nariño mediante marcadores moleculares heterólogos de tipo microsatélite. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 62(3), 18-33. <http://dx.doi.org/10.15446/rfmvz.v62n3.54938>

Méndez, S., Soria, M., Vallecillo, A. J., Guevara, G. E., Palacios, E., Andrade, O., & Bustamante, J. (2024). Caracterización genética mediante microsatélites del ganado criollo y Holstein del trópico alto sur del Ecuador. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 35(6). <https://doi.org/10.15381/rivep.v35i6.26704>

Microsoft Corporation. (2024). Microsoft Excel (versión 2403, compilación 16.0.17425.20176) [Software de computadora]. Microsoft. <https://www.microsoft.com>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2023). *Compendio anual de producción ganadera y avícola*. Gobierno del Perú. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/2730346-compendio-anual-de-produccion-ganadera-y-avicola>

More Montoya, M. J. (2016). *Caracterización faneróptica y morfométrica del vacuno criollo en Ayacucho, Puno y Cajamarca* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria

La Molina). Repositorio CONCYTEC. <https://repositorio.concytec.gob.pe/entities/publication/fcc44f14-b367-4e6e-83e0-bc1cc327a6b4>

National Research Council. (2011). Guide for the care and use of laboratory animals (8th ed.). The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12910>

Neogen Corporation. (2020). *Annual report 2020*. Neogen Corporation. https://www.annualreports.com/HostedData/AnnualReportArchive/n/NASDAQ_NEOG_2020.pdf

Neogen Corporation. (2024). *Neogen's animal genomics services help livestock producers increase the speed of genetic improvement and enhance animal performance*. In Neogen 2024 annual report. Neogen Corporation. <https://www.neogen.com/4a5f33/globalassets/pdfs/annual-reports/annual-report-2024.pdf>

Neogen Corporation. (2025). *Neogen attends 2025 Unified Symposium*. Neogen Neocenter. <https://www.neogen.com/en/neocenter/events/unified-symposium/>

Neogen Corporation. (s. f.). *GeneSeek*. <https://www.neogen.com/en/>

Ocampo-Gallego, R. J., Martínez-Rocha, J. F., y Martínez-Sarmiento, R. A. (2020). Diversidad genética y estructura poblacional en bovinos colombianos casanareño a través de marcadores moleculares microsatélites. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 7(3), e2396. <https://doi.org/10.19136/era.a7n3.2396>

Padilla, J.A., Portilla, F.J., Salazar, J., Parejo, J.C., Martínez-Trancón, M., Rabasco, A., Sansinforiano, M.E., Corral, J.M., Izquierdo, M., & Hernández-García, F.I. (2010). Detección múltiple de SNPs relacionados con crecimiento y calidad de carne en porcino. *Archivos de Zootecnia*, 59(226), 233-244. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922010000200009&lng=es&tlng=es

Parra Cortes, R. I., Martínez Correal, G., & Valderrama-Rodas, M. (2021). Situación actual y perspectivas de la ganadería de bovinos criollos en América Latina: Situación actual

y perspectivas de los bovinos criollos. *Archivos Latinoamericanos De Producción Animal*, 29(3-4), 79-90. <https://doi.org/10.53588/alpa.293401>

Perú. (2016, 8 de enero). *Ley N.º 30407: Ley de protección y bienestar animal*. Diario Oficial El Peruano, N.º 574725. <https://www.leyes.congreso.gob.pe/documentos/leyes/30407.pdf>

Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural (AGRORURAL). (2023, agosto 9). Arequipa: Gobierno impulsó el desarrollo agrario y ganadero de 15 900 pequeños productores en ocho provincias [Nota de prensa]. <https://www.gob.pe/institucion/agrorural/noticias/1095803-arequipa-gobierno-impulso-el-desarrollo-agrario-y-ganadero-de-15-900-pequenos-productores-en-ocho-provincias>

Pryce, J. E., & Daetwyler, H. D. (2012). Designing dairy cattle breeding schemes under genomic selection: A review. *Animal Production Science*, 52(3), 107–114. <https://doi.org/10.1071/AN11098>

Pryce, J. E., Haile-Mariam, M., Goddard, M. E., & Hayes, B. J. (2014). Identification of genomic regions associated with inbreeding depression in Holstein and Jersey dairy cattle. *Genetics, Selection, Evolution*, 46, 71. <https://doi.org/10.1186/s12711-014-0071-7>

Quispe C, J. E. (2016). El bovino criollo del altiplano peruano: Origen, producción y perspectivas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 18(3), 257–270. <https://doi.org/10.18271/ria.2016.215>

Quispe Coaquira, J., Apaza Zúñiga, E., Chambilla Carreón, P., & Sapana Valdivia, R. (2014). Índices reproductivos y productivos en un hato de bovinos criollo del Altiplano peruano. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 16(2), 49–56. <https://repositorio.inia.gob.pe/items/66cba641-abcd-4c5a-90a2-c6cfa4beeca1>

R Core Team. (2025). *R: A language and environment for statistical computing* (Version 4.4.1) [Computer software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

Redacción. (2013, 23 de julio). La raza criollos representa el 64% del ganado vacuno del Perú. *Agraria.pe*. <https://agraria.pe/noticias/la-raza-criollos-representa-el-64-del-ganado-vacuno-del-per-4887>

Revista Lombriz. (2024, enero 16). Arequipa se consolida como tercera región productora de leche en Perú. *Revista Lombriz*. <https://revistalombriz.com.pe/arequipa-se-consolida-como-tercera-region-productora-de-leche-en-peru/>

Rivas, E., Veli, E., Aquino, Y., Rivas, V., Pastor, S., & Estrada, R. (2007). Acciones para la caracterización y conservación del bovino criollo peruano (*Bos taurus*). *Animal Genetic Resources*, 40, 33–42. <https://doi.org/10.1017/S1014233900002170>

Rojas, I., Aranguren-Méndez, J., Portillo, M., Villasmil-Ontiveros, Y., Valbuena, E., Rincón, X., Contreras, G., & Yañez, L. (2009). Polimorfismo genético de la kappa-caseína en ganado criollo limonero. *Revista Científica*, 19(6), 645–649. http://homologve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592009000600012&lng=en&tlng=es

