



La genética ganadera en la Patagonia Verde

Editores: Andrés M. Carvajal y Rodrigo de la Barra

Instituto de Investigaciones Agropecuarias

BOLETÍN INIA / N° 438



ISSN 0717 - 4829



Director Responsable:

Sergio Iraira Higuera.
Ing. Agrónomo, M. Sc., Dr.,
Director Regional INIA Remehue

Editores:

Andrés M. Carvajal
Bioquímico, Investigador, INIA Remehue

Rodrigo de la Barra A.
Ingeniero Agrónomo, Investigador, INIA Remehue

Autores:**Andrés M. Carvajal.**

Bioquímico de la Universidad de Santiago de Chile y Doctor en Ciencias Biológicas de la P. Universidad Católica de Chile. Investigador del Grupo de Especialidad de Mejoramiento genético y Reproducción animal, INIA Remehue.

Rodrigo de la Barra A.

Ingeniero Agrónomo y Magíster en Economía Agraria de la Universidad Austral de Chile, Doctor en Producción animal de la Universidad de León, España. Investigador del Grupo de Especialidad de Mejoramiento genético y Reproducción animal, INIA Remehue.

Daniela Levicoy Mancilla.

Bioquímico y Magíster en Ciencias mención Genética de la Universidad Austral de Chile.

María Eugenia Martínez P.

Bióloga y Doctor en Alimentación de Rumiantes de la Universidad de León, España.

Héctor Uribe Muñoz.

Médico veterinario de la Universidad Austral de Chile, Magíster y Doctor en Genética de la Universidad de Guelph, Canadá. Profesor asociado de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

Boletín INIA N° 438**ISSN 0717-4829****Cita Bibliográfica:**

Carvajal AM y De la Barra R. (Eds.) 2021. La genética ganadera en la Patagonia verde. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Remehue, Osorno, región de Los Lagos, Chile. 132p.

Este libro fue editado en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación INIA Remehue, como parte del programa **“CAPACITACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO GENETICO OVINO-BOVINO EN EL TERRITORIO PATAGONIA VERDE”** (Código BIP 30341175-0).

Permitido su reproducción total o parcial citando la fuente y autores.

Diagramación e Impresión

Digipress SpA

Osorno, Chile, 2021.



La genética ganadera en la Patagonia Verde

Editores:

Andrés M. Carvajal

Bioquímico y Dr. en Cs., Investigador
INIA Remehue

Rodrigo de la Barra A.

Ingeniero Agrónomo y Dr. Cs., Investigador
INIA Remehue

Boletín INIA / N° 438
INIA, Osorno 2021

ISSN 0717 - 4829



ÍNDICE DE CONTENIDOS

PRÓLOGO	7
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO 1	13
"GENES Y HABILIDAD PRODUCTIVA" Andrés M. Carvajal y Daniela Levicoy	
CAPÍTULO 2	30
"LA RAZA ANIMAL COMO HERRAMIENTA GENÉTICA" Rodrigo de la Barra y Andrés M. Carvajal	
CAPÍTULO 3	54
"FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LA PATAGONIA VERDE PARA LA PRODUCCIÓN DE GENÉTICA GANADERA" María Eugenia Martínez y Rodrigo de la Barra	
CAPÍTULO 4	78
"MEJORAMIENTO GENÉTICO Y CRUZAMIENTOS" Andrés M. Carvajal y Héctor Uribe	
CAPÍTULO 5	98
"RAZAS OVINAS EN LA PATAGONIA VERDE" María Eugenia Martínez y Rodrigo de la Barra	
CAPÍTULO 6	121
"PRINCIPALES RAZAS BOVINAS DE CARNE PRESENTES EN LA PATAGONIA VERDE" Andrés M. Carvajal y María Eugenia Martínez	

PRÓLOGO

La disminución de brechas en el mundo rural es una línea de trabajo prioritaria para el Ministerio de Agricultura, que está socialmente comprometido con el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. En esa línea, la Ministra de Agricultura, María Emilia Undurraga, ha liderado la creación de una Política Nacional de Desarrollo Rural, que involucra a 12 ministerios y que aborda los temas, problemáticas y desafíos que afectan a las diversas esferas de la ruralidad.

La Seremi de Agricultura, el Gobierno Regional y los servicios del agro tienen un importante papel que cumplir en este propósito, promoviendo iniciativas y programas que ayuden a fortalecer el desarrollo competitivo de los principales rubros de la agricultura familiar campesina. Especialmente, aquella que se encuentra localizada en zonas extremas, donde las brechas de oportunidades son más difíciles de abordar.

En este sentido, se ha tenido especial preocupación por la zona cordillerana de Puerto Montt al sur, constituida por las comunas de Cochamó, Hualaihué, Chaitén, Futaleufú y Palena, territorio conocido como Patagonia Verde, donde la ganadería, tanto ovina como bovina, es una de las principales actividades económicas.

Para este territorio un problema histórico ha sido el acceso a nueva genética ganadera de calidad, ya que los costos de trasladar animales hacia esta zona son altísimos. Por ello, se planteó desarrollar un programa para que los productores locales puedan generar sus propios reproductores, lo cual no sólo requiere genética, sino conocimiento tecnológico de alto estándar. Un propósito que es fundamental para el Gobierno del Presidente Sebastián Piñera que ha puesto sus esfuerzos en desarrollar al máximo el nivel de emprendimiento y fortalecimiento de las empresas familiares rurales.

Para cumplir estos desafíos nos hemos apoyado en la experiencia y capacidades que el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) ha acumulado en más de medio siglo de historia y que se plasman en la presente publicación, que es parte del programa Capacitación para el Mejoramiento Bovino y Ovino del Territorio Patagonia Verde, que impulsa la Seremi de Agricultura gracias

al financiamiento del Gobierno Regional de Los Lagos, el cual colocamos a disposición de ustedes, como instrumento para el desarrollo de más y mejor ganadería

EDUARDO WINKLER H.

Secretario Regional Ministerial de Agricultura
Región de Los Lagos

INTRODUCCIÓN

El Territorio Patagonia Verde (TPV) abarca la provincia completa de Palena con sus cuatro comunas (Hualaihué, Chaitén, Futaleufú y Palena) y la comuna de Cochamó en la provincia de Llanquihue. Esta integración geográfica obedece a un conjunto de características climáticas y sociopolíticas comunes que son determinantes en los cómo y los por qué de la producción agropecuaria pasada y presente de este territorio. Cualquier persona que haya visitado el TPV hará énfasis en su relato en algunos aspectos como son la complejidad logística para llegar allá y trasladarse al interior del territorio, la rudeza del clima, fundamentalmente en invierno, y la belleza prístina del entorno.

Este relato no es muy diferente del que realizaban los primeros exploradores que llegaron a principios del siglo XX provenientes de Chiloé y Argentina. Los colonos se encontraron abruptamente en un paisaje absolutamente agreste, teniendo que abrir espacios en el impenetrable bosque nativo mediante tala y quema para, posteriormente, producir pasto. Así fue posible el asentamiento progresivo en el territorio durante las décadas siguientes, generando los espacios rurales de la actualidad. Los colonos se establecieron alrededor de los principales cursos hídricos, desarrollando lógicas autónomas de subsistencia familiar basadas en prácticas agropecuarias tradicionales, destacando la ganadería ovina y bovina, con gran dificultad dadas las limitantes condiciones geográficas y agroecológicas.

En estos 100 años, poco ha cambiado el contexto y las dificultades a las que se enfrentan los habitantes del TPV en general y los productores agropecuarios en particular. La dificultad de acceso que presenta el territorio hace que la conectividad resulte compleja; así, en la actualidad, los habitantes del TPV viven aún en un contexto de relativo aislamiento y desconexión del resto del país y déficits de infraestructura pública, de servicios básicos y de conectividad o acciones para la promoción de actividades productivas, entre otros, y deben enfrentar estas brechas. El TPV está catalogado como Zona Extrema, y por ello se le han destinado recursos especiales a través del Plan Especial Zonas Extremas Patagonia Verde.

A nivel agroecológico, el TPV presenta un clima y una geografía agrestes y la principal actividad productiva es la ganadería ovina y bovina. Esta actividad

se ha realizado históricamente en forma extensiva, utilizando principalmente las praderas naturales y el ramoneo en zonas de matorral y bajo condiciones edafoclimáticas que actúan como conjunto sobre los rebaños y que restringen su expresión, generando en general bajos índices reproductivos y productivos, lo que se traduce en una baja rentabilidad.

Por otro lado, el aislamiento se traduce en un excelente estatus sanitario basal dado la ausencia de enfermedades contagiosas que son comunes en el resto del país y que dificultan la producción y venta de genética, como puede ser el Maedi Visna, la brucelosis ovina, o la tuberculosis bovina. Así, el TPV tiene potencial para convertirse en una zona de producción de carne ovina y bovina a pastoreo con calidad diferenciada, así como de genética ovina y bovina. No obstante, las condiciones actuales de producción no permiten alcanzar este potencial. Para ello, la mejora en aspectos como la alimentación, sanidad y manejo son condiciones sin las cuales los planes de mejoramiento genético no tendrán el resultado deseado.

Las principales causas de baja productividad en estos sistemas de producción son tres, y están relacionados. Por un lado, tanto el clima como el manejo inadecuado de las praderas y un pastoreo deficitario determinan que exista escasez de pasto en momentos que a menudo son coincidentes con la época de mayores requerimientos del animal, ocasionando baja fertilidad y/o prolificidad, dado que existe una relación directa entre la alimentación y reproducción. La segunda razón es que el encaste, en general, no se controla, y por ello la época de pariciones es muy amplia. Así, el momento de máximo crecimiento del pasto está desfasado con respecto al periodo de máximo requerimiento de nutrientes de los animales, y la amplitud de la ventana de partos hace muy difícil gestionar este déficit de nutrientes en forma adecuada. Y tercero, la falta de disponibilidad de animales con garantías para ser utilizados como reproductores, dado la ausencia de núcleos genéticos y un alto grado de hibridación en los rebaños. Además, hay otras barreras que han impedido que el rubro ovino y bovino alcancen su potencial de desarrollo, como el bajo número de animales en producción, la baja retención de vientres y las inconsistencias a nivel de raza y/o cruzamientos que permitan el mejor desempeño en las particulares condiciones agroclimáticas.

Si nos fijamos en la genética animal, la historia del TPV ha sido particular y también moldeada por el clima y la geografía del territorio. Por estas limitantes, el tipo de animales que se utilicen para la producción, y más específicamente

la raza o biotipo elegidos, pueden ser parte importante de la solución para enfrentar de mejor manera los factores ambientales adversos que existen. Los animales a utilizar deben tener facilidad de adaptación al ambiente en que se desarrollan los sistemas productivos, lo que se conoce como rusticidad, factor clave para el éxito productivo. Por el contrario, escoger un biotipo y/o raza no adaptados se transforma en otra limitante, tanto para la producción de carne como para la producción de genética.

El programa “Capacitación para el mejoramiento genético ovino y bovino en el territorio Patagonia Verde” se propuso, entre sus principales objetivos, dotar a los productores de esta zona de los conocimientos y herramientas necesarios para convertirse en productores de genética ovina y bovina, partiendo por las bases anteriormente mencionadas (alimentación, sanidad y manejos). De esta forma, se esperaba que los productores locales pudieran alcanzar estándares de nivel nacional para lograr una mayor competitividad en ambos rubros. Adicionalmente, se propuso potenciar las capacidades técnicas y de gestión de los asesores técnicos que trabajan en forma permanente en el territorio.

En lo relativo a la genética propiamente tal, las principales brechas a solventar con el programa hicieron relación con el hecho de la inexistencia de una caracterización genética de los biotipos ovinos y bovinos del territorio, así como un desconocimiento general sobre los valores y estándares raciales para la producción ganadera en la zona, dado que la cantidad de razas que hay en un territorio, los tipos de cruzamientos y la proporción de híbridos son aspectos esenciales a conocer para comprender las alternativas de desarrollo de la ganadería y qué potenciales puede alcanzar en lo productivo en ese territorio. Tampoco se conocían las relaciones entre la genética y las condiciones agroecológicas específicas de este territorio, ni con los manejos de alimentación y reproducción.

Dada la influencia del ambiente sobre la expresión de los genes, la adecuada elección del genotipo para la producción de carne bajo estas condiciones es una decisión fundamental. Probablemente en este punto no haya una única respuesta, ya que esta decisión depende de un cúmulo de factores que interactúan entre sí, tales como el propósito productivo, el potencial forrajero del predio en particular o la disponibilidad de animales de raza. Para que la genética pueda desarrollarse y los esfuerzos rindan fruto, debe atenderse a los otros pilares: alimentación, sanidad y manejo (es decir, no poner la carreta por delante de los bueyes).

El presente boletín reúne la información técnica que sustenta las actividades realizadas en el Programa y sus resultados, y resume las bases de los aspectos genéticos necesarios para la gestión de plantales pecuarios en Patagonia Verde.

CAPÍTULO 1

GENES Y HABILIDAD PRODUCTIVA

Andrés M. Carvajal

Bioquímico, Investigador
INIA Remehue

Daniela Levicoy Mancilla

Bioquímico, M. Cs. Genética

1.1 Introducción

Desde su domesticación, los bovinos y ovinos han tenido un rol importante en el establecimiento de la agricultura y ganadería proveyendo principalmente alimento, abrigo, poder de tracción y mejoramiento del suelo. En un principio se evidenciaron diferencias naturales en la docilidad y temperamento de los animales, lo cual llevó a utilizarlos como los primeros criterios de selección. Con el paso del tiempo prosiguió la selección de grupos de animales con otras características físicas tales como talla, color, tipo animal, productividad, etc. Esto junto al agrupamiento de animales con características similares en territorios definidos acuñó, posteriormente, el concepto de “raza” (ver Capítulo 2). Más recientemente, estas razas fueron seleccionadas principalmente para producción de leche, carne y/o lana, incorporándose otros criterios de selección como habilidad materna, facilidad de ordeña, longevidad, facilidad de parto y resistencia a enfermedades. Para esto, se desarrollaron y pusieron en práctica el uso de registros genealógicos y desde mediados del siglo XX, la aplicación de programas de mejoramiento genético que conllevan el registro permanente de datos productivos de interés (ver Capítulo 4).