Ruiz-De-La-Cruz, G., Sifuentes-Rincón, A. M., Paredes-Sánchez, F. A., Parra-Bracamontes, G. M., Casas, E., Welsh Jr., T. H., & Randel, R. D. (2023). Characterization of intronic SNP located in candidate genes influencing cattle temperament. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 52, e20220057. <https://doi.org/10.37496/rbz5220220057>

Scotto, C., & Rosemberg, M. (2001). Estudio de dos pares de genes en la α -lactoalbúmina y β -lactoglobulina en el ganado vacuno Holstein, Brown Swiss y Criollo en la cuenca central del Perú. *Boletín de Lima*, 23(124), 22–36. <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstreams/c2955a22-8755-469e-8e55-0ba798d04e5c/download>

Sebastiani, C., Arcangeli, C., Torricelli, M., Ciullo, M., D'avino, N., Cinti, G., Fische-lla, S., & Biagetti, M. (2022). Marker-assisted selection of dairy cows for β -casein gene A2 variant. *Italian Journal of Food Science*, 34(2), 21–27.

Servicio de Productividad Lechera. (2014). Programa de mejoramiento animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://www.lamolina.edu.pe/servicios/productividad-lechera>

Servicio Nacional de Sanidad Agraria. (2023, abril 21). MINAGRI: Se potenciará ganadería lechera en Arequipa con inversión de S/ 2 millones y diversificación productiva. Gobierno del Perú. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/minagri-se-potenciara-ganaderia-lechera-en-arequipa-con-inversion-de-s-2-millones-y-diversificacion-productiva/>

Sismit, J. (2000). *Extracción y purificación de ADN mitocondrial en vacunos criollos del Perú* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina). <https://repositorio.unalm.edu.pe/handle/20.500.12996/3435>

Slowikowski, K. (2025). ggrepel: Automatically position non-overlapping text labels with 'ggplot2'. <https://ggrepel.slowkow.com>

Steigleder, C. S., Almeida, E. A., & Weimer, T. A. (2004). Genetic diversity of a Brazilian Creole cattle based on fourteen microsatellite loci. *Archivos de Zootecnia*, 53(201), 3–11. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1209173>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. (2022). Caracterización fenotípica del bovino criollo en el Parque Nacional Huascarán, Áncash – Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 33(4), e21611. <https://doi.org/10.15381/rivep.v33i4.21611>

Van Eenennaam, A. L., Weaber, R. L., Drake, D. J., & Rafiqul, I. (2011). Benefits of DNA information to improve accuracy and selection response in beef sire selection. *Journal of Animal Science*, 89(10), 3223–3240. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3754>

Veli Rivera, E. A., & Rivas Seoane, E. (2010). Caracterización genética de Kappa caseínas y Beta lactoglobulinas del bovino criollo de cuatro comunidades andinas del Perú. *Animal Genetic Resources*, 46, 67–72. <https://doi.org/10.1017/S2078633610000718>

Veli, E. A., Rivas Seoane, E., Rivas Palma, V., Aquino, Y., & Estrada, R. (2008). Variabilidad genética del gen de beta-lactoglobulina en bovinos criollos de Perú. *Archivos de Zootecnia*, 57(219), 341–344. <https://repositorio.inia.gob.pe/server/api/core/bitstreams/62533dc8-cd4d-48fe-8455-acfefedfa00e/content>

Veli, E., Rivas Seoane, E., Rivas Palma, V., Verástegui, M., & Pastor, S. (2004). Evaluación de la variabilidad de genes de kappa caseína en poblaciones de bovinos criollos de Ticllos y Huaschao, región Ancash. *Boletín de Lima*, 23(124), 22–36. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12996/3435>

Ward, J. A., Ng'ang'a, S. I., Randhawa, I. A. S., McHugo, G. P., O'Grady, J. F., Flórez, J. M., Browne, J. A., Pérez O'Brien, A. M., Landaeta-Hernández, A. J., Garcia, J. F., Sonstegard, T. S., Frantz, L. A. F., Salter-Townshend, M., & MacHugh, D. E. (2024). Genomic insights into the population history and adaptive traits of Latin American Criollo cattle. *Royal Society Open Science*, 11(3), 231388. <https://doi.org/10.1098/rsos.231388>

Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag New York. <https://ggplot2.tidyverse.org>

Wickham, H., & Bryan, J. (2025). *readxl: Read Excel files* (R package version 1.4.5). <https://readxl.tidyverse.org>

Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K., & Vaughan, D. (2025). *dplyr: A grammar of data manipulation* (R package version 1.1.4). <https://dplyr.tidyverse.org>

Zavala Pope, M. (2010). Análisis del sector lácteo peruano. Ministerio de Agricultura, Dirección de Promoción Agraria, Lima, Perú.

<https://agraria.pe/noticias/mayor-productividad-y-mejoramiento-genetico-son-los-12693>

Zoetis Inc. (s.f.). Zoetis Genetics. <https://www3.zoetisus.com/animal-genetics/index.aspx>

IX. ANEXOS

Anexo 1

Sobre utilizado para la recolección y resguardo de fichas de datos.

REGISTRO DE MUESTRA ANIMAL

CÓDIGO

Procedencia: _____

Raza: _____ Fecha de nacimiento: ____/____/____

Identificación: _____

Hembra: Macho: Fecha de colecta: ____/____/____

Responsable de colecta: _____

Observaciones: _____

ganaderia_sdice@inia.gob.pe / investigacion_procap@inia.gob.pe

Anexo 3

Datos colectados de los sobres utilizados en el muestreo.

N°	Especie	Procedencia / Colaborador	Raza	Identificación	Sexo	Sample	Dpto	Provincia	Distrito	Obs.	Cod Lab	Bard Code
1	BOVINO	PEDRO BARREDA EL CUNAL	CRIOLLO	CHINA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP133	PBT_ARE 003	12422115572
2	BOVINO	PEDRO BARREDA EL CUNAL	CRIOLLO	BERENGEL	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP132	PBT_ARE 004	12422115576
3	BOVINO	PEDRO BARREDA EL CUNAL	CRIOLLO	CAMPEONSITO - TAHUAYCANI	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP131	PBT_ARE 005	12422115577
4	BOVINO	PEDRO BARREDA EL CUNAL	CRIOLLO	LAZARO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP130	PBT_ARE 006	12422115578
5	BOVINO	LA JOYA ALFREDO LAGUNA	CRIOLLO	EL NINJA	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP129	PBT_ARE 007	12422116373
6	BOVINO	LA JOYA ALFREDO LAGUNA	CRIOLLO	EL HUAPO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP128	PBT_ARE 008	12422116398
7	BOVINO	LA JOYA ALFREDO LAGUNA	CRIOLLO	CENTENO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP127	PBT_ARE 009	12422116399
8	BOVINO	LA JOYA ALFREDO LAGUNA	CRIOLLO	ENTERRADOR	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP126	PBT_ARE 010	12422116341
9	BOVINO	ISMAEL MOSCOSO LA JOYA	CRIOLLO	BANDIDO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP125	PBT_ARE 011	12422116368
10	BOVINO	ISMAEL MOSCOSO LA JOYA	CRIOLLO	SR. ACENO EL CONDENADO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP124	PBT_ARE 012	12422116369
11	BOVINO	ISMAEL MOSCOSO LA JOYA	CRIOLLO	LA NEGRA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP123	PBT_ARE 013	12422115574
12	BOVINO	ISMAEL MOSCOSO LA JOYA	CRIOLLO	ZAMBO (3 PELEAS GANADAS)	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP122	PBT_ARE 014	12422115575
13	BOVINO	JOSE PINTO CERRO COLORADO	CRIOLLO	HOMBRE MACHO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP121	PBT_ARE 015	12422115573
14	BOVINO	JOSE PINTO CERRO COLORADO	CRIOLLO	BEBE	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP120	PBT_ARE 016	12422116395
15	BOVINO	JOSE PINTO CERRO COLORADO	CRIOLLO	OJOS LINDOS	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP119	PBT_ARE 017	12422116311
16	BOVINO	JOSE PINTO CERRO COLORADO	CRIOLLO	ZAMBO SALVAJE	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP118	PBT_ARE 018	12422116400
17	BOVINO	JOSE PINTO CERRO COLORADO	CRIOLLO	TIGRESA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP117	PBT_ARE 019	12422116367
18	BOVINO	JOSE PINTO CERRO COLORADO	CRIOLLO	CORAZON	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP116	PBT_ARE 020	12422116366
19	BOVINO	JOSE PINTO CERRO COLORADO	CRIOLLO	COLORADA 1	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP115	PBT_ARE 021	12422116365

20	BOVINO	RODOLFO ARENAS CAYMA	CRIOLLO	CUCANACHA 2	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP113	PBT_ARE 023	12422116364
21	BOVINO	RODOLFO ARENAS CAYMA	CRIOLLO	CUCANACHA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP112	PBT_ARE 024	12422116363
22	BOVINO	RODOLFO ARENAS CAYMA	CRIOLLO	LINDA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP111	PBT_ARE 025	12422116362
23	BOVINO	RODOLFO ARENAS CAYMA	CRIOLLO	MARIA REYNA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP110	PBT_ARE 026	12422116361
24	BOVINO	RENZO OVIEDO HUNTER	CRIOLLO	ADRIANA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP109	PBT_ARE 027	12422116360
25	BOVINO	RENZO OVIEDO HUNTER	CRIOLLO	HURACAN DE LA PAMPILLA	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP108	PBT_ARE 028	12422116359
26	BOVINO	RENZO OVIEDO HUNTER	CRIOLLO	GEISON STATAN	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP107	PBT_ARE 029	12422116397
27	BOVINO	RENZO OVIEDO CHILPINILLA HUNTER	CRIOLLO	GITANO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP106	PBT_ARE 030	12422116396
28	BOVINO	RENZO OVIEDO CHILPINILLA HUNTER	CRIOLLO	ADRIANITA (CASTAÑA)	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP105	PBT_ARE 031	12422116394
29	BOVINO	MILWARD CERVANTEZ	CRIOLLO	LA FLACA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP103	PBT_ARE 033	12422116393
30	BOVINO	MILWARD CERVANTEZ	CRIOLLO	BARRILITO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP102	PBT_ARE 034	12422116392
31	BOVINO	MILWARD CERVANTEZ	CRIOLLO	GANDOVAL JUNIOR	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP100	PBT_ARE 036	12422116391
32	BOVINO	MAURO HERRERA CHARACATO	CRIOLLO	CANELO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP037	PBT_ARE 037	12422116390
33	BOVINO	MAURO HERRERA CHARACATO	CRIOLLO	PAMPEÑO AREQUIPEÑO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP036	PBT_ARE 038	12422116389
34	BOVINO	ARNALDO ACOSTA	CRIOLLO	ORTIGON NEGRO (6 PELEAS GANADAS)	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP034	PBT_ARE 040	12422116388
35	BOVINO	ARNALDO ACOSTA	CRIOLLO	CHIQUITA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP033	PBT_ARE 041	12422116387
36	BOVINO	ARNALDO ACOSTA - CHARACATO	CRIOLLO	MOCHA PINTADA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP032	PBT_ARE 042	12422116386
37	BOVINO	ARNALDO ACOSTA - CHARACATO	CRIOLLO	RICO TILIN PINTADO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP031	PBT_ARE 043	12422116385
38	BOVINO	ELMER RONDON - CHARACATO	CRIOLLO	CANELA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP030	PBT_ARE 044	12422116358
39	BOVINO	ELMER RONDON - CHARACATO	CRIOLLO	PEQUE	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP029	PBT_ARE 045	12422116357
40	BOVINO	RONY PORTILLA PINTO CHARACATO	CRIOLLO	CUBANA (3 GANADAS)	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP044	PBT_ARE 046	12422116356