Hoy en día, con más de 1.300 millones de cabezas bovinas y más de 1.000 millones cabezas ovinas, respectivamente, la ganadería está presente en gran parte de los ecosistemas terrestres (FAO, 2020). Esta amplia distribución y producción bajo distintas condiciones ambientales se ha logrado gracias a la plasticidad y adaptación de los animales a estos ambientes. Sin embargo, no todos los animales producen o rinden de la misma forma en todos los territorios. Hasta ahora los productores y todos los actores del mundo productivo se hacen las siguientes preguntas: ¿cuál es la mejor raza o biotipo para producir carne? ¿hay animales mejor adaptados al ambiente dentro de mi rebaño? ¿hay animales superiores dentro de una misma raza? El potencial productivo del animal depende de la información genética que porta, y es sabido que hay animales más o menos productivos dependiendo de las condiciones ambientales (esto incluye el tipo de manejo del rebaño), y de su habilidad de adaptarse a ellas. Así,

esta capacidad está dada por la información genética de cada individuo, y por la interacción de esta información (o potencial) con el ambiente. Por ejemplo, una primera distinción entre los bovinos corresponde a las ramas taurina e indicina. Esta clasificación proviene del origen de las razas. Bovinos de la rama taurina (*Bos taurus*) se han desarrollado y adaptado a ambientes templados y mediterráneos alcanzando elevados niveles de producción, mientras que las razas indicinas (*Bos indicus*) alcanzan una menor producción, pero muestran una mejor adaptación a ambientes secos y cálidos, donde los animales de la rama *Taurus* no logran expresar su potencial productivo, lo que es muy importante de cara a enfrentar el cambio climático.

Hasta hace poco los programas de mejoramiento se han basado fuertemente en elementos de genética cuantitativa, biotecnologías reproductivas como la inseminación artificial y la transferencia de embriones, así como en el desarrollo de algunas herramientas para el manejo automatizado de datos (ej. control lechero) en la industria. Sin embargo, durante los últimos 20 años los avances tecnológicos en biología molecular y bioinformática han hecho posible elucidar funciones fisiológicas complejas a nivel de genes. En 2009 se obtuvo la secuencia completa del genoma bovino y a partir de eso se desarrolló la selección genómica, la que está impactando fuertemente en el nivel productivo de los animales al aumentar la exactitud de las evaluaciones de los programas de mejoramiento. El genoma ovino (*Ovis aries*) fue obtenido finalmente en 2014 (Jiang y cols., 2014) y ha permitido la identificación de importantes regiones asociadas a producción.

En definitiva, todas las características del animal o individuo dependen de su información genética y de las condiciones ambientales que permiten o no alcanzar ese potencial. En este capítulo nos centraremos en las bases o elementos claves de la biología de los mamíferos que son extensibles a bovinos y ovinos y que sustentan la expresión y herencia de la información genética, y que explican su habilidad productiva.

1.2 El ADN y las bases bioquímicas de la herencia

El ADN (ácido desoxirribonucleico) es el material que almacena toda la información genética de un individuo y corresponde a una macromolécula de dos hebras localizada en el núcleo de cada célula de los organismos. Cada hebra está compuesta de una larga secuencia con cuatro tipos de nucleótidos: adenina, citosina, guanina y timina (A, C, G y T, respectivamente). Estas dos hebras se mantienen enlazadas mediante fuerzas químicas específicas de manera complementaria entre los nucleótidos A-T y C-G, formando una estructura en

doble hélice (Figura 1.1). Por ejemplo, la secuencia T-G-C-A-G-T en la hebra 1 tiene por complemento la secuencia A-C-G-T-C-A en la segunda hebra. Esta secuencia lineal y complementaria entre las dos hebras sugiere que el ADN sustenta el almacenamiento de la información genética y su replicación (Alberts y cols., 2016). En el bovino y ovino, se estima que esta secuencia de ADN tiene aproximadamente 2,7 Gb (2,7 billones) y 2,9 Gb de nucleótidos, respectivamente (Zimin y cols., 2009; Georges y cols., 2019). La existencia de dos copias de la información, una en cada hebra, redundante en un mecanismo para resguardar la integridad y secuencia correcta de la información genética. Así, frente a cualquier daño en una de las hebras, por mutación u otro, la hebra no afectada mantiene la secuencia correcta y actúa como molde para la reparación de la hebra alterada mediante mecanismos muy precisos.

Secuencias específicas del ADN codifican para todas las proteínas del organismo, aquellas macromoléculas encargadas de realizar las distintas funciones celulares y que por tanto determinan cada una de las funciones del organismo. Por tanto, esa secuencia específica del ADN determina gran parte de todas las características y funciones observables y/o medibles del individuo (fenotipo), raza y/o especie, incluidas aquellas productivas. Este flujo de información genética desde el ADN a la proteína requiere de un intermediario que es el ARNm (ácido ribonucleico mensajero), molécula que es complementaria al ADN y que se transporta desde el núcleo de la célula hasta el citoplasma, donde es reconocido e interactúa con unas estructuras llamadas ribosomas, donde ocurre la biosíntesis de proteínas y péptidos. Por tanto, existen tres niveles de almacenamiento de la información: ADN, ARN y proteína. La transformación del ADN a ARNm se conoce como transcripción mientras que el paso de ARNm a proteína se llama traducción. Ambos procesos son controlados de forma precisa por diversas macromoléculas (ácidos nucleicos y proteínas) de forma de evitar cualquier error en el flujo de información, y al mismo tiempo, regular los mecanismos de control de expresión génica, es decir, controlar cuándo y dónde se expresa determinado segmento del ADN y, por tanto, regular finamente la biosíntesis de la proteína resultante.

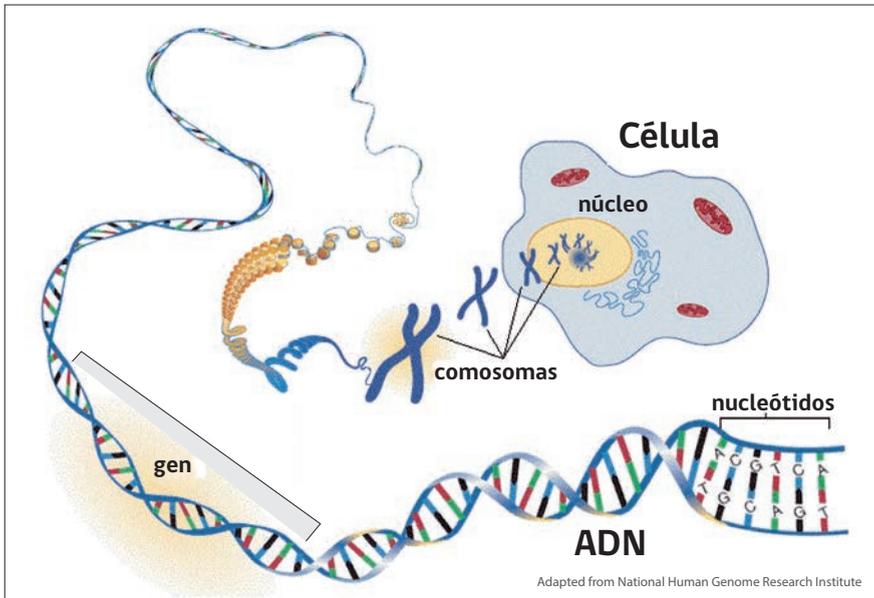


Figura 1.1. Estructura y organización del ADN. (Modificado de National Human Genome Research Institute; <https://www.genome.gov/imagegallery/>).

Estructural y funcionalmente el segmento de ADN que codifica para una proteína y sus regiones regulatorias se conoce como gen. Sin embargo, existen otras secuencias del ADN no codificantes y que en principio se pensó que no tenían función alguna denominándose ADN basura (en inglés *junk DNA*). Hoy en día a partir de estudios en organismos modelos como el ratón o la mosca, se sabe que ese ADN cumple funciones importantes para mantener la estructura y estabilidad de la molécula, y para la regulación espacial de la expresión génica.

En el núcleo de la célula, el ADN se organiza y empaqueta junto a proteínas llamadas histonas conformando estructuras muy compactas llamadas nucleosomas. Estas histonas ayudan al super enrollamiento y empaquetamiento del ADN lo que forma los cromosomas. Recientemente se ha descrito que las histonas también participan en la regulación epigenética de la expresión de genes. Esto es, existen estímulos ambientales (ej: alimentación) que pueden provocar cambios en la estructura química del ADN pero sin modificar su secuencia, lo que modula la activación o represión de un gen y por tanto puede generar variaciones en el fenotipo. Lo interesante es que estas modificaciones pueden heredarse a la progenie por algunas generaciones mientras se mantenga ese escenario ambiental (González-Recio y cols., 2015). Las modificaciones epigenéticas más

comunes son metilaciones del ADN, modificaciones de histonas (acetilación, metilación o fosforilación), y la acción de pequeños ARNs no codificantes.

El set completo de cromosomas de cualquier especie incluye toda la información genética del individuo y se denomina genoma, el cual se transmite de padres a hijos (progenie) en cada cambio generacional. El bovino posee 30 "pares" de cromosomas: 29 autosomas y 1 cromosoma sexual (Figura 1.2), los que contienen aproximadamente 22.000 genes; mientras que el ovino posee 27 pares de cromosomas (26 autosomas y un par de cromosomas sexuales). Estos pares de cromosomas se denominan homólogos, término que implica que hay dos copias de la información genética. Las células sexuales o progenitoras, óvulos y espermios, contienen una copia del par de cromosomas, esto es, el genoma en su forma haploide (n), esto como resultado del proceso de meiosis. Así, la fusión del óvulo y el espermatozoide durante la fecundación llevan a la condición diploide ($2n$), restableciendo las dos copias de la información. Esto tiene dos implicancias básicas. Primero, cada individuo hereda la mitad de la información genética del padre, y la otra mitad de la madre, y por tanto tiene un genoma único. Y segundo, el mejoramiento genético requerirá genes superiores de ambos progenitores. El uso de un padre de calidad (ej: toro o carnero de elite) pero una mala madre (ej: hembra candidata al descarte) generará muy poco o nada de mejoramiento.

Cualquier posición en la secuencia del ADN de los cromosomas se denomina *locus* y varios de ellos forman un *loci*. Si el *locus* tiene la misma secuencia o nucleótido en ambos cromosomas se considera como homocigoto; si son diferentes, corresponde a un heterocigoto. Veamos un ejemplo: una vaca tiene en el *locus* 10 de ambos cromosomas X el nucleótido C, es decir es homocigota (CC) para ese *locus*. Con el paso del tiempo puede ocurrir un cambio en el flujo de información o una mutación que altera la secuencia nucleotídica de una de las hebras de un cromosoma (C→T). Entonces estamos frente a un heterocigoto CT. También pudiera darse que algunos animales de la progenie sean TT, es decir homocigotos para este *locus*. Esta última situación denota que puede existir cierta variabilidad genética para un mismo locus en el ADN. La secuencia o nucleótido de ADN que porta el individuo en un locus cualquiera se conoce como genotipo, en nuestro ejemplo CC, TT o CT. Un ejemplo sencillo para comprender el origen de los genotipos se describe en la Figura 1.3. Se puede observar que el apareamiento de padres heterocigotos (CT) resulta en dos tipos de gametos (C y T) cuyos hijos o progenie (F1) expresan tres genotipos: CC, CT y TT.

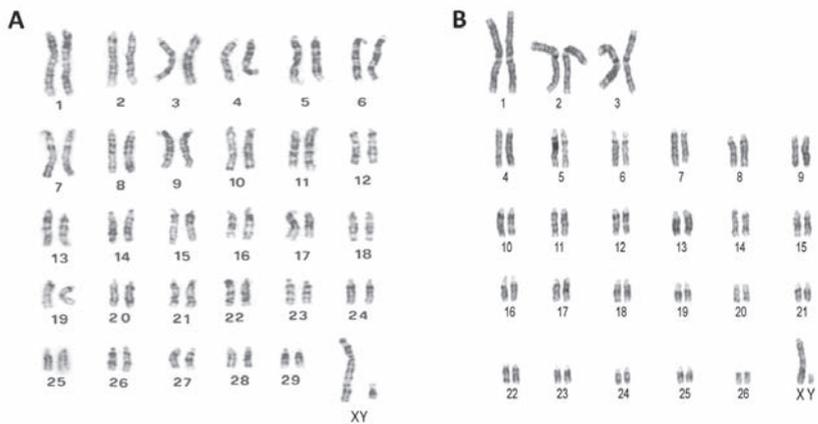


Figura 1.2. Cromosomas bovinos (A) y ovinos (B) ordenados como cariotipo (bandeo G). Obsérvese la diferencia en tamaño entre los cromosomas sexuales (Extraído de lanuzzi, 1996; Arslan & Zima, 2011).

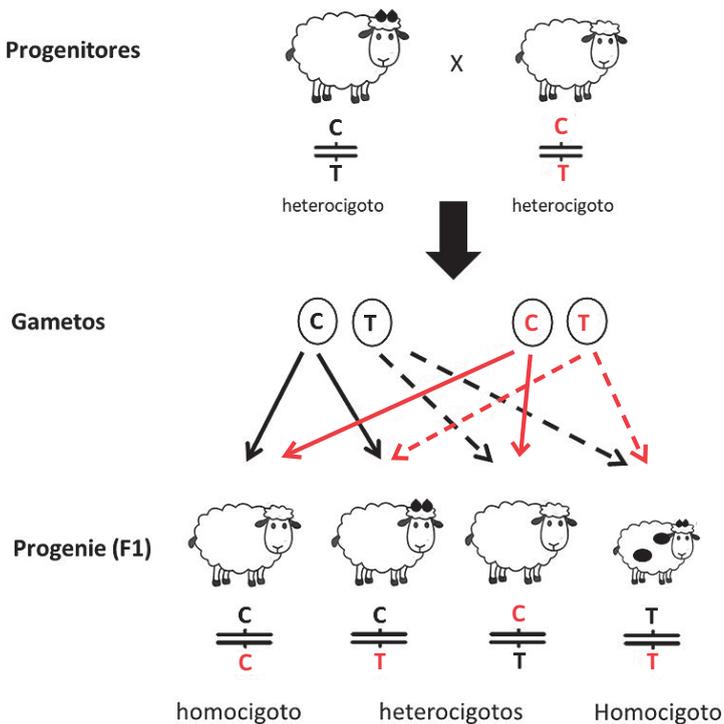


Figura 1.3. Genotipos resultantes (F1) de la combinación de gametos de padres heterocigotos. CC y TT, homocigotos. CT, heterocigoto. (Fuente: Elaboración propia).

Muchas veces el cambio de base o nucleótido en la secuencia ocurre por una mutación provocada por un agente externo (ej. agente químico), pero en otros casos corresponde a variaciones naturales que se denominan polimorfismos, los cuales pueden ser resultado de la selección natural y transmitirse a la progenie. Las distintas formas o variantes para ese polimorfismo se denominan alelos y muchas veces se da que una raza o determinados animales dentro de una misma raza poseen un alelo u otro. Es interesante que muchos de estos polimorfismos descritos para el bovino están asociados, o determinan en parte, un fenotipo que puede ser de interés productivo, por ejemplo, la infiltración de grasa en el músculo. Así, la selección basada en rasgos fenotípicos puede determinar cuál alelo o variante se manifestará en la población. Por tanto, estos polimorfismos o variantes actúan como marcadores genéticos para identificar animales que poseen una u otra característica (Singh y cols., 2014). Este concepto se desarrolla a continuación.