41	BOVINO	RODOLFO PORTILLA CHARACATO	CRIOLLO	CHOCITO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP043	PBT_ARE 047	12422116355
42	BOVINO	RODOLFO PORTILLA CHARACATO	CRIOLLO	KARLA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP042	PBT_ARE 048	12422116354
43	BOVINO	RODOLFO PORTILLA CHARACATO	CRIOLLO	CANELA (HERMANA TONDERO DE PADRE Y MADRE)	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP041	PBT_ARE 049	12422116353
44	BOVINO	RODOLFO PORTILLA CHARACATO	CRIOLLO	TONDERO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP040	PBT_ARE 050	12422116352
45	BOVINO	MAURO HERRERA	CRIOLLO	BARROSITA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP039	PBT_ARE 051	12422116350
46	BOVINO	MAURO HERRERA	CRIOLLO	NEBADA (NIETA CANELO)	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP038	PBT_ARE 052	12422116349
47	BOVINO	GODOFREDO GUILLEN	CRIOLLO	MOSCA ASESINA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP050	PBT_ARE 053	12422116348
48	BOVINO	GODOFREDO GUILLEN CHARACATO	CRIOLLO	NEGRA ASESINA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP049	PBT_ARE 054	12422116347
49	BOVINO	RONY P CHARACATO	CRIOLLO	CHUPA TEMPRANO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP048	PBT_ARE 055	12422115526
50	BOVINO	RONY P CHARACATO	CRIOLLO	CHOCHO (NIETO NEGRO ASESINO)	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP047	PBT_ARE 056	12422116346
51	BOVINO	RONY P CHARACATO	CRIOLLO	CUBANITO JR	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP046	PBT_ARE 057	12422116345
52	BOVINO	RONY P CHARACATO	CRIOLLO	NEGRA LINEA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP045	PBT_ARE 058	12422116344
53	BOVINO	VICENTE GUEVARA - CHARACATO	CRIOLLO	LEY	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP055	PBT_ARE 059	12422116343
54	BOVINO	GODOFREDO GUILLEN CHARACATO	CRIOLLO	MOSCA LOCA	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP054	PBT_ARE 060	12422116342
55	BOVINO	GODOFREDO GUILLEN CHARACATO	CRIOLLO	ROCKY ASESINO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP053	PBT_ARE 061	12422116384
56	BOVINO	GODOFREDO GUILLEN CHARACATO	CRIOLLO	NAZI (1 PELEA)	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP052	PBT_ARE 062	12422116383
57	BOVINO	GODOFREDO GUILLEN CHARACATO	CRIOLLO	ROSA (ASESINO)	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP051	PBT_ARE 063	12422116382
58	BOVINO	ARTEMIO HUARCA CHARACATO	CRIOLLO	LLUVIA NEGRA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP060	PBT_ARE 064	12422116381

59	BOVINO	ARTEMIO HUARCA CHARACATO	CRIOLLO	LA MEXICANA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP059	PBT_ARE 065	12422116380
60	BOVINO	VICENTE GUEVARA - CHARACATO	CRIOLLO	MALDINI	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP058	PBT_ARE 066	12422116379
61	BOVINO	VICENTE GUEVARA - CHARACATO	CRIOLLO	SIMBA 2	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP057	PBT_ARE 067	12422116378
62	BOVINO	VICENTE GUEVARA - CHARACATO	CRIOLLO	LA SIMBITA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP056	PBT_ARE 068	12422116377
63	BOVINO	EDGAR PEÑA CAYMA	CRIOLLO	LA CHINA - VACA LOCA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP067	PBT_ARE 069	12422116336
64	BOVINO	WALTER ZEGARRA ELENA ZEGARRA SOCABAYA	CRIOLLO	BARROSA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP066	PBT_ARE 070	12422116335
65	BOVINO	WALTER ZEGARRA ELENA ZEGARRA SOCABAYA	CRIOLLO	LA FLACA LINEA CHOLO AREQUI- PEÑO	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP065	PBT_ARE 071	12422115580
66	BOVINO	ANGEL LUNA SABANDIA	CRIOLLO	LOCO LUCAS (5 PELEAS)	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP064	PBT_ARE 072	12422116334
67	BOVINO	ANGEL LUNA SABANDIA	CRIOLLO	JOVEN REY	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP063	PBT_ARE 073	12422116329
68	BOVINO	CIRO LINARES ALARCON	CRIOLLO	ODEON (2 PELEAS)	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP062	PBT_ARE 074	12422116332
69	BOVINO	ARTEMIO HUANCA	CRIOLLO	FUEGO EN LA SANGRE	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP061	PBT_ARE 075	12422116331
70	BOVINO	EDGAR PEÑA CAYMA	CRIOLLO	QUITA	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP099	PBT_ARE 076	12422116328
71	BOVINO	EDGAR PEÑA CAYMA	CRIOLLO	MACHIN II	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP098	PBT_ARE 077	12422116327
72	BOVINO	EDGAR PEÑA CAYMA	CRIOLLO	EROS	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP097	PBT_ARE 078	12422116372
73	BOVINO	EDGAR PEÑA CAYMA	CRIOLLO	AFREJOLADA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP096	PBT_ARE 079	12422115579
74	BOVINO	EDGAR PEÑA CAYMA	CRIOLLO	GANDOVALA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP095	PBT_ARE 080	12422115570
75	BOVINO	EDGAR PEÑA SANCHEZ CARMEN ALTO	CRIOLLO	MACHIN	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP093	PBT_ARE 082	12422116321
76	BOVINO	EZEQUIEL BEDREGAL CAYMA	CRIOLLO	TRES VIENTOS	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP092	PBT_ARE 083	12422115581
77	BOVINO	EZEQUIEL BEDREGAL CAYMA	CRIOLLO	RE MORENO PINCHA RATA	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP091	PBT_ARE 084	12422115582
78	BOVINO	EZEQUIEL BEDREGAL CAYMA	CRIOLLO	CASTA BRAVA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP090	PBT_ARE 085	12422115583