1.3 El genoma

Los mapas genéticos corresponden a la representación física y posicionamiento de los genes y secuencias a lo largo del genoma y son representativos de cada especie (Czechy cols., 2018). Para su desarrollo se utilizaron marcadores genéticos altamente polimórficos (ej. RFLP y microsatélites) pudiendo detectar regiones conservadas entre especies, pudiendo así desarrollarse mapas comparativos. En el caso del bovino, se hicieron comparaciones con el mapa humano y de ratón en donde ya se conocía la localización de genes que deberían estar relativamente conservados en el bovino. Con el advenimiento de nuevas tecnologías como la secuenciación del ADN de alto rendimiento, y grandes avances en el procesamiento de la información mediante herramientas bioinformáticas se identificaron marcadores denominados polimorfismos de nucleótidos únicos (SNP en inglés), los cuales están repartidos por todo el genoma y corresponden al cambio de un nucleótido en la secuencia del ADN. La distribución de estos marcadores permitió ensamblar las distintas secuencias del ADN en los mapas generados, y así, la primera secuencia completa del genoma bovino (*B. taurus*) fue publicada en el año 2009 a partir de animales Hereford (Figura 1.4; The Bovine Genome Sequencing and Analysis Consortium y cols., 2009; Zimin y cols., 2009). El tamaño del genoma obtenido fue de 2,87 Gb encontrando que solo un 2% de él es codificante. Del análisis inicial de dichas secuencias se dedujo un mínimo de 22.000 genes, con un 65% de ellos reconocidos en otras siete especies de mamíferos, y con un alto grado de conservación de los genes relacionados al metabolismo y homeostasis. La arquitectura cromosómica del genoma bovino revela una alta densidad de regiones importantes para la adaptación al ambiente, y varios segmentos que comparten su organización

con el genoma humano, por ejemplo, la familia de genes que codifican para proteínas de leche, así como variaciones específicas en genes asociados a lactancia y respuesta inmune. No obstante, la limitante de este primer mapa fue el uso solo de dos individuos y ambos de la misma raza. Más recientemente se han hecho esfuerzos por actualizar el mapa inicialmente obtenido a través de la secuenciación de genomas de bovinos de otras razas para ser utilizados como mapas de referencia (Czech y cols., 2018). Hoy en día, el estudio del genoma y las herramientas analíticas para su estudio se conocen como genómica y los últimos estudios indican que los bovinos de diversas razas comparten de forma idéntica el 99,8% del genoma de modo que solo el 0.2% del ADN es diferente, y ésta es la porción que explica en parte las diferencias genéticas y fenotípicas (medibles u observables) entre las distintas razas bovinas.



Figura 1.4. Fotografía de L1 Dominette 01449, vaca Hereford a partir de la cual se obtuvo la secuencia del genoma bovino (Extraído de <http://bovinegenome.org/>).

A partir de estos mapas genómicos en el bovino se han identificado aproximadamente 61,8 millones de SNPs de los cuales aprox. 13 millones se pueden asociarse a distintas características productivas. Muchos de ellos son específicos para razas y/o biotipos con distinta orientación productiva (leche y carne). Así, se han desarrollado paneles para investigación con miles de SNPs (650.000–780.000) distribuidos a lo largo del genoma y con una frecuencia alélica

baja. No obstante, el costo de aplicar estos paneles aún es algo elevado y por tanto orientado a toros de elite y de difícil aplicación en rebaños completos. Una solución a esto ha sido el desarrollo de paneles de baja densidad (ej. BovineLD Genotyping BeadChip, illumina) y por tanto más económicos que pueden ser “imputados” o relacionados a un panel mayor. Se avizora que próximamente este tipo de paneles puedan aplicarse a programas de selección genómica a escala mayor, incluyendo hembras. En ovinos también se han desarrollado paneles o chips con paneles de SNPs propios para sus características.

1.4 Genes mayores en producción

Se ha descrito que algunas regiones del genoma están directamente implicadas en la magnitud de algunas respuestas productivas (QTL, del inglés Quantitative Trait Loci), así como en la aparición de algunas enfermedades o anomalías de origen genético, y otros. Estos fenotipos se conocen como rasgos Mendelianos y corresponden a mutaciones puntuales o específicas en la secuencia del ADN o en polimorfismos específicos en algunos genes, y por tanto, son fácilmente identificables con las herramientas modernas de análisis molecular. De hecho, varias de ellas son actualmente analizadas en los test de análisis genómico. Esta relación causa-efecto directa entre uno o unos pocos genes y características asociadas a producción es una excepción dado que la gran mayoría de estas características son poligénicas, es decir, resultan de la sumatoria de cientos de genes o miles de pequeños efectos dados por múltiples regiones genómicas. A continuación, se describen algunos ejemplos:

- i) **Miostatina y musculatura doble.** La doble musculatura corresponde a una hiperplasia muscular distintiva que se presenta con alta frecuencia en razas bovinas como Azul Belga y Piedmontese y que es heredable. Este fenotipo es el resultado de un par de mutaciones en el gen *MSTN* (TGF- β), el cual está localizado en el cromosoma 2 (BTA2; Figura 1.5; MacPheron & Lee, 1997), y que codifica para la proteína miostatina, la cual actúa como un regulador negativo del crecimiento de fibras musculares (inhibe el ciclo celular). En la raza Azul Belga se observa la delección de un locus recesivo (*mh*) de 11 pares de base (pb; TGAACACTCCA) en la región codificante del gen, lo que se traduce en una proteína afuncional. Esta mutación también se ha encontrado en otras razas europeas incluyendo bovinos Limousine y Asturiana. Como resultado se induce un mayor crecimiento de las fibras musculares. En bovinos Piedmontese, en tanto, se presenta una mutación (G→A) en la posición 938 del exón 3 que se traduce en la pérdida de la estructura y conformación activa de la proteína. Así, esas mutaciones en la región codificante se traducen en una mayor efectividad en la transformación de pasto a carne y

de genes cercanos (ej. *DLK1* y *EG11*) cuya función es regular el crecimiento de las fibras musculares (Figura 1.6). Además de la hipertrofia en estas fibras, el fenotipo de los animales que portan esta mutación incluye un aumento de la dureza del músculo, lo que ha limitado la comercialización de estos animales.

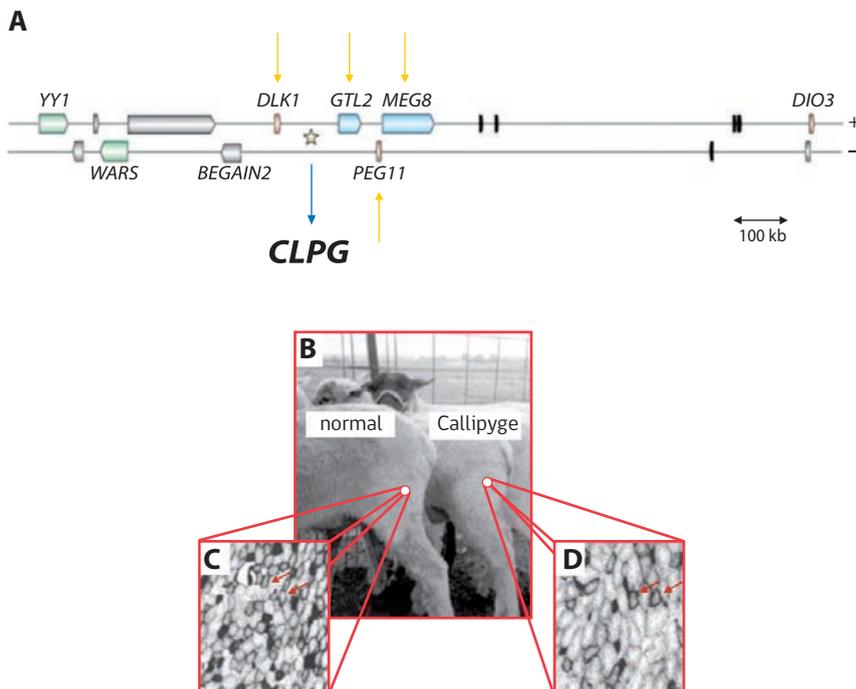


Figura 1.6. Localización (estrella) de la mutación *CLPG* en el cromosoma ovino 14 (OAR14; A) y su efecto en la hipertrofia muscular (B). C y D, cortes histológicos de fibras musculares de animales normales y con la mutación (obsérvese el mayor tamaño de las células (flechas) en D), (Modificado de Georges y cols., 2003).

iii) DGAT1 e infiltración grasa. El contenido de grasa en leche bovina se distribuye en forma continua y tiene una heredabilidad media (0,45-0,50). Uno de los componentes principales de la grasa son los ácidos grasos, los cuales son sintetizados principalmente en la glándula mamaria del bovino (síntesis *de novo*) o recapturados desde la circulación sanguínea, y parte importante de sus precursores provienen de ácidos grasos presentes en los alimentos que consume el animal. Su biosíntesis incluye varios pasos, siendo el más importante y último la incorporación de los ácidos grasos a la molécula

de triacilglicerol (TAG) para formar triglicéridos. Este paso es el limitante en la vía metabólica y es controlada por la enzima diacilglicerol acil-CoA aciltransferasa (DGAT), codificada por el gen homónimo (*DGAT1*). Este gen se localiza en el cromosoma 14 (BTA14) y presenta varios polimorfismos siendo uno de ellos (K232A) responsable de hasta el 50% de la variación de contenido de grasa en leche, además de modular la concentración de los ácidos grasos de la leche (Grisart y cols., 2002; Carvajal y cols., 2016). El polimorfismo consiste en una sustitución de dos nucleótidos (AA→GC) en el exón 8, causando la sustitución de un residuo de lisina (K), por alanina (A; Figura 1.7). Se ha descrito que la variante K se presenta con una mayor frecuencia en razas de mayor contenido de grasa en leche (ej. Jersey; Cuadro 1.1). Junto al aumento en el contenido de grasa en leche, animales con el genotipo K muestran un mayor contenido de proteína, por tanto, el contenido de sólidos totales es más alto. Esto representa un beneficio para los productores de leche que reciben un mayor pago por la cantidad de sólidos en leche y no únicamente por el volumen que producen. Al contrario, la variante A se asocia a mayor producción de leche, pero con un menor contenido de sólidos totales.

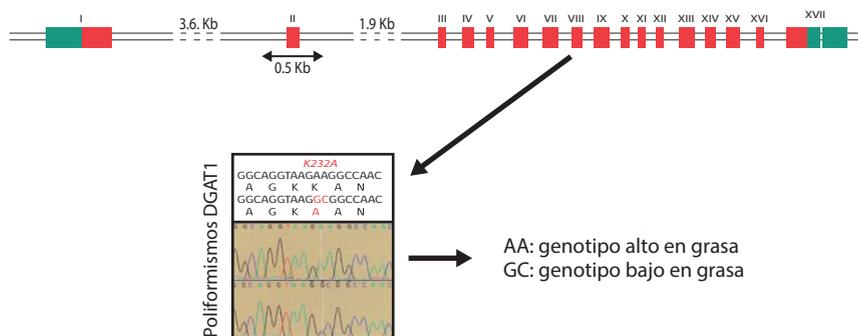


Figura 1.7. Estructura genómica del gen *DGAT1* bovino. Se indica polimorfismo K232A en el exón 8 del cromosoma 14 (Modificado de Grisart y cols., 2002).

Este mismo polimorfismo también se expresa en otros tejidos como el hígado y el tejido graso y se ha asociado a un mayor grado de infiltración grasa (marmóreo) en músculo semitendinoso y liso en bovinos Holstein, y mayor espesor de grasa a nivel de grupa y área de ojo del lomo en algunas razas ibéricas. En razas carniceras como Hereford, Charolais y Simmental se ha descrito que animales heterocigotos presentan mayor porcentaje de grasa intramuscular y mayor calificación de marmoleo, que aquellos animales con la variante alanina (A). Aunque otros marcadores afectan la deposición de grasas, estos ejemplos muestran como dependiendo del genotipo se favorece un parámetro importante de la calidad de carne.

Cuadro 1.1. Frecuencia de presentación de las variantes A y K para el polimorfismo K232A del gen DGAT1 en razas lecheras del sur de Chile. n: número de animales (Fuente: Carvajal y cols., 2016).

Raza	n	Variante	
		A	K
Holstein Friesian	58	66	34
Jersey	51	28	72
Frisón negro	52	97	3
Montbeliarde	50	96	4
Overo Colorado	59	73	27

iv) Deficiencia de Adhesión Leucocitaria Bovina (BLAD). El BLAD es una enfermedad congénita autosómica recesiva. Se describió por primera vez en 1983 en bovinos Holstein y se caracteriza por un cuadro reiterado de infecciones bacterianas con un marcado aumento y disfunción de células neutrófilas (Nagahata, 2004). Esta deficiencia se traduce en una respuesta inflamatoria inadecuada pudiendo desarrollarse periodontitis, úlceras de la mucosa oral, neumonía, diarrea y muerte. Las bases moleculares de esta patología residen en una mutación puntual (A→G) en el exón 5 del gen *ITGB2*, el cual codifica para la proteína de función inmune CD18, una integrina de función inmune. Esto origina un cambio aminoacídico que se traduce en una menor adhesión y extravasación leucocitaria (Figura 1.8). Los primeros estudios de diagnóstico evidenciaron un gran número de toros y vacas Holstein portando la mutación que eran resultado del uso de dosis de semen (vía inseminación artificial) proveniente de un solo individuo muy utilizado en las décadas del 50 y 60 (Osborndale Ivanhoe, 1952), en el cual habría ocurrido la mutación. Actualmente existen métodos diagnósticos basados en inmunología y genotipado para identificar prontamente aquellos individuos portadores.

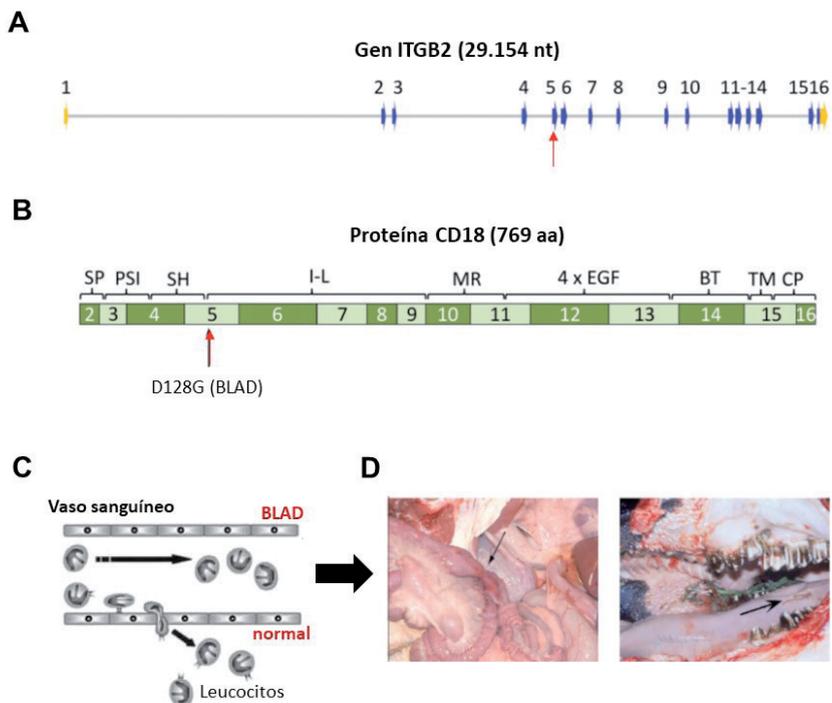


Figura 1.8. Bases genéticas de la deficiencia de adhesión leucocitaria bovina (BLAD). Una mutación puntual en el exón 5 del gen ITGB2 (A) produce un cambio aminoacídico en la secuencia de la proteína CD18 generando una inhibición de la síntesis de la proteína (B) y como resultados la pérdida en la extravasación leucocitaria (C) y diversas patologías asociadas a una menor función inmune como fibrosis intestinal y úlceras en la lengua (D; Modificado de Wormack y cols., 2018).