79	BOVINO	EZEQUIEL BEDREGAL CAYMA	CRIOLLO	ROMPE VALIENTE	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP089	PBT_ARE 086	12422115584
80	BOVINO	JOSE LUIS CAHUAPAZA CAYMA	CRIOLLO	LOCO ASESINO - HERMANO PALOMO (TO086)	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP087	PBT_ARE 088	12422116371
81	BOVINO	JOSE LUIS CAHUAPAZA CAYMA	CRIOLLO	PALOMO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP086	PBT_ARE 089	12422116375
82	BOVINO	RODOLFO ARENAS LLERENA CAYMA	CRIOLLO	IRA NEGRA (1 PELEA)	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP085	PBT_ARE 090	12422116374
83	BOVINO	RICARDO RIVERA SOCABAYA	CRIOLLO	VALENTINO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP083	PBT_ARE 092	12422116376
84	BOVINO	RICARDO RIVERA SOCABAYA	CRIOLLO	CACHORRA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP082	PBT_ARE 093	12422116351
85	BOVINO	RICARDO RIVERA SOCABAYA	CRIOLLO	MINOTAURO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP080	PBT_ARE 095	12422115585
86	BOVINO	RICARDO RIVERA SOCABAYA	CRIOLLO	IRACUNDA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP079	PBT_ARE 096	12422115521
87	BOVINO	RICARDO RIVERA SOCABAYA	CRIOLLO	LOCA SENTIMIENTO	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP078	PBT_ARE 097	12422115522
88	BOVINO	RICARDO RIVERA SOCABAYA	CRIOLLO	CHATA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP077	PBT_ARE 098	12422115523
89	BOVINO	PEDRO MANRIQUE SOCABAYA	CRIOLLO	NEGRO MALDITO (1 PELEA)	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP076	PBT_ARE 099	12422115524
90	BOVINO	PEDRO MANRIQUE SOCABAYA	CRIOLLO	ESCORPION ROJO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP075	PBT_ARE 100	12422115525
91	BOVINO	PEDRO MANRIQUE SOCABAYA	CRIOLLO	BAM BAM	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP074	PBT_ARE 101	12422115527
92	BOVINO	PEDRO MANRIQUE SOCABAYA	CRIOLLO	NARANJAL	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP073	PBT_ARE 102	12422116322
93	BOVINO	PEDRO MANRIQUE SOCABAYA	CRIOLLO	NEGRA MELLISERA	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP071	PBT_ARE 104	12422116323
94	BOVINO	PEDRO MANRIQUE SOCABAYA	CRIOLLO	HUESOS	HEMBRA	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	VP070	PBT_ARE 105	12422116325
95	BOVINO	WALTER ZEGARRA ELENA ZEGARRA SOCABAYA	CRIOLLO	BARROSITO	MACHO	PELO	AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	TP068	PBT_ARE 107	12422116326

Anexo 4

Flujograma del procedimiento para la recolección, análisis y envío de muestras de pelo en bovinos



Nota. **A.** Recolección de muestras de pelo en bovinos **B.** Registro digital de datos de las muestras **C.** Preparación de las muestras para análisis **D.** Montaje de la muestra en portaobjetos **E.** Observación de la muestra bajo microscopio **F.** Inspección y verificación visual de la muestra **G.** Etiquetado y organización de las muestras procesadas. **H.** Llenado de formularios y documentación técnica **I.** Embalaje de las muestras para su transporte. **J.** Acondicionamiento de las muestras en material protector **K.** Envío de las muestras mediante mensajería especializada.

Anexo 5.

Constancia de aprobación ética del proyecto de tesis

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS

*Comité Institucional de Ética de la
Investigación (CIEI)*

CONSTANCIA

CIEI-N° 0070.

El que suscribe, presidente del comité institucional de ética en investigación de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, deja constancia que el proyecto de investigación titulado:

“Perfil genómico mediante pruebas de igenity beef e igenity basic en caracteres de carne y leche en bovinos de la provincia de Arequipa”

Ha sido evaluado por el comité, habiéndose encontrado que el proyecto está elaborado de acuerdo a los estándares propuestos para cumplir con los lineamientos éticos en la investigación y que se ejecutará bajo el patrocinio de (la/el): **Laboratorio de Biotecnología Animal, Reproducción y Mejoramiento Genético (BIOLAB), Instituto de Investigación en Ganadería y Biotecnología (IGBI) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas;** bajo la responsabilidad de **Heredia Vilchez Lizeth Amparo**, como Investigador principal.

Chachapoyas, 20 de junio de 2024.

C/c
ciei



Anexo 6A

Registro fotográfico de bovinos con su respectiva ficha de identificación y código de muestra



Nota. Fuente: Elaboración propia a partir del registro fotográfico de bovinos y su respectiva ficha de identificación con código de muestra.

Anexo 6B

Registro fotográfico de bovinos con su respectiva ficha de identificación y código de muestra



Nota. Fuente: Elaboración propia a partir del registro fotográfico de bovinos y su respectiva ficha de identificación con código de muestra.

Anexo 7

Data enviada al laboratorio Neogen, para su procesamiento en genotipado

INSTRUCCIONES: Llenar el formato con la información solicitada. Los datos de contacto y colaborador serán utilizados para entrega de resultados, puede incluir varios colaboradores en caso de ser necesario. La información en celdas sombreadas en gris es requerida, la información en las celdas en blanco es opcional.

Organización:	Instituto Nacional de Innovación Agraria	País:	Perú
Cliente o Contacto:	Deyanira Figueroa	Ciudad/localidad:	Lima
Teléfono contacto:	987769318	Estado o departamento:	Lima
Corre electrónico:	ganaderia_sdice@inia.gob.pe	Código postal:	15024
Colaborador (opcional):	Dr Carlos I. Arbizu	Corre electrónico colaborador:	carbizu@inia.gob.pe

Código de barras	ID del animal o de muestra	No. de Registro	Raza	Sexo (M/F)	Fecha Nacimiento	# Registro o ID del Padre	# Registro o ID de la Madre	Tipo de Muestra	Prueba(s) a ordenar
12422115572	PBT_ARE 003		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422115576	PBT_ARE 004		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422115577	PBT_ARE 005		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422115578	PBT_ARE 006		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116373	PBT_ARE 007		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116398	PBT_ARE 008		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116399	PBT_ARE 009		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116341	PBT_ARE 010		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116368	PBT_ARE 011		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116369	PBT_ARE 012		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422115574	PBT_ARE 013		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422115575	PBT_ARE 014		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422115573	PBT_ARE 015		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116395	PBT_ARE 016		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116311	PBT_ARE 017		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116400	PBT_ARE 018		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116367	PBT_ARE 019		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116366	PBT_ARE 020		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116365	PBT_ARE 021		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116364	PBT_ARE 023		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116363	PBT_ARE 024		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116362	PBT_ARE 025		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116361	PBT_ARE 026		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116360	PBT_ARE 027		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116359	PBT_ARE 028		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116397	PBT_ARE 029		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116396	PBT_ARE 030		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116394	PBT_ARE 031		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116393	PBT_ARE 033		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K