Glosario

- Alelo:** Forma alternativa de un gen. Puede estar dado por el cambio de un nucleótido (SNP) como resultado de una mutación.
- ARN:** Ácido ribonucleico. Se diferencia del ADN por que se organiza en una sola hebra y presenta un grupo hidroxilo en la ribosa de la molécula. En el ADN, la timina presente en el ADN es reemplazada por el uracilo.
- Cariotipo:** Organización gráfica de los cromosomas que componen a un organismo.
- Cromosoma:** Estructura molecular que resulta de la compactación del ADN con las proteínas histonas en el núcleo de la célula.
- Diploide:** Término que se refiere a una célula o a un organismo que tiene dos copias de su conjunto de cromosomas.
- Epigenética:** Estudio de las modificaciones químicas sobre el ADN que ejercen acciones regulatorias en la expresión génica y pueden heredarse a la descendencia.
- Gen:** Unidad básica y funcional de la herencia constituida por secuencias de nucleótidos.
- Genes ribosomales:** Grupo de genes que contienen la información para formar a los ribosomas, aquellas estructuras celulares esenciales para la síntesis de las proteínas.
- Genoma:** Información genética completa de un organismo.
- Genómica:** Término que hace referencia al estudio de genomas y sus metodologías.
- Haploide:** Término que se refiere a una célula o a un organismo que tiene un único conjunto de cromosomas.
- Microsatélite:** Secuencias nucleotídicas cortas y repetitivas distribuidas en todo el genoma que se utilizan como marcadores genéticos.
- miRNA (microARN):** Secuencias cortas de ARN (20-25 nucleótidos) con función regulatoria de la expresión génica.
- Meiosis:** Proceso de división celular para reducir el material genético de una célula de diploide (2n) a haploide (n) que da origen a los gametos (óvulos y espermatozoides) en organismos con reproducción sexual.
- Polimorfismo:** Cambio o modificación en la secuencia de ADN causado por mutaciones (errores intrínsecos durante la replicación del ADN) o daños químicos.

QTL (del inglés *Quantitative Trait Loci*): Región del ADN que se correlaciona con alguna característica productiva.

Replicación: Proceso en el cual se duplica la molécula completa de ADN.

SNP (del inglés *Single Nucleotide Polymorphism*): Cambio de una sola base nucleotídica en la secuencia de un gen o secuencia de ADN.

Telómero: Regiones repetitivas de ADN no codificante cercanas al extremo de los cromosomas a quienes otorgan estabilidad estructural.

Bibliografía

Alberts B, Johnson A, Lewis J, Morgan D, Raff M, Roberts K y Walter P. (2016) *Biología molecular de la célula*. 6a Edición. Ediciones Omega, Barcelona, España. 1.472 pp.

Arslan A & Zima J (2011) Banded karyotype of the Konya wild sheep (*Ovis orientalis anatolica Valenciennes, 1856*) from Turkey. *Comparative Cytogenetics* 5(2): 81-89.

Carvajal AM, Huircan P, Dezamour JM, Subiabre I, Kerr B, Morales R & Ungerfeld EM. (2016) Milk fatty acid profile is modulated by DGAT1 and SCD1 genotypes in dairy cattle on pasture and strategic supplementation. *Genetics and Molecular Research* 15(2).

Czech B, Fraszczak M, Mielczarek M & Szyda J. (2018) Identification and annotation of breed-specific single nucleotide polymorphisms in *Bos taurus* genomes. *PLoS ONE* 13: e0198419.

FAO. (2020) Sistema de Información sobre la Diversidad de los Animales Domésticos (DAD-IS). <http://www.fao.org/dad-is/es/> Accesado en marzo de 2020.

García-Ruiz A, Cole JB, VanRaden PM, Wiggans GR, Ruiz-López FJ & Van Tassell CP. (2016) Changes in genetic selection differentials and generation intervals in US Holstein dairy cattle as a result of genomic selection. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 113: E3995-E4004.

Georges M, Charlier C & Cockett N. (2003) The callipyge locus: evidence for the trans interaction of reciprocally imprinted genes. *Trends in Genetics* 19: 248-252.

Georges M, Charlier C & Hayes B. (2019) Harnessing genomic information for livestock improvement. *Nature Reviews Genetics* 20: 135-156.

- González-Recio O, Toro MA & Bach A. (2015) Past, present, and future of epigenetics applied to livestock breeding. *Frontiers in Genetics* 6: 305.
- Grisart B, Coppieters W, Farnir F, Karim L, Ford C, Berzi P, Cambisano N, *et al.* (2002). Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of a missense mutation in the bovine *DGAT1* gene with major effect on milk yield and composition. *Genome Research* 12: 222-231.
- Hayes BJ, Lewin HA & Goddard ME. (2013) The future of livestock breeding: genomic selection for efficiency, reduced emissions intensity, and adaptation. *Trends in Genetics* 29: 206-214.
- Ianuzzi L. (1996) G- and R-banded prometaphase karyotypes in cattle (*Bos taurus* L.) *Chromosome Research* 4: 448-456.
- Jiang Y, Xie M, Chen W, Talbot R, Maddox JF, Faraut T, Wu C, Muzny DM, Li Y, Zhang W, Stanton J-O, Brauning R, Barris WC, Hourlier T, Aken BL, Searle SMJ, Adelson DL, Bian C, Cam GR, *et al.* (2014) The sheep genome illuminates biology of the rumen and lipid metabolism. *Science* 344: 1168-1173.
- McPherron AC & Lee SJ. (1997). Double muscling in cattle due to mutations in the myostatin gene. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 94: 12457-12461.
- Nagahata H. (2004) Bovine Leukocyte Adhesion Deficiency (BLAD): A review. *Journal of Veterinary Medical Science* 66: 1475-1482.
- Singh U, Deb R, Alyethodi RR, Alex R, Kumar S, Chakraborty S, Dharma K & Sharma. (2014) Molecular markers and their applications in cattle genetic research: A review. *Biomarkers and Genomic Medicine* 6: 49-58.
- Tellam RL, Cockett NE, Vuocolo T & Bidwell CA. (2010) Genes contributing to genetic variation of muscling in sheep. *Frontiers in Genetics* 3: 1-14.
- The Bovine Genome Sequencing and Analysis Consortium*, Elsik CG, Tellam RL & Worley KC. (2009) The genome sequence of Taurine cattle: A window to ruminant biology and evolution. *Science* 324: 522-528.
- Wormack AM, Chitko-McKown CG, Smith TPL, Bennett GL, Kalbfleisch TS, Basnayake V & Heaton MP. (2018) A bovine CD18 signal peptide variant with increased binding activity to *Mannheimia hemolytica* leukotoxin. *F1000 Research* 7: 1985.
- Zimin AV, Delcher AL, Florea L, Kelley DR, Schatz MC, Puiu D, Hanrahan F, Pertea G, Van Tassell CP, Sonstegard TS, Marçais G, Roberts M, Subramanian P, *et al.* (2009) A whole-genome assembly of the domestic cow, *Bos taurus*. *Genome Biology* 10: R42.

CAPÍTULO 2

LA RAZA ANIMAL COMO HERRAMIENTA GENÉTICA

Rodrigo de la Barra A.

Ingeniero Agrónomo, Investigador
INIA Remehue

Andrés M. Carvajal

Bioquímico, Investigador
INIA Remehue

2.1 Evolución de la herramienta genética.

La genética como herramienta prácticamente nace con la ganadería y las dimensiones de intervención tecnológica que ha adquirido dependen de cómo han evolucionado las ideas que sustentan la relación entre el hombre y los animales de producción. Durante la prehistoria el hombre se aproximaba a las especies animales en busca de sustento principalmente a través de la caza. Algunos autores plantean que la domesticación del perro hace unos 30.000 años cambió esa primera aproximación y condujo lentamente hacia enfoques más utilitarios respecto al mundo animal (Thalmann y cols., 2013), surgiendo la precondition necesaria para la domesticación de las especies ganaderas, y la primigenia tecnología de arreo y encierre. Entre la domesticación del perro y el inicio de la ganadería, el hombre empezó a asentarse en los valles fértiles donde empezaron a sembrar los granos recolectados y los animales dejaron de ser cazados para ser confinados y criados como rebaños propios. Serán varios miles de años de historia los que se requerirán para esta transformación cultural y tecnológica.

En un principio la observación de las especies animales por parte del hombre y la praxis de la cacería le permitieron identificar individuos de mayor docilidad, lo que debió ser el punto de partida para la captura y encierre de animales vivos. Esto que nos puede parecer una obviedad requiere imaginarse un mundo donde nunca antes había existido un cerco y un rodeo, perro incluido, y donde un conjunto de invenciones tecnológicas, consideradas desde nuestra óptica como extremadamente rudimentarias, debieron ser inventadas y adoptadas para posibilitar que las especies animales salvajes fueran capturadas y manejadas bajo lo que hoy llamamos ganadería. A partir de este momento el hombre asumió como actividad propia la cría de los animales, el control de su reproducción y su cuidado durante el invierno.

Se ha consensuado que los bovinos fueron domesticados hace 11.000 años aproximadamente en Mesopotamia (Lira, 2010) y los ovinos hace unos 10.000 años en Irak (Meadows, 2014). Es interesante notar que la primera acción del hombre para el surgimiento de la práctica ganadera fue elegir individuos con un comportamiento de mansedumbre diferencial respecto al resto de la población animal, es decir, la selección fue el primer concepto técnico de construcción de la ganadería, sin que nuestros ancestros tuvieran referencia alguna a que ello favorecería de ahí en adelante un cambio genético en dichas especies. En este sentido, la domesticación fue un proceso a través del cual el hombre cambió la conducta, apariencia y anatomía de los animales en la búsqueda de suplir sus necesidades.

Estos cambios introducidos por la domesticación, afectarán entre otros, el tamaño y forma de los cuernos, las dimensiones corporales, las alzas, los colores de capa, la facilidad de ordeño, de parto, habilidad materna, etc. (Davis, 1989). El efecto de este actuar cotidiano y de la dispersión del ser humano a través del planeta generó diferenciaciones dentro de estas especies domesticadas tanto en lo morfológico, como en lo fisiológico, productivo y conductual, lo cual derivó en la formación de agrupamientos o razas dentro de cada especie, las que exhibieron distintas utilidades dentro de la realidad ganadera.

En Chile, desde la colonización española (1542) hasta temprano en nuestra historia republicana (1839), todos los ovinos y bovinos eran de origen ibérico (Actas del Cabildo de Santiago, 1542; Gay, 1862). Los primeros bovinos y ovinos llegaron a Chile hacia 1542 (Actas del Cabildo de Santiago, 1542; Primo, 1992), donde los bovinos provenían de poblaciones Pirenaicas lo que les confería una mayor proximidad genética con las actuales razas Retinta, Berrenda, Cacereña y Andaluza negra (Primo, 1992); por su parte los ovinos provenían del tronco Churro y Castellano (De la Barra y cols., 2011). Ya en Chile, estos animales de origen ibérico estuvieron casi 300 años adaptándose a las distintas condiciones agroecológicas del país, con una presión de selección natural muy intensa dada la alta mortalidad de crías que se producía (Gay, 1862).

En este periodo de tiempo la visión de los ganaderos sobre la genética es muy similar a la del largo proceso de domesticación, es decir, se valora la mansedumbre del animal y una cierta morfología “adecuada”, que implica idealmente ausencia de cuernos y un cuerpo con piezas cárnicas lo más grandes posibles. Siguiendo estas ideas simples cada año se elegían los toros a utilizar como reproductores (Gay, 1862; Tornero, 1875). En rigor, en esta etapa la genética se practicaba, pero no se conocía. Y aunque el concepto de raza si se conocía, no es parte de la realidad ganadera nacional. El concepto que regía el manejo de lo deseable en el rebaño era la elección de “buenos” animales, lo que se refrendaba en su mansedumbre y unas pocas características físicas.

Desde 1838 hasta 1920 los ganaderos del país iniciaron una creciente introducción de reproductores ovinos y bovinos al país, especialmente procedentes de Europa (Corfo, 1962). En esta etapa tampoco se usaba el término genética sino calidad racial. Se buscaban razas ovinas y bovinas de "buena" habilidad materna y de alta expresión carnicera, y ovinos de lana más fina, blanca y de mayor largo de mecha. No obstante, la mansedumbre seguía siendo basal. En esta primera etapa del desarrollo ganadero del país hubo un mayor énfasis en el desarrollo corporal y en algunas características productivas, donde el mecanismo fundamental fue la raza ya que se entiende que pronostica características que luego aparecen en la descendencia de manera similar a la que se aprecia en los progenitores. Por lo tanto, el concepto que rigió el manejo de lo deseable en el rebaño en este periodo fue la elección de "buenas" razas, las que debían poseer toros o carneros campeones en exposiciones que premiaban básicamente su expresión corporal, pero donde también donde se exigían certificados de raza, de registro genealógico y algunos antecedentes productivos.

Un segundo período de intensa importación de genética ocurrió entre 1939 y 1960, a través de programas de fomento ganadero de la Corporación de Fomento a la producción (CORFO). En esta etapa la raza sigue siendo la herramienta central de empaquetamiento de la genética, aun cuando la inseminación artificial hizo su aparición. En esta etapa ya se empieza a hablar de calidad genética. Ya no basta con que los animales fueran de una "buena" raza, sino que debe haber antecedentes productivos de respaldo. Surge como énfasis la aptitud especializada de la raza, y también se multiplican los criaderos nacionales de reproductores ovinos y bovinos que adquieren la práctica de promocionar el conjunto de atributos ligados a una cierta habilidad productiva de cada raza, y que se promueven junto a los reproductores, acompañados además de algún tipo de registros de respaldo, así como registros genealógicos asociados. En este periodo en los bovinos la inseminación artificial llegó a ser tan importante como el uso de toros; en cambio en ovinos el carnero sigue siendo el principal modo de empaquetamiento de la genética. Se importaron reproductores de razas ovinas especializadas en carne y lana; y razas de leche y carne en bovinos (Corfo, 1962). El concepto que rige el manejo de lo deseable en el rebaño es la elección de "buena" genética, lo que se debía refrendar en antecedentes productivos y genealógicos. Se entiende que la "buena" genética regía la conducta, la expresión corporal y especialmente el rendimiento productivo.

Un tercer período de importación de material genético se da en torno y posterior al proceso de reforma agraria (1962-1981), y al retorno a la democracia de 1990 en adelante. En esta etapa aumenta el *pool* (repertorio) genético de las razas ovinas y bovinas presentes en el país (Avendaño y cols., 2001) y se activa un proceso de importación de un gran número de razas no presentes en el país

ligadas al concepto de innovación, alcanzándose a disponer en la actualidad de 16 razas bovinas y 46 ovinas. Aparece el concepto de mejoramiento genético por la vía de selección en base a evaluación cuantitativa, el uso de polihíbridos, y se amplía el uso de inseminación artificial, especialmente en ovinos. Comienza a utilizarse la transferencia de embriones, perdiendo importancia el uso de reproductores de raza pura y los registros genealógicos. También se inicia lentamente el uso de tecnología ligada al ADN (genética molecular), primero en estudios académicos, para aparecer en la última década algunos servicios especializados para la identificación de aspectos del genoma de valor productivo. Se habla en simultáneo de "buena raza", "buena genética", pero el concepto de "buenos genes" predomina de forma creciente. Se instala la concepción de que los genes regulan cada característica del animal, y que lo relevante es conseguir animales que posean esos genes, por lo tanto, el concepto que comienza a regir el manejo de lo deseable en el rebaño es la elección de animales que porten esos "buenos" genes, lo que en algunos casos comienza a relativizar el valor de la raza y los antecedentes productivos y genealógicos. En este momento, los rankings de evaluaciones cuantitativas utilizando el método BLUP (Capítulo 4) y los chips de ADN son el sinónimo de que un animal posea o no "buenos" genes. Lo interesante de esta etapa es que se comienza a tener una comprensión más integral de la herramienta genética. Se conoce que la conducta, la corporalidad y la producción son conducidas por genes, y se ha encontrado la forma de observarlo o verlo, ya fuera directamente o a través de registros y evaluaciones, pero a través de la concepción de genes y de la tecnología del ADN se comienza a comprender la regulación genética de los circuitos bioquímicos simultáneos y entrecruzados que hacen posible el funcionamiento integral de los animales. Es decir, se comienza a entender la regulación que hacen los genes de los procesos que permiten la morfología corporal, la dinámica productiva y los aspectos conductuales, con lo cual se podría plantear que había una situación prometedora en cuanto a explotar el potencial mayor de la herramienta genética. No obstante, si bien hay una mayor comprensión del rol de los genes en los diversos aspectos constitutivos del animal, también es cierto que existe una integración deficiente de ellos para aplicarlos ordenadamente al proceso productivo y conseguir con ello el mayor rédito. Asimismo, se da una cierta incomprensión de la influencia simultánea de los genes en diferentes procesos biológicos implicados en el funcionamiento del animal. Ello hace que se privilegie una visión lineal del mejoramiento genético, donde era posible y deseable seguir descartando genes "no útiles" mediante selección y profundizar la acumulación de genes "útiles" para aumentar la producción, pues había convicción de que lo que se descartaba no tendría impacto en el conjunto de utilidades diversas que requiere el animal para desempeñarse diariamente. De igual manera, esta comprensión desbalanceada de la selección y mejora genética hace que se insista vía inseminación en determinadas líneas genéticas

muy ventajosas productivamente, pero que incrementaban el emparentamiento (endogamia) en los rebaños, lo cual iba reduciendo las posibilidades futuras de la ganadería nacional. Es por esto que se genera cierto enfrentamiento entre las áreas de mejoramiento genético animal propiamente tal y la conservación de los recursos genéticos, donde pareciera que lo primero es “progreso” y lo segundo es “romanticismo”. Al respecto, es necesario comprender que destinar recursos a conservar la diversidad genética es inversión a futuro, pues el mejoramiento genético exclusivamente en base a importaciones de genes foráneos puede llevar a pobreza (genética y económicamente hablando) futura.

Afortunadamente en los últimos años ha surgido interés del sector privado por el rescate de la genética local y una revalorización de los criaderos nacionales de razas comerciales que den garantías sobre sus reproductores, no sólo en términos sanitarios, sino también raciales y con evaluaciones genéticas sobre valores productivos.

Esta reconfiguración de la genética animal ha sido acompañada también de una transformación científico-tecnológica en el mundo académico y de investigación. De los estudios meramente prediales y de desempeño productivo de los animales se ha evolucionado hacia evaluaciones de raza multiprediales, a estudios de adaptación, de genética cuantitativa y molecular. Ello ha incrementado el análisis de la normalidad de las poblaciones animales existentes, la homogenización de metodologías de trabajo y la articulación entre las instituciones y el mundo privado, muchas de las cuales se han plasmado en publicaciones científicas.

En el cuadro 2.1 se presentan los estudios realizados en razas ovinas y bovinas presentes en Chile. Se puede apreciar que en las razas bovinas casi la mitad de los estudios realizados al año 2012 eran en genética (genética molecular más genética cuantitativa, 48,1%). En ovinos la proporción era un poco menor (genética molecular más genética cuantitativa, 43,3%). En este sentido, la situación era auspiciosa, especialmente cuando empiezan a realizarse los primeros estudios de adaptación, es decir, de cómo la genética del animal se adecúa a las condiciones cambiantes del entorno, y también algunos esbozos sobre la plasticidad adaptativa no explicada por las variaciones de los genes. Por tanto, se está a las puertas de avances significativos en la comprensión global de cómo se va autorregulando la biología animal en su relación con el entorno y con nosotros. No obstante, en este escenario hay que preguntarse qué validez o importancia tiene entonces el concepto de raza y qué utilidad puede prestar bajo una comprensión amplia del fenómeno genético.

Cuadro 2.1. Tipos de estudios realizados en razas ovinas y bovinas presentes en Chile.

Estudio	Razas bovinas (%)	Razas ovinas (%)
Genética Molecular	18,5	15,9
Genética Cuantitativa	29,6	27,4
Morfología	7,5	20,4
Producción	44,4	31,8
Adaptación	0	4,5

Se expresa el cien por ciento en cada columna (Extraído de De la Barra, 2012a).

2.2 La biología de la diferenciación racial.

El mamífero es un andamiaje biológico de tejidos, órganos y estructuras que comprenden unas 200 clases distintas de células. Un animal adulto implica el funcionamiento en conjunto de 10 billones de células aproximadamente. Toda esta complejidad en cuanto a cantidad y tipos celulares requiere regulaciones precisas de la expresión de genes para su adecuado funcionamiento. En un inicio, todo debe construirse y ensamblarse a partir de un único óvulo fecundado (Figura 2.1). Es lógico que para que desde esta estructura primigenia ocurra una transformación y desarrollo hacia el animal adulto, se requiera de un mecanismo de multiplicación meticoloso y coordinado que posee inevitablemente una memoria de copiado y de diferenciación celular precisa. Como ya vimos (Capítulo 1), este mecanismo instruccional proviene del genoma de cada especie y las diferencias entre especies, razas e individuos tienen su base en las diferencias que hay en ese genoma.

Qué genes gobiernan una determinada característica puede ser altamente complejo dado que el genoma de los bovinos y ovinos se organiza en unos 22.000 y 25.000 genes para cada especie, respectivamente. No obstante, dentro de cada especie se mantiene cierto nivel de variación, la que también puede seguir patrones que se replican con cierta continuidad de generación en generación. De esta manera surge la raza, y dentro de ella las estirpes y las líneas genéticas.

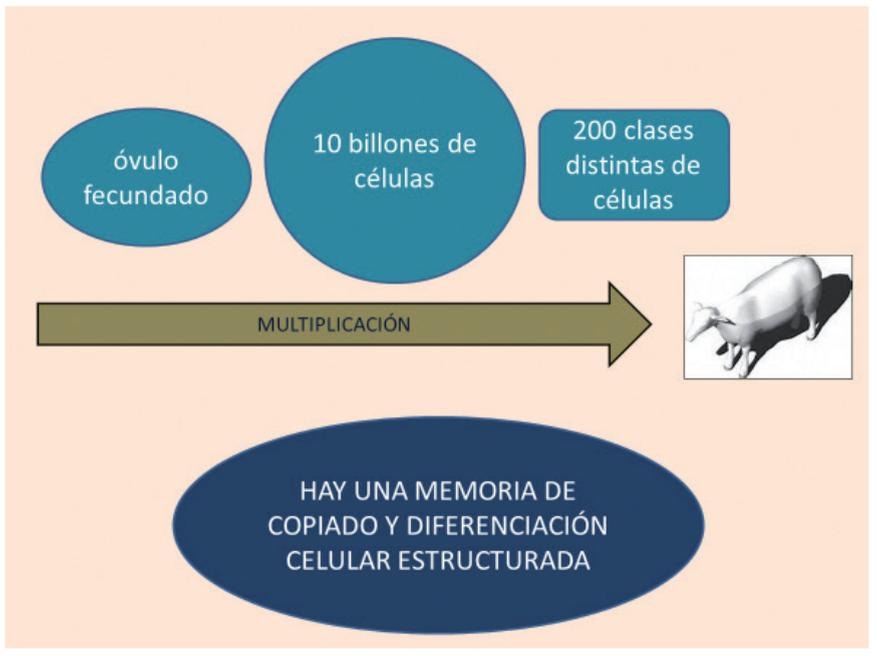


Figura 2.1. El patrón de especiación (Fuente: Elaboración propia).

La raza entonces surge como un patrón intraespecie de replicación múltiple de caracteres. A nivel mundial en bovinos se identifican unos 1.224 patrones intraespecie o razas y en ovinos unos 1.313 (FAO, 2015). Al respecto se debe considerar que, así como las especies, las razas de desarrollan bajo dinámicas poblacionales por lo cual hay rangos de variabilidad de sus caracteres dentro del patrón que los describe. Esa variación subyacente es lo que mantiene la capacidad de adaptación de la raza y, al mismo tiempo, la fuerza que determina su diferenciación en el tiempo.

El primer fenómeno biológico que presiona a la diferenciación en la población animal es la deriva génica, que corresponde a un cambio en la frecuencia con la que se presentan los distintos genes dentro de una población animal, especialmente en poblaciones pequeñas. Si afirmamos que una raza es un conjunto concreto de genes, en el marco de la variabilidad de una especie, ello implica que habrá una cantidad de genes con una presencia tal de cada uno, que en conjunto permiten la expresión conocida de esa raza o fenotipo: morfología, fisiología, conducta y producción. Si la proporción o frecuencia con que están presentes esos genes varía, entonces aparecerán variaciones en los aspectos morfológicos, fisiológicos, conductuales y productivos que definen esa raza.

Este cambio en la frecuencia de genes se produce cuando un grupo de animales es separado de su población para fundar una nueva sin portar la cantidad de genes representativos de toda la población racial inicial. Ello se denomina efecto fundador. Por ejemplo, si en una raza hay animales con cuernos y sin cuernos y al llevar reproductores hacia otro lugar donde no está la raza se llevan solo animales sin cuernos, entonces la población que se fundará empezará a diferenciarse de la original por la ausencia total de cornamentas. Otro factor que genera la deriva génica es cuando un evento climático extremo o una enfermedad elimina una parte importante de la población, generando un cuello de botella poblacional. Por ejemplo, en una hambruna los animales más grandes (los que poseen mayor cantidad de genes de crecimiento y desarrollo muscular) tenderán a morir primero. Si la mortandad es grande la población sobreviviente perderá talla y porte. Una extracción masiva de animales de una población también puede generar deriva génica. Por ejemplo, una venta grande (exportación) de vaquillas seleccionadas por ciertas características como puede ser un determinado color de capa, provocará que la descendencia cambie de coloración.

En estos procesos debemos también considerar que nunca se pierde una característica sola, ya que cuando un animal se extrae o se muere, lo que deja de reproducirse en nuestra población es una combinación completa de todo el patrón racial, un conjunto de genes. Por ejemplo, en un estudio realizado en 2009 en diferentes razas ovinas presentes en Chile se encontraron variantes de genes (alelos) únicas en algunas de esas razas (Figura 2.2). Ello implica que la información que codifican esos genes sólo lo poseen esas razas y ninguna otra

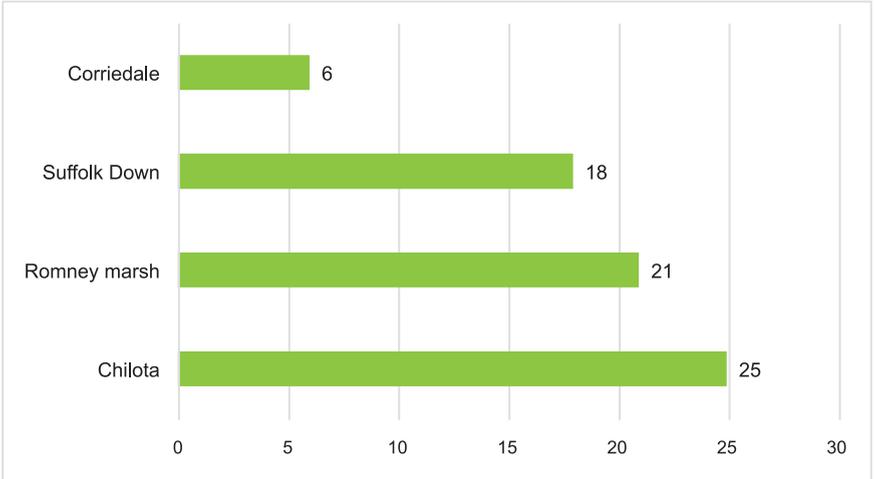


Figura 2.2. Alelos propios de razas ovinas presentes en Chile (Extraído de De la Barra y cols., 2010).

de las evaluadas. La raza ovina Chilota presentó 25 variantes genéticas que no poseían las otras razas, Romney Marsh 21, Suffolk Down 18 y Corriedale 6 (De la Barra y cols., 2010). Si ello es producto de la deriva génica no lo sabemos, lo que sí sabemos es que, si esas variantes se pierden por mortandad o extracción de animales, lo que sea que codifiquen ya no estará disponible, y esto podría repercutir en cualquier aspecto de la biología de esa población. Este tipo de consideraciones son importantes para determinar el valor de conservación de las razas y de los individuos, a fin de no perder diversidad genética.

Otro factor que también aporta a la diferenciación de las poblaciones animales es la migración (Figura 2.3). Las migraciones de animales domésticos tienen la particularidad de que raramente son de ida y vuelta como en las especies silvestres. En general se habla de migración cuando se extrae una cantidad importante de reproductores. Por ejemplo, si se extrae una gran cantidad de hembras de una población para exportar o faenar, se afecta la tasa de reproducción de la población y se puede favorecer un cambio genético producto de la habilidad biológica de quienes quedan en la población. De igual manera puede ocurrir si se vende una gran cantidad de carneros o toros jóvenes y se deja el saldo para continuar la reproducción de la población. Hoy en día la inseminación artificial cumple en rol migratorio en la genética, el cual no es claramente percibido por los actores relacionados a la genética ovina y bovina, y está impulsando fenómenos de diferenciación racial acelerados.