12422116392	PBT_ARE 034		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116391	PBT_ARE 036		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116390	PBT_ARE 037		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116389	PBT_ARE 038		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116388	PBT_ARE 040		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116387	PBT_ARE 041		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116386	PBT_ARE 042		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116385	PBT_ARE 043		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116358	PBT_ARE 044		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116357	PBT_ARE 045		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116356	PBT_ARE 046		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116355	PBT_ARE 047		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116354	PBT_ARE 048		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116353	PBT_ARE 049		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116352	PBT_ARE 050		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116350	PBT_ARE 051		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116349	PBT_ARE 052		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116348	PBT_ARE 053		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116347	PBT_ARE 054		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422115526	PBT_ARE 055		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116346	PBT_ARE 056		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116345	PBT_ARE 057		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116344	PBT_ARE 058		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116343	PBT_ARE 059		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116342	PBT_ARE 060		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116384	PBT_ARE 061		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116383	PBT_ARE 062		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116382	PBT_ARE 063		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116381	PBT_ARE 064		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116380	PBT_ARE 065		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116379	PBT_ARE 066		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116378	PBT_ARE 067		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116377	PBT_ARE 068		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116336	PBT_ARE 069		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116335	PBT_ARE 070		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422115580	PBT_ARE 071		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116334	PBT_ARE 072		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116329	PBT_ARE 073		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116332	PBT_ARE 074		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116331	PBT_ARE 075		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116328	PBT_ARE 076		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K

12422116327	<i>PBT_ARE 077</i>		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116372	<i>PBT_ARE 078</i>		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422115579	<i>PBT_ARE 079</i>		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422115570	<i>PBT_ARE 080</i>		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116321	<i>PBT_ARE 082</i>		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422115581	<i>PBT_ARE 083</i>		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422115582	<i>PBT_ARE 084</i>		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422115583	<i>PBT_ARE 085</i>		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422115584	<i>PBT_ARE 086</i>		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116371	<i>PBT_ARE 088</i>		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116375	<i>PBT_ARE 089</i>		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116374	<i>PBT_ARE 090</i>		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116376	<i>PBT_ARE 092</i>		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116351	<i>PBT_ARE 093</i>		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422115585	<i>PBT_ARE 095</i>		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422115521	<i>PBT_ARE 096</i>		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422115522	<i>PBT_ARE 097</i>		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422115523	<i>PBT_ARE 098</i>		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422115524	<i>PBT_ARE 099</i>		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422115525	<i>PBT_ARE 100</i>		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422115527	<i>PBT_ARE 101</i>		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116322	<i>PBT_ARE 102</i>		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K
12422116323	<i>PBT_ARE 104</i>		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116325	<i>PBT_ARE 105</i>		CRIOLLO	HEMBRA				PELO	GGP_Bovine100K
12422116326	<i>PBT_ARE 107</i>		CRIOLLO	MACHO				PELO	GGP_Bovine100K

Anexo 8

Reporte de resultados de la prueba genómica Igenity® Beef

Detailed Report

Animal Information				Decision Indexes				Maternal			Production					Carcass								
Animal ID Number	Sample Barcode Number	Gender (M/F)	Breed	Igenity Rank*	Igenity Maternal Index	Igenity Production Index	Igenity Terminal Index	BW	CED	CEM	HPR	MILK	STAY	DOC	WW	ADG	YW	RFI	SC	MARB	REA	FAT	TEND	HCW
PBT_ARE 048	12422116354	F	OT	Top 25%	5.9	5.85	5.85	5	4	6	6	9	6	7	4	3	4	3	6	5	6	4	7	5
PBT_ARE 013	12422115574	F	OT	Top 25%	5.75	6.55	5.70	6	5	6	1	5	10	3	5	4	4	4	6	3	6	4	7	6
PBT_ARE 090	12422116374	M	OT	Top 25%	5.7	5.95	5.90	6	5	4	6	8	8	6	3	4	4	4	5	3	7	3	7	6
PBT_ARE 105	12422116325	F	OT	Top 25%	5.7	5.60	5.30	6	4	4	6	8	8	4	5	4	4	7	4	4	5	4	6	6
TBT_CUZ_B	185301D	M	OT	Top 25%	5.6	5.75	6.05	9	5	6	4	8	6	5	5	4	4	5	5	4	7	2	7	6
PBT_ARE 012	12422116369	M	OT	Top 25%	5.55	6.55	5.80	7	4	6	1	6	10	4	4	4	4	4	6	3	6	3	7	6
PBT_ARE 042	12422116386	F	OT	Top 25%	5.55	5.45	5.25	5	6	7	6	6	6	5	4	3	3	7	6	4	7	3	7	5
PBT_ARE 062	12422116383	M	OT	Top 25%	5.5	6.00	6.30	6	5	5	5	5	6	5	5	3	4	3	5	5	6	4	8	6
PBT_ARE 020	12422116366	F	OT	Top 25%	5.45	6.15	6.15	5	5	4	5	6	8	7	4	4	4	5	7	3	8	4	7	7
PBT_ARE 064	12422116381	F	OT	Top 25%	5.4	5.85	5.35	5	5	5	5	6	8	4	3	3	2	5	6	4	6	4	7	5
PBT_ARE 070	12422116335	F	OT	Top 25%	5.3	6.40	5.95	5	4	7	5	7	7	4	2	3	1	5	5	7	6	4	7	5
PBT_ARE 044	12422116358	F	OT	Top 25%	5.3	5.70	6.00	7	3	5	5	9	6	3	4	4	4	5	6	5	6	3	6	6
PBT_ARE 063	12422116382	F	OT	Top 25%	5.3	5.45	5.30	5	5	4	6	7	7	4	3	3	3	5	6	4	7	4	4	5
PBT_ARE 026	12422116361	F	OT	Top 25%	5.25	5.45	5.20	7	4	4	5	7	7	5	4	4	4	5	6	5	6	3	6	4
PBT_ARE 003	12422115572	F	OT	Top 25%	5.25	5.40	5.15	8	4	4	5	5	7	5	5	5	5	5	5	4	7	3	7	4
PBT_ARE 058	12422116344	F	OT	Maternal	6.3	5.30	4.80	5	7	8	6	9	6	4	4	2	3	5	4	4	6	4	4	4