Figura 2.3. Fuerzas de diferenciación genética en el animal (Modificado de Aldana y Delgado, 2016).

Un factor importante de diferenciación de la población animal es la endogamia o cruzamiento entre individuos emparentados. La endogamia genera consanguineidad y ello hace que muchos genes recesivos se expresen, con lo cual aparecen características indeseables (por ejemplo, la reducción de los parámetros reproductivos) y otras poco comunes (Naylor y cols., 2005). Si los individuos se hacen viables reproductivamente, entonces las características indeseables o raras aumentarán su frecuencia en la población generando diferencias con la población original. Muchas razas se han generado por aislamiento geográfico donde el factor determinante de su diferenciación ha sido la reproducción endogámica. Este factor está presente de forma invisible en nuestra ganadería nacional. Cuando no se llevan registros prediales que permitan saber quiénes son los padres de cada reproductor y muchos ganaderos intercambian reproductores con sus vecinos o dentro de su localidad, o, peor aún, generan ellos mismos su propio carnero o toro, entonces la velocidad de avance de la reproducción endogámica es altísima (De la Barra y Carvajal, 2020). La endogamia hace que aumente la cantidad de pares del mismo gen o expresiones homocigotas (ej: AA, BB, etc.) en una población en perjuicio de los heterocigotas (Aa, Bb, etc.) por sobre lo que es esperable en una situación de equilibrio. Hoy en día a través del análisis de ADN podemos calcular la cantidad de heterocigotos existentes (Heterocigosidad observada, H_o) y compararlo con la cantidad de heterocigotos que debería haber en un estado de equilibrio (Heterocigosidad esperada, H_e); la diferencia entre ambos parámetros nos informará si hay déficit de heterocigotos (endogamia) o por el contrario más de lo esperado (exogamia).

En un estudio realizado en animales de la raza ovina Chilota en distintas islas y localidades, se pudo constatar que en las islas de Apiao y Caucahué había un déficit de heterocigotos y por tanto endogamia, equivalente a un 7,37% y 11,04%, respectivamente (Indicador Fis, Cuadro 2). En la localidad de Cucao había un 11,24% de déficit de heterocigotos mientras que en la isla de Quinchao había superávit de heterocigotos, es decir había exogamia, lo cual indicaba que se habían introducido a la población genes externos.

Cuadro 2.2. Heterocigotos observados (H_o), esperados (H_e) y déficit (Fis) en ovinos de raza Chilota en distintas localidades de Chiloé.

Localidad	Nº de animales	H_o	H_e	Fis
Apiao	9	0,6119	0,6457	0,0737
Cucao	13	0,6857	0,7826	0,1124
Caucahue	9	0,6943	0,7219	0,1104
Quinchao	9	0,7114	0,6906	-0,0845

Fuente: De la Barra (2015).

Finalmente, la otra fuerza determinante en la diferenciación de las poblaciones animales es la selección, ya sea natural o antrópica. En general, en los ovinos y bovinos de pastoreo la selección es una fuerza de origen compuesto donde la selección del hombre ocurre inmediatamente después de la natural. Ambas son las grandes gobernadoras del cambio de las poblaciones raciales.

En la figura 2.4 se puede apreciar cómo una raza que posee registro genealógico y control de selección a través un reglamento de raza igualmente sufre variaciones en el tiempo. En primer lugar, se observa a la raza ovina Southdown con notorios cambios desde 1954 a 2008, donde se ha estilizado corporalmente, con una mayor alzada, mayor largo de tronco, mayor desarrollo muscular en las piernas y menor cantidad de lana. Por otra parte, la raza bovina Aberdeen Angus entre 1910 y 2011 exhibe algunos cambios de conformación, especialmente en el desarrollo muscular de piernas, cuello y pecho, y en la longitud corporal. Evidentemente las imágenes no nos permiten apreciar cambios fisiológicos ni conductuales, pero sin duda han de haber ocurrido. Es claro que hay un proceso de diferenciación producto de la selección que los criadores usan a favor de ir moldeando un animal de mayor productividad biológica y utilidad comercial, o incluso por aspectos estéticos.

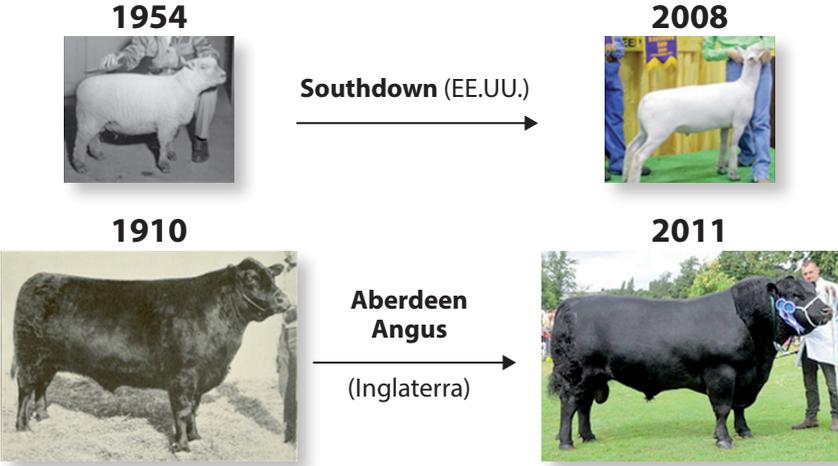


Figura 2.4. Evolución del patrón racial (Fuente: Elaboración propia).

2.3 La formación de razas ganaderas.

Los mecanismos biológicos que operan tras la variación animal y la influencia que tienen los ganaderos en algunos de ellos como la selección y el manejo de la reproducción de los rebaños, puede derivar en procesos de formación racial o simplemente disturbar el patrón de características de la población sin llegar a constituir un nuevo patrón estable. Para poder hacer una distinción entre la formación de un patrón de características y un disturbio temporal es necesario recurrir al concepto de raza.

Desde la domesticación de las especies de producción los ganaderos han percibido intuitivamente que ciertos grupos de características son propias y tienden a mantenerse en una población animal. Ello era posible observarlo y a la vez permitía intencionar el cómo se quería que fueran las poblaciones al futuro al simplemente elegir reproductores que portaran ese conjunto de características “estables”. En eso ha residido el valor productivo de las razas, en predecir un formato productivo futuro del rebaño desde la observación actual de los reproductores. Se puede mejorar genéticamente un animal para determinada característica, pero el ganadero requiere que esa mejoría ocurra en un contexto de un sinnúmero de otras características que se deben mantener estables junto a la característica ventajosa. Por ejemplo, se elige un carnero Suffolk Down cuya evaluación genética señala que tiene la mayor cantidad de genes asociados a una alta tasa de ganancia de peso y, por ende, rendimiento carnicero. No obstante, nos interesa que esa característica se de en el contexto de un animal muy caminador, vigilante de depredadores, hábil en la búsqueda de alimento, con patas firmes para suelos pedregosos y pendientes escarpadas, que produzca 300-500 mL de leche en lactancia temprana, con lana corta y cara despejada. Es decir, se desea un ovino Suffolk Down que mantenga estable en el rebaño todo el paquete de utilidades que ofrece la raza, y que además tenga una tasa de ganancia de peso mayor que lo que la raza tenía antes. Si la adopción de la nueva característica conlleva un cambio de alguna de las otras, habría que evaluar la decisión. Si la nueva característica fuera a cambio de la estabilidad futura del conjunto de atributos, sería totalmente desaconsejable hacerlo. Entonces, para los desafíos productivos y comerciales de la ganadería es necesario definir un marco técnico sobre qué es lo que constituye un patrón intraracial estable de atributos y lo que no (Sponenberg, 2014). Para ello se debe fijar una definición metodológica de raza a fin de poder explicitar los atributos del concepto y poderlos medir de forma objetiva. Desde este punto de vista operativo los elementos constitutivos de una definición racial son:

- a) Que se refiera a una población
- b) Que esa población posea atributos diferenciales con respecto a una metapoblación (conjunto de razas de la misma especie).

- c) Que la variabilidad de los atributos diferenciales en dicha población sea acotada.
- d) Que los atributos diferenciales se hereden como conjunto a la descendencia.
- e) Que haya estabilidad intergeneracional en la variabilidad del conjunto de atributos diferenciales.

Estos conceptos han sido incluidos en una definición metodológica que permite un uso operativo en el trabajo con razas (Figura 2.5).

Esta definición permite medir y discriminar entre los grupos animales que llegan a constituir o no un grupo racial. El objetivo evidentemente no es cuestionar las razas existentes, sino establecer parámetros mínimos para considerarlas como tales, poder mejorar su condición, y rescatar y empaquetar la genética desarrollada en distintas zonas durante la evolución de la ganadería.

Definición metodológica de raza animal

Una población animal con caracteres morfológicos, fisiológicos o psicológicos dentro de rangos acotados y propios, por los que se les distingue de otras poblaciones de su misma especie y que son transmisibles por herencia dentro de un margen de fluctuación conocido y estable en el tiempo.

Figura 2.5. Concepto de raza animal usada para estudios (Fuente: Elaboración propia basada en Sierra, 2001).

Durante la última década y utilizando esta definición operacional se han podido evaluar distintos procesos de formación racial en Chile. Algunos por rescate de resabios de genética antigua aislada, otros por estabilización de cruzamientos controlados y otros por selección direccional de polihíbridos.

El rescate de resabios de genética antigua que se ha mantenido aislada en el territorio se ha realizado entendiendo que pudiese ser valioso identificar aspectos biológicos del genoma que han resultado exitosos en la adaptación a condiciones específicas del territorio nacional (Mujica, 2006; De la Barra y cols., 2018a). Un ejemplo de este tipo de formación racial es el rescate de las razas ovinas Chilota y Künko (De la Barra y cols., 2011; De la Barra y cols., 2016a). Ambas corresponden a diferentes adaptaciones de ovinos de origen ibérico mantenidos en aislamiento por casi 450 años, la primera en el archipiélago de Chiloé y la segunda en la Cordillera de la Costa al este de las ciudades de la Unión, Osorno, Frutillar y Puerto Varas (De la Barra y cols., 2018b). En este tipo de procesos de formación racial es muy importante que exista diferenciación de la población racial en cuestión con la(s) raza(s) de origen y con las poblaciones actuales de contacto. En la Figura 2.6 se resume un estudio de ADN realizado en el rescate de la raza Chilota estimando el grado de relación con otras razas ibéricas. Se puede ver su proximidad genética con las razas Churra y Castellana (a), así como la divergencia de esta genética originaria (b), donde la raza Chilota aparece como una variante genética surgida de dicho *pool* de genes, pero luego de las razas Merino Preto, Castellana, Merino español, Merino de Beira-baixa y Churra.

Es importante también estimar el inventario de la posible nueva población racial, para lo cual se han de levantar primero sus descriptores. En el Cuadro 3 se muestra el resultado del inventario realizado para cuantificar la existencia del biotipo racial del ovino Künko, donde se puede apreciar el tamaño pequeño de los rebaños, lo cual es muy relevante para consideraciones de conservación, pero también la presencia de cada una de las razas en el territorio. Por ejemplo, es llamativo el grado de penetración de la raza Suffolk Down en la comuna de Osorno, la reducida participación de Romney Marsh en todo el territorio y la proporción del biotipo Künko en distintas comunas que comprenden la cordillera de la Costa en la región de Los Lagos y también en la región de Los Ríos, con una mayor presencia en las comunas de San Juan de la Costa y San Pablo.

Debido a que la raza es un concepto identificable visualmente, la medición de rasgos exteriores en un aspecto central, pues independientemente de las variables fisiológicas, productivas y conductuales que posea un grupo racial, debe haber un conjunto descriptivo de aspectos que sean morfológicos y por lo tanto fácilmente observables para el ganadero, tal como se describe en la Figura 2.7. Las dimensiones corporales permiten proyectar las utilidades del animal; una mayor longitud, profundidad, ancho y perímetro torácico están relacionadas a un mayor rendimiento cárnico, una mayor alzada permite una mejor adaptación de pastoreo a zonas escarpadas y mejor aptitud de fuga, y un mayor ancho de la grupa se asocia a habilidad materna. Estas medidas permiten saber la ubicación de la arquitectura del reproductor en el contexto de su raza e

identificar aspectos del animal a mejorar en la selección, para lo cual se deben tener antecedentes poblacionales de las razas (Cuadro 2.4).

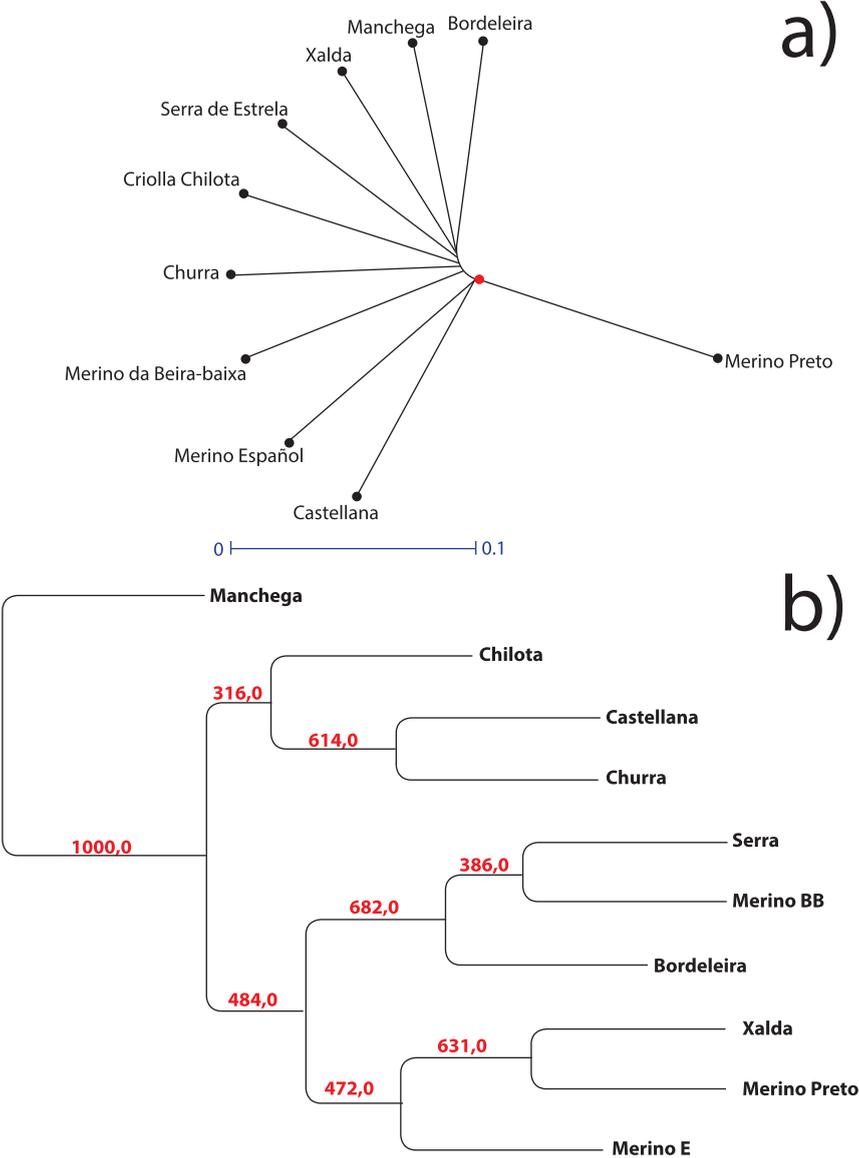


Figura 2.6. Divergencia de origen (a) y distancia genética con razas ibéricas (b) de la raza ovina Chilota (Extraído de De la Barra y cols., 2011; 2012).

Cuadro 2.3. Inventario de biotipos raciales ovinos en la Cordillera de la Costa de las regiones de Los lagos y Los Ríos. Valores como frecuencia (%).

Comuna	Tamaño Medio del Rebaño	Biotipo Suffolk Down	Biotipo Romney Marsh	Biotipo Küinko	Híbridos no clasificables
Mauullín	28,7	38,7	3,5	7,4	50,4
Fresia	19,4	52,5	4,4	14,2	28,9
Purranque	20,4	37,9	0	9,1	14,7
Río Negro	20,0	21,3	6,7	17,1	55,0
Osorno	36,7	80,93	3,1	11,7	4,3
San Juan de la Costa	17,7	15,2	4,7	37,0	43,1
San Pablo	15,3	26,6	10,7	27,4	35,3
La Unión	15,6	18,6	9,3	17,9	54,3
Total	20,0	39,3	5,2	19,8	35,6

Extraído de De la Barra y cols. (2018b).

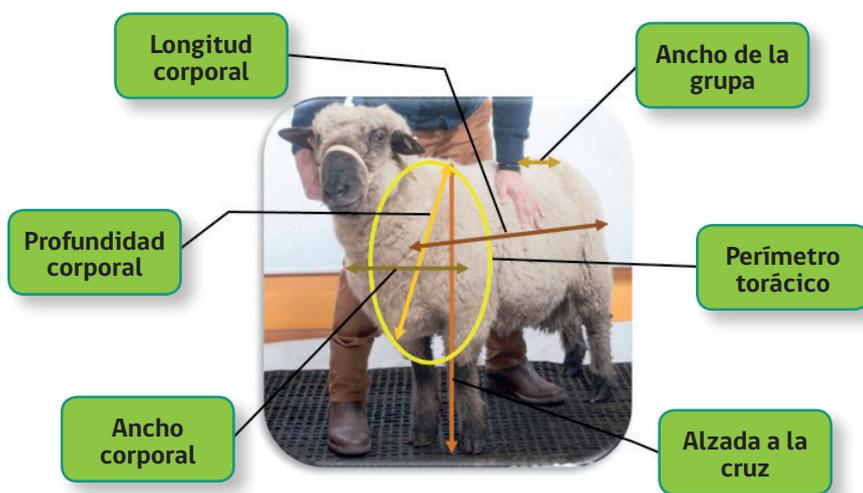


Figura 2.7. Dimensiones corporales de interés productivo y racial (Fuente: Elaboración propia).

Cuadro 2.4. Medidas corporales de razas ovinas presentes en Chile. Valores promedio (cm).

Raza	Perímetro torácico	Alzada a la cruz	Profundidad corporal	Ancho corporal	Longitud corporal	Ancho de la grupa
CO	93,7±9,7	64,9±3,2	30,0±2,7	26,7±3,6	70,3±5,1	18,4±1,4
TE	110,7±7,4	65,5±2,4	34,0±2,5	31,2±3,2	75,1±3,7	18,4±2,3
DO	107,3±12,9	67,2±4,4	34,3±2,4	29,6±4,8	80,0±6,2	18,4±2,1
SD	105,7±8,7	66,6±3,5	33,6±1,8	27,9±3,2	77,6±4,5	18,2±2,0
4M	90,2±4,8	69,1±2,6	31,0±1,7	22,7±2,0	75,4±4,0	20,1±0,9
CHI	91,7±4,8	63,7±2,6	31,3±1,9	22,4±2,5	71,8±4,1	21,8±2,0
RM	95,7±4,9	63,1±2,6	32,8±1,6	24,6±2,7	76,4±2,5	17,3±1,3

CO= Corriedale; TE= Texel; DO= Dorset; SD= Suffolk Down; 4M= Marin Magellan Meat Merino; CHI= Chilota; RM= Romney Marsh (Extraído de De la Barra y cols., 2015b y 2016b).

Con los atributos exteriores de la raza en estudio se deben hacer análisis de comparación con otras razas para diferenciarlas y poder identificar los descriptores principales. Sin embargo, un aspecto esencial es estimar la consistencia de la agrupación racial propuesta haciendo pruebas de ADN para identificar la proporción de individuos que tienen correspondencia genética con la nueva formación racial. En la Figura 2.8 se aprecian los resultados de dos análisis de ADN, por un lado pruebas realizadas en 7 razas ovinas, incluida la raza Chilota (a y b), y por otro pruebas de pureza racial realizadas a otras cuatro razas ovinas presentes en Chile. En a) se muestra el nivel de consistencia o verosimilitud de los agrupamientos genéticos formados, donde el mayor nivel se alcanza en 6 agrupamientos. Esto quiere decir que en las poblaciones analizadas hay seis agrupamientos consistentes o seis estructuras genéticas claras, lo cual indica que no todas las poblaciones analizadas poseen una estructura genética diferenciada, dado que se analizaron siete poblaciones. Por esta razón, en b) se muestran en color y numeradas las estructuras genéticas diferenciadas según el grado de verosimilitud. En el agrupamiento de mayor verosimilitud (K=6) la raza Chilota (número 4) presenta una clara diferenciación de las otras razas, comportándose como agrupación racial igual que Romney Marsh (Ro, número 7), Corriedale (Co, número 6), Merino (Me, número 3 y Manchega (Ma, número 2). En cambio, Churra (Chu) y Castellana (Ca) forman una estructura genética poco diferenciada entre ellas. Finalmente, en c) se muestra el resultado del análisis de pureza de cuatro razas presentes en Chile. Se puede observar que el 95,2% de las ovejas Chilotas posee consistencia con la estructura genética propia de la raza, Corriedale en un 97,4%, Romney Marsh en un 96,4% y Suffolk Down en un 95,4%. Es decir, todas las razas analizadas presentan un grado de hibridismo cercano al 5%.

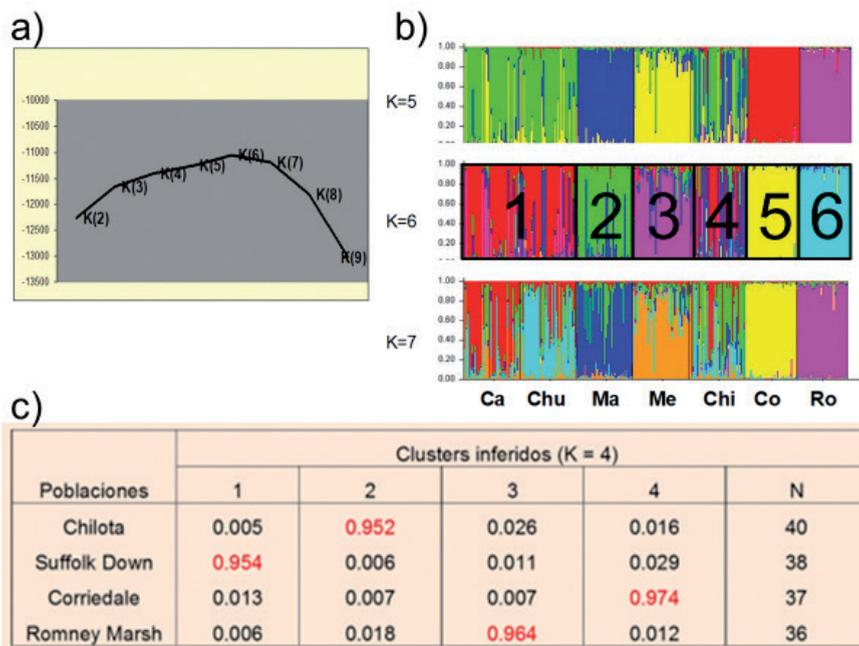


Figura 2.8. Análisis de estructura genética de razas ovinas; a) Máxima verosimilitud de la estructura genética en seis razas ovinas, b) Diferenciación de estructura genética entre seis grupos raciales, Ca= Castellana, Chu=Churra, Ma= manchega, Me= Merino, Chi= Chilota, Co= Corriedale, Ro= Romney, y c) Pureza de razas presentes en Chile (Extraído de De la Barra y cols., 2010a; 2012b).

Una vez realizados estos estudios y análisis científicos, recién se puede llegar a la conclusión de si estos procesos de aislamiento y manejo de genética ovina antigua han dado curso a un nuevo grupo racial. Describir en detalle sus habilidades productivas e inscribirlos en los registros oficiales de razas que en Chile administra el SAG es el siguiente y definitivo paso.

Otros procesos de formación de razas son generados fundamentalmente por el hombre a través de la estabilización de cruzamientos intencionados. En este tipo de procesos, lo fundamental es probar la diferenciación de atributos alcanzada y la estabilidad de esos cambios en el tiempo. En general, en los cruzamientos se conocen los grupos raciales de origen; no obstante, se suele desconocer el nivel de endogamia, el hibridismo o efecto fundador de los mismos. En algunos casos es un cruzamiento de absorción de una raza con otra que se deja incompleto, en otros casos se genera un polihíbrido y luego se hace una selección disruptiva, y en los menos se hace un cruzamiento de porciones calculadas y fijas que se renueva permanentemente con las razas originales (ver Capítulo 5). En este último caso,

la clave del resultado está en la calidad genética de los animales de raza que se utilicen, que pertenezcan a las razas que se recomiendan y que no posean hibridismo ni endogamia importantes. En los otros dos casos el éxito del proceso descansa en que haya diferencias entre el cruzamiento y las razas utilizadas, y en la estabilización del cruzamiento obtenido de manera que a partir de un momento determinado su descendencia responda a un patrón constante.

En el cuadro 5 se presenta la diferenciación corporal de un cruzamiento absorbente del ovino Merino Australiano sobre Corriedale. Se aprecia que el cruzamiento presenta diferencias significativas en distintas dimensiones corporales con las razas que le dieron origen. Con ello se puede afirmar que el cruzamiento posee los atributos diferenciales suficientes para ser descrito como una población racial, siempre y cuando dichas diferencias sean estables entre generaciones. Por tanto, dicha estabilidad intergeneracional debe ser evaluada en el tiempo.

Cuadro 2.5. Medidas corporales de un cruzamiento absorbente de Merino Australiano sobre Corriedale estabilizado. Valores promedio (cm).

Medidas corporales	Cruzamiento (a)	Corriedale (b)	Diferencia (a-b)	Merino Australiano (c)	Diferencia (a-c)
Largo de cráneo	07,27	09,40	-2,13*	10,87	-3,60*
Ancho de cabeza	12,16	12,30	-0,14	13,48	1,32*
Ancho de la grupa	12,00	18,30	-6,30*	20,17	-8,17*
Largo de la grupa	13,13	20,40	-7,26*	17,40	-4,25*
Diámetro bicostal	30,98	28,90	2,08*	33,52	-2,54*
Perímetro torácico	88,12	92,13	-4,00	100,26	-12,13*
Largo corporal	71,04	65,90	5,14*	74,85	-3,80
Alzada de cruz	69,26	63,45	5,81*	67,25	2,01

(*) Indica que hay diferencias estadísticas significativas ($P < 0,01$; Extraído de Latorre y cols., 2011).

En el Cuadro 6 se presenta una evaluación de estabilidad de la raza ovina Marín Magellan Meat Merino (4M), observándose que la mayoría de las variables que son diferenciales para esta raza con respecto a las razas que le dieron origen no presentan diferencias estadísticamente significativas entre generaciones, lo cual indica que el formato está siendo heredado de forma estable. La única variable que denota diferencia es el perímetro torácico; no obstante, esta es una variable muy sensible al mejoramiento genético carnívoros por lo cual es deseable y se acepta dicho nivel de variación.

Cuadro 2.6. Estabilidad intergeneracional en la raza ovina Marín Magellan Meat Merino (4M). Valores promedio (cm).

Medidas corporales	Ovejas de tres años (a)	Ovejas de cinco años (b)	Diferencia (a-b)
Largo de cráneo	7,27	7,27	0,00
Ancho de cabeza	12,15	12,17	-0,02
Ancho de la grupa	12,20	11,85	0,35
Largo de la grupa	13,53	12,84	0,70
Diámetro bicostal	30,75	31,16	-0,42
Perímetro torácico	85,75	89,95	-4,20*
Largo corporal	70,28	71,63	-1,35
Alzada de cruz	68,24	70,05	-1,81

(*) Indica que hay diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$; De la Barra y cols., 2013).

2.4 Gestión de razas ganaderas

Hay aspectos básicos a tener en consideración cuando se trata de adquirir genética ganadera. Un aspecto fundamental es conocer el estado de situación real de la raza de interés. En Chile la estructura del sector ganadero de carne, tanto en ovinos como en bovinos, es jerárquico y piramidal, lo que implica que las decisiones y manejos realizados en unos pocos planteles de genética influyen de forma determinante en la potencialidad genética de la mayoría de los planteles productivos existentes, ya que en definitiva se adquieren reproductores de dichos planteles.

Si bien actualmente hay 16 razas bovinas y 46 ovinas disponibles en el país, en ambas especies sólo 10 razas poseen más de 500 vientres como población total, lo cual implica una baja presión de selección en la mayoría de las razas, especialmente en ovinos. Eso significa que los mejores reproductores se eligen entre muy pocos individuos y en muchos casos puede darse que todos los animales nacidos se utilizan como reproductores, lo cual va en contra del progreso genético de los planteles.

De las razas bovinas disponibles, 11 están inscritas en los registros oficiales del SAG y todas ellas corresponden a razas internacionales introducidas, es decir, que hay criaderos de la misma raza en otros países, no siendo una población racial propiamente chilena. De las razas ovinas 12 están inscritas en los registros oficiales y 8 de éstas corresponden a razas internacionales introducidas y cuatro de ellas son razas chilenas. Estas últimas son Chilota, Künko, Marín Magellan Meat Merino (4M) y Patagonian Robertson Merino (PRM) (De la Barra y cols.,

2018a). Todas las otras razas existentes, pero no registradas ante el SAG, carecen de las garantías mínimas que aseguren que están siendo manejadas como razas, y, por lo tanto, que puedan dar la garantía básica al ganadero de que está comprando genética de calidad. En este sentido, es necesario que los ganaderos conozcan las normativas que rigen ese factor de costo que es la genética y que a lo menos cada dos años deben considerar en sus procesos productivos (Figura 2.9).