PBT_ARE 055	12422115526	M	OT	Maternal	5.9	5.85	4.80	6	4	3	7	9	10	4	3	2	3	6	5	4	6	4	7	4
PBT_ARE 065	12422116380	F	OT	Maternal	5.8	5.65	5.05	6	4	5	5	9	8	4	4	3	3	5	5	4	6	3	7	4
PBT_ARE 093	12422116351	F	OT	Maternal	5.7	5.40	4.95	7	4	6	4	8	7	5	4	4	4	3	5	3	5	4	7	4
PBT_ARE 011	12422116368	M	OT	Maternal	5.65	5.95	4.80	6	7	8	3	8	8	4	1	1	1	4	6	5	4	4	9	3
PBT_ARE 096	12422115521	F	OT	Maternal	5.6	5.30	4.65	5	7	6	4	6	7	2	3	2	2	3	5	4	4	4	7	3
PBT_ARE 024	12422116363	F	OT	Maternal	5.5	5.55	4.65	6	6	5	5	5	9	5	2	3	2	4	5	4	5	2	4	3
PBT_ARE 009	12422116399	M	OT	Maternal	5.5	4.95	4.60	6	4	5	5	8	7	1	5	4	4	7	6	3	5	4	4	5
PBT_ARE 041	12422116387	F	OT	Maternal	5.45	5.05	4.50	5	6	6	5	8	7	3	3	4	3	7	7	4	4	3	6	4
TBT_CUZ_A	185302D	M	OT	Maternal	5.45	5.00	4.55	7	4	5	4	4	8	3	5	4	4	4	4	2	4	2	4	4
PBT_ARE 060	12422116342	M	OT	Maternal	5.4	5.80	4.85	3	5	6	6	6	8	5	1	2	1	4	5	5	5	4	8	3
PBT_ARE 046	12422116356	M	OT	Maternal	5.4	5.50	4.80	6	5	5	5	6	8	7	4	3	3	7	6	4	6	3	8	4
PBT_ARE 056	12422116346	M	OT	Maternal	5.4	5.50	4.95	5	5	6	6	7	7	4	2	3	2	5	5	5	4	4	7	4
PBT_ARE 033	12422116393	F	OT	Maternal	5.4	5.15	4.70	5	5	6	6	10	6	6	3	3	2	8	7	5	7	4	5	4
PBT_ARE 005	12422115577	M	OT	Maternal	5.35	5.10	4.75	8	3	4	5	7	7	5	4	2	3	3	5	4	4	3	7	3
PBT_ARE 107	12422116326	M	OT	Maternal	5.25	5.50	4.90	4	5	6	5	8	7	5	1	2	1	4	5	4	6	3	9	3
PBT_ARE 100	12422115525	M	OT	Terminal	5.2	5.65	5.35	5	5	4	2	8	8	5	5	4	4	7	6	4	6	4	5	6
PBT_ARE 045	12422116357	F	OT	Terminal	5.15	6.25	6.45	6	4	5	4	7	7	4	3	6	4	4	8	5	7	4	4	7
PBT_ARE 008	12422116398	M	OT	Terminal	5.15	5.90	5.15	8	4	4	3	5	9	6	5	4	5	7	5	5	6	4	5	5
PBT_ARE 047	12422116355	M	OT	Terminal	5.05	5.45	5.55	4	4	5	4	9	6	8	3	2	3	5	7	4	7	3	7	5
PBT_ARE 059	12422116343	M	OT	Terminal	4.95	5.55	5.20	3	5	5	4	6	8	5	1	2	2	4	4	3	5	3	5	5
PBT_ARE 052	12422116349	F	OT	Terminal	4.85	5.15	5.70	6	4	4	5	7	5	3	3	3	4	3	5	4	7	3	4	5
PBT_ARE 006	12422115578	M	OT	Terminal	4.8	6.15	5.85	6	4	6	2	6	8	6	2	2	2	5	7	4	5	3	9	6
PBT_ARE 025	12422116362	F	OT	Terminal	4.75	6.10	7.10	6	3	4	5	5	6	6	3	4	3	3	5	4	8	2	4	8

PBT_ARE 053	12422116348	F	OT	Terminal	4.75	5.90	5.60	4	3	4	5	5	8	6	2	2	2	5	5	5	5	3	8	5
PBT_ARE 085	12422115583	F	OT	Terminal	4.75	5.05	5.30	5	7	4	3	7	6	5	3	4	3	6	5	4	7	2	3	5
PBT_ARE 037	12422116390	M	OT	Terminal	4.7	5.75	5.70	8	2	2	4	5	8	2	4	5	5	4	5	4	7	3	7	5
PBT_ARE 050	12422116352	M	OT	Terminal	4.7	5.10	5.20	5	4	4	6	6	6	6	2	1	2	5	6	5	6	2	4	4
PBT_ARE 038	12422116389	M	OT	Terminal	4.6	5.75	6.15	9	3	4	2	5	7	6	5	4	5	6	7	3	8	2	6	7
PBT_ARE 021	12422116365	F	OT	Terminal	4.6	5.65	5.20	5	5	7	3	6	7	7	1	2	2	7	6	4	7	3	6	5
PBT_ARE 075	12422116331	M	OT	Terminal	4.6	5.45	5.40	4	5	5	3	8	6	2	2	4	3	6	6	4	7	4	9	5
PBT_ARE 074	12422116332	M	OT	Terminal	4.45	5.00	5.30	5	5	5	4	7	5	2	2	4	2	6	5	3	8	3	7	5
PBT_ARE 061	12422116384	M	OT	Bottom 25%	5.2	5.85	4.75	5	5	7	1	6	9	4	3	5	4	6	5	4	5	3	6	4
PBT_ARE 072	12422116334	M	OT	Bottom 25%	5.1	4.75	4.70	6	5	4	6	6	6	6	4	3	3	6	5	3	5	3	9	4
PBT_ARE 054	12422116347	F	OT	Bottom 25%	5.05	5.40	4.00	4	5	6	5	7	8	5	1	2	2	7	6	5	6	5	8	2
PBT_ARE 014	12422115575	M	OT	Bottom 25%	5.05	5.30	4.95	6	4	5	4	7	7	5	3	2	2	5	3	3	7	3	7	4
PBT_ARE 043	12422116385	M	OT	Bottom 25%	5.05	4.80	4.25	2	6	8	3	8	5	4	3	2	2	7	6	4	6	4	7	3
PBT_ARE 066	12422116379	M	OT	Bottom 25%	4.85	5.45	5.05	2	5	5	4	6	8	7	1	3	2	5	4	3	5	3	5	5
PBT_ARE 049	12422116353	F	OT	Bottom 25%	4.85	5.40	5.10	7	4	5	4	6	7	7	3	2	3	6	6	4	7	2	7	4
PBT_ARE 076	12422116328	M	OT	Bottom 25%	4.85	5.05	4.85	8	2	4	7	7	7	6	3	4	4	8	5	4	6	3	4	5
PBT_ARE 068	12422116377	F	OT	Bottom 25%	4.85	5.00	4.85	3	5	4	5	6	7	5	2	2	2	5	5	4	4	2	5	4
PBT_ARE 040	12422116388	M	OT	Bottom 25%	4.8	5.30	5.00	5	4	5	3	7	7	2	3	4	3	6	7	4	4	4	7	5
PBT_ARE 099	12422115524	M	OT	Bottom 25%	4.8	5.05	4.95	8	3	6	4	6	6	4	3	3	3	5	7	3	4	4	7	5
PBT_ARE 007	12422116373	M	OT	Bottom 25%	4.7	5.00	5.10	6	4	5	3	5	6	5	4	4	4	5	6	3	5	3	6	5
PBT_ARE 030	12422116396	M	OT	Bottom 25%	4.65	4.95	5.00	8	4	4	3	5	6	1	4	4	4	4	3	3	7	3	5	4
PBT_ARE 004	12422115576	M	OT	Bottom 25%	4.6	4.85	4.35	4	4	5	3	8	6	3	3	2	3	7	4	5	5	4	7	3
PBT_ARE 023	12422116364	F	OT	Bottom 25%	4.4	4.75	4.35	5	5	4	4	6	7	7	1	3	2	6	4	3	7	2	4	3

Anexo 9

Reporte de resultados de la prueba genómica Igenity® Basic

Farm ID	Official ID	Sample ID	Sex	Breed	Birth Date	Health Traits				Yield Traits					Genetic Conditions					Add-ons
						Productive Life	Fertility	Somatic Cell Score	Dairy Form	Milk Yield	Fat	Fat (%)	Protein	Protein (%)	Kappa Casein	Beta Casein AB	Beta Lac.	BLAD	DUMPS	
PBT_ARE 003	-	012422115572	F	-	-	5	5	5	9	5	7	7	6	6	AB	AA	AB	T	T	
PBT_ARE 013	-	012422115574	F	-	-	5	7	7	8	6	5	4	5	3	AA	AA	AB	T	T	
PBT_ARE 020	-	012422116366	F	-	-	6	8	4	10	4	6	8	4	5	BE	AB	BB	T	T	
PBT_ARE 023	-	012422116364	F	-	-	4	9	7	10	4	5	6	4	5	AB	AA	BB	T	T	
PBT_ARE 024	-	012422116363	F	-	-	5	10	6	9	2	6	10	3	9	AE	AA	AB	T	T	
PBT_ARE 025	-	012422116362	F	-	-	5	10	6	10	5	4	4	5	5	AA	AA	AB	T	T	
PBT_ARE 033	-	012422116393	F	-	-	6	6	6	8	7	8	6	6	3	AA	AA	AA	T	T	
PBT_ARE 041	-	012422116387	F	-	-	3	7	9	9	5	4	3	4	2	AA	AA	NR	T	T	
PBT_ARE 042	-	012422116386	F	-	-	3	6	10	7	5	5	4	4	3	AA	AA	BB	T	T	
PBT_ARE 044	-	012422116358	F	-	-	1	5	10	8	5	6	5	5	3	AE	AA	AB	T	T	
PBT_ARE 048	-	012422116354	F	-	-	4	10	4	10	5	3	3	4	3	AA	AA	AB	T	T	
PBT_ARE 049	-	012422116353	F	-	-	1	5	10	10	2	2	4	2	5	AB	AA	AB	T	T	
PBT_ARE 052	-	012422116349	F	-	-	2	5	9	9	3	4	7	3	7	AB	AA	NR	T	T	
PBT_ARE 053	-	012422116348	F	-	-	2	5	10	10	4	4	4	4	3	AA	AA	AB	T	T	
PBT_ARE 054	-	012422116347	F	-	-	4	6	8	10	4	7	9	4	6	AA	AA	AA	T	T	
PBT_ARE 058	-	012422116344	F	-	-	7	8	6	5	7	8	6	6	4	AB	AA	BB	T	T	
PBT_ARE 063	-	012422116382	F	-	-	5	9	5	10	6	5	3	5	4	BB	AB	AA	T	T	
PBT_ARE 064	-	012422116381	F	-	-	6	9	8	9	6	6	4	5	1	AB	AA	AB	T	T	
PBT_ARE 065	-	012422116380	F	-	-	6	9	7	9	6	7	6	6	4	AB	AA	AB	T	T	
PBT_ARE 068	-	012422116377	F	-	-	3	7	8	7	5	3	3	4	4	AB	AA	AB	T	T	
PBT_ARE 070	-	012422116335	F	-	-	4	7	8	10	6	5	4	5	4	AA	AA	AB	T	T	
PBT_ARE 096	-	012422115521	F	-	-	1	6	10	9	2	5	9	3	7	AA	AA	AB	T	T	