Gestión de razas ovinas

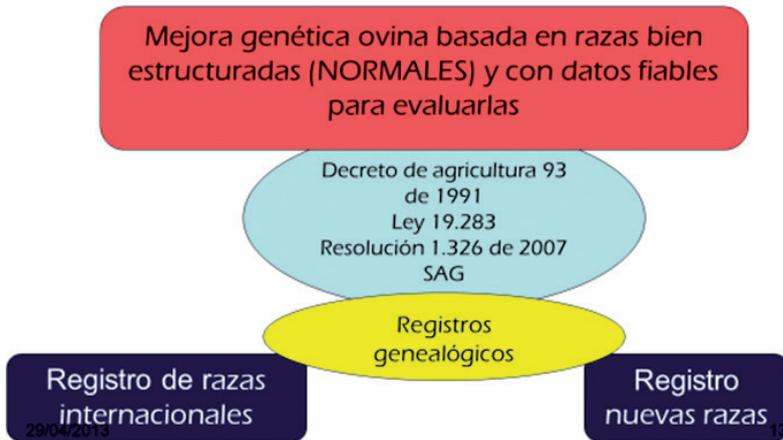


Figura 2.9. Normativa de registro de razas ganaderas en Chile (Fuente: Elaboración propia).

La genética de las razas ha de ser gestionada para poder producirla y ofrecerla con una calidad superior. No olvidemos que los reproductores o sus subproductos reproductivos (semen, embriones) son una promesa para el ganadero que las compra. Esa promesa reside en que lo que ellos observan en los animales padres del criadero (carnero, toro, rebaño de madres) lo podrá observar después en su propio rebaño al adquirir reproductores de ese criadero. Por eso se paga el diferencial que vale un toro, un carnero, una vaquilla o una borrega de “buena” genética. En este sentido, una buena gestión de esa genética descansa en garantizar los tres siguientes aspectos:

1. Que los reproductores estén sanos. Hay que considerar las enfermedades restrictivas establecidas por el SAG para ciertas zonas del país como el Maedi Visna (De la Barra y Pérez, 2009) y la Brucelosis ovina, enfermedades para la cuales existe y se recomienda a los criaderos ovinos la herramienta de

predio libre (SAG, 2014). En el caso de Bovinos lo mismo aplica a la Brucelosis bovina (Ábalos, 1995) y Tuberculosis (SAG, 2012).

2. Que los reproductores sean de raza. Para ello es importante que el ganadero pida a los criaderos antecedentes sobre el registro de la raza ante el SAG y certificados de raza de cada reproductor.
3. Que los reproductores posean evaluaciones productivas y/o genéticas. En bovinos de carne existen bastantes criaderos con larga tradición de exhibir datos que apoyan la calidad de los reproductores que venden. No obstante, es un aspecto de desarrollo reciente en muchos criaderos, especialmente en ovinos. El ganadero deben solicitarlos a fin de que los criaderos vayan incorporándolo de forma creciente. Peso al nacimiento y peso al destete del reproductor y un ranking de animales del criadero son los parámetros mínimos a requerir para la selección de un reproductor. Siguientemente, la oferta de estas evaluaciones de varios años, incluyendo datos genealógicos y comparaciones con otros planteles.

En conclusión, la raza es una herramienta de antigua data y de gran utilidad para el ganadero. Los avances científicos de la genética animal aumentan su poder y hacen más exigente el trabajo de quienes conservan las razas y producen reproductores. En este sentido, es fundamental que tanto productores como criadores no pierdan de vista que la genética es una promesa, costosa y sofisticada, que debe cumplirse para generar los impactos esperados en el sistema productivo.

Bibliografía

- Ábalos P. (1995) Control de brucelosis bovina: alternativas de diagnósticos y vacunación. *TECNO VET* 1: 1-2.
- Actas del Cabildo de Santiago. (1542) Historiadores de Chile y documentos relativos a la historia nacional. *En: Actas del Cabildo de Santiago, Tomo I*. Santiago, Chile. 604 p.
- Aldana J y Delgado JV. (2016) Una visión socio-económica de la conservación de las razas y sistemas locales basada en sus productos diferenciados. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 6: 1-15.
- Avendaño J, Cofré P, Contreras C, De la Barra R, Elizalde H, Latorre E, Lira R, Meneses R, Mujica F, Muñoz C y cols. (2005) Razas ovinas y caprinas en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias. *Boletín N°127*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. 88 p.

- CORFO. (1962) Geografía económica de Chile. Tomo IV. Fundación Pedro Aguirre Cerda. Santiago de Chile. 459 p.
- Davis FD. (1989) Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly* 13: 319-340.
- De la Barra R y Pérez G. (2009) El Maedi-visna en el ganado ovino. Informativo INIA Remehue N°67.
- De la Barra R, Uribe H, Latorre E, Arranz JJ & San Primitivo F. (2010) Genetic structure and diversity of four Chilean sheep breeds. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70: 646-651.
- De la Barra R, Carvajal A, Uribe H, Martínez ME, Gonzalo C, Arranz Jy San Primitivo F. (2011) El ovino criollo Chilote y su potencial productivo. *Animal Genetics Resources* 48: 1-7.
- De la Barra R. (2012a) Documento base de recursos zoogenéticos. PROCISUR. 78 p.
- De la Barra R, Martínez ME & Carvajal A. (2012b) Genetic relationships between Chilota and Spanish native sheep breeds. *Journal of Livestock Science* 3: 79-84.
- De la Barra R, Martínez ME, Calderón C & Latorre E. (2013) Intergenerational morphostructural stability and harmony of Marin Magellan Meat Merino ewes. *International Journal of Morphology* 31: 1455-1458.
- De la Barra R. (2015) Evidence of the relationship between the genetic distance and the site of origin in Chilota sheep. *Journal of Animal Ethnology* 1: 19-25.
- De la Barra R, Carvajal A, Martínez ME, Guarda P & Calderón C. (2016a) Differentiation and morphostructural variability of Künko biotype sheep in Los Lagos Region, Chile. *Journal of Animal Ethnology* 2: 1-8.
- De la Barra R, Martínez ME & Carvajal A. (2016b) Morphostructural relationships and productive functionality of sheep breeds used for terminal crossbreeding in Chile. *International Journal of Morphology* 34: 958-962.
- De la Barra R, Martínez ME y Carvajal A. (2018a) Conservación genética y registro de nuevas razas ovinas en Chile. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 12: 9-15.
- De la Barra R, Holmberg G, Calderón C, Martínez ME & Guarda P. (2018b) Exploration of the sheep biotypes in the Künko Territory, Los Lagos, Chile. *Journal of Animal Ethnology* 3: 1-7.
- De la Barra R y Carvajal AM. (2020) Control de la endogamia en rebaños ovinos. Informativo INIA Remehue N°236.

- Scherf BD. (2000) World watch list for domestic animal diversity. 3th Ed. FAO, Roma. 726 p
- Gay C. (1862) Historia física y política de Chile: Agricultura. Tomo I. Imprenta E. Thunet y Cía. Paris, Francia.
- Latorre E, Uribe H, Martínez ME, Calderón C & De la Barra R. (2011) Morphology differentiation and structural functionality of ewes due to uncomplete crossbreeding. *International Journal of Morphology* 29: 954-959.
- Lira J. (2010) Revisión sobre la genética del origen del ganado vacuno y las aportaciones del ADN antiguo. *MUNIBE* 61: 153-170.
- Meadows JR. (2014) Sheep: domestication. In: *Smith, C. (Ed). Encyclopedia of Global Archaeology*. Springer, New York, USA. Pp. 6596-6600.
- Mujica F. (2006) Diversidad, conservación y utilización de recursos genéticos animales en Chile. *Boletín N°13*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. 124 p.
- Naylor R, Steinfeld H, Falcon W, Galloway J, Smil V, Bradford E, Alder J & Mooney H. (2005) Losing the links between livestock and land. *Science* 310: 1621-1622.
- Primo AT. (1992) El Ganado bovino ibérico de las Américas: 500 años después. *Archivos de Zootecnia* 41: 421-432.
- Pritchard J, Stephens M & Donnelly P. (2000) Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155: 945-959.
- SAG. (2012) Plan nacional de control y erradicación de tuberculosis bovina. Resumen ejecutivo de actividades realizadas división de protección pecuaria. *Servicio Agrícola y Ganadero* 7 p.
- SAG. (2014) Certificación oficial de predios o planteles libres de brucelosis ovina (*Brucella ovis*). Especificaciones técnicas. *Servicio Agrícola y Ganadero*, Ministerio de Agricultura, Chile. 10 p.
- Sierra Alfranca I. (2001) The breed concept: evolution and reality. *Archivos de Zootecnia* 50: 547-564.
- Sponenberg DP. (2014) Desafíos en la conservación de las razas locales en los E.E.U.U. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 4: 181-182.
- Thalmann O, Shapiro B, Cui P, Schuenemann VJ, Sawyer SK, Greenfield DL, Germonpré MB, *et al.* (2013) Complete mitochondrial genomes of ancient canids suggest a European origin of domestic dogs. *Science* 342: 871-874.
- Tornero S. (1875) De la cría y propagación de los animales domésticos. *Librería del Mercurio*. 198 p.

CAPÍTULO 3

FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LA PATAGONIA VERDE PARA LA PRODUCCIÓN DE GENÉTICA GANADERA

María Eugenia Martínez P.
Bióloga, Dr. Producción Animal

Rodrigo de la Barra A.
Ingeniero Agrónomo, Investigador
INIA Remehue

3.1 Introducción

El Territorio Patagonia Verde (TPV) comprende cinco comunas y se caracteriza por estar relativamente aislado del resto de la región de Los Lagos, como consecuencia de sus características geográficas, y tener una agroecología particular. La densidad de población es mucho menor en este territorio que en el resto de la región, con poblaciones de entre 0,5 y 3 habitantes por km², que se reparten en forma dispersa mayoritariamente en sectores rurales. Los núcleos urbanos (capitales comunales) son pequeños. A esta baja densidad poblacional se le suma que la provincia de Palena ha sufrido en los últimos 15 años una despoblación progresiva a raíz de la erupción del volcán Chaitén en 2008, así como de la lejanía, el aislamiento y la escasez de servicios e infraestructuras que van llevando a las nuevas generaciones a emigrar (Sáenz, 2015). Debido a ello, los habitantes del TPV se encuentran en situación de desventaja respecto a otros territorios de Chile en cuanto a acceso a servicios o acciones para la promoción de actividades productivas, entre otros.

Por otro lado, el aislamiento geográfico contribuye a que las condiciones zoonositarias del territorio sean relativamente buenas, y posiblemente ello genera una ventaja comparativa invaluable a la hora de pensar en la producción de genética ganadera de calidad. No obstante, esta producción requiere una base productiva común a la de cualquier sistema ganadero, independiente de la especie animal y del tamaño de la explotación, donde la alimentación, el estatus sanitario y el manejo del rebaño son pilares fundamentales, sumados a las infraestructuras prediales y las capacidades tecnológicas necesarias para la gestión genética del ganado. Todos estos elementos son parte del entorno, y generan las variables ambientales a las que estará expuesto un animal y que condicionarán en gran medida la expresión de sus genes (Mazzio & Soliman, 2012). Debido a ello, a la hora de diseñar e implementar un programa de mejoramiento

genético en un plantel, es muy importante que el productor sea consciente del impacto de este efecto ambiental y de la importancia de dar a su ganado un entorno adecuado para la expresión de la genética que quiere producir. En este capítulo se revisan los aspectos cruciales del entorno del TPV para el desarrollo de una producción de genética ganadera de calidad, visibilizando las brechas que es necesario superar con el fin de que esta aspiración productiva sea posible.

3.2 Genética ganadera de calidad

Adaptada al contexto de la ganadería, la calidad genética de un animal se define como la capacidad de reproducirse sin transmitir enfermedades y entregando características ventajosas para la producción (Hunt y cols., 2004). Esta definición implica que debe existir una base animal robusta, factores ambientales que permitan una adecuada expresión de los genes de interés y factores tecnológicos que permitan un manejo óptimo de la interacción genes-ambiente. Todos estos aspectos están presentes en la Patagonia Verde, pero muchos de ellos exhiben brechas respecto a cómo deberían ser para producir genética ganadera de calidad. Los reproductores deben poder garantizar que al transmitir genes ventajosos no perjudican la sanidad del rebaño que los recibe. Así, el primer escalón de una genética ganadera de calidad es el estatus sanitario del plantel de origen del reproductor. Garantizar este estatus mediante documentación oficial es una condición basal para la oferta de genética.

Un segundo aspecto de importancia es que los animales provengan de poblaciones animales numerosas que puedan garantizar una adecuada presión de selección para elegir los animales superiores, y que correspondan a razas con las características deseadas. Por lo tanto, la existencia de razas y su documentación de respaldo será un escalón basal en la oferta de genética de calidad.

Adicionalmente, surge un entramado tecnológico de manejos que permitirán que la genética de los reproductores se exprese adecuadamente: sistema de selección, registros, identificación individual, control de encaste, alimentación, manejo de hembras y partos, revisiones periódicas, etc., serán en parte aspectos relevantes en el proceso de producción de la genética ganadera, los cuales de no existir debilitan la calidad de los reproductores en su rol de generar progenies ventajosas para la producción de quien las adquiere y usa. Sobre estas bases es posible, a través de distintas metodologías, identificar animales superiores para aquellas características productivas de interés, y de esa manera garantizar una mayor probabilidad de que la progenie de dichos animales usados como reproductores deriven en un impacto positivo efectivo sobre la producción.

3.3 Base animal

Muchos productores tienden a pensar que las razas ovinas y bovinas de mayor tamaño tendrán un mayor rendimiento en kg de carne por hectárea, por lo cual con la introducción de razas de gran tamaño mejorará automáticamente la productividad; sin embargo, esto no es necesariamente así, dado que los rumiantes de mayor peso exhiben requerimientos mayores de alimento, lo que disminuye la carga potencial (NRC 2000, 2007). Si no se cubren estos requerimientos se manifestarán problemas reproductivos, disminuyendo algunos índices como el porcentaje de preñez, y aumentando las tasas de mortalidad perinatal, y con ello disminuyendo la producción de carne por hectárea. De hecho, en bovinos se ha descrito que, bajo las condiciones productivas de Palena, animales más grandes tienden a disminuir la producción de carne por hectárea del predio (Iraira, 2017). No obstante, también hay que considerar que la producción de genética en zonas de alta exigencia adaptativa no necesariamente se realiza para utilizarse productivamente en dichas zonas, sino que se puede aprovechar la rusticidad que alcanzan los animales en este tipo de ambientes para exportar reproductores hacia zonas con mejores recursos productivos y menor exigencia ambiental. Es relevante discutir, entonces, sobre la base animal con la que cuenta un territorio y sobre los intereses y expectativas de los productores en relación a ellos. Para esto, un análisis concienzudo de las razas animales presentes, la estructura y tamaño de los rebaños y la dinámica de venta y uso de los reproductores de un territorio facilitará el identificar las brechas para llegar a producir genética de calidad. Probablemente cada raza presentará características diferenciadoras por lo que, además, se deberán definir objetivos de mejora para cada una de las razas a incluir en programas de mejora genética.

3.4 Razas ganaderas

La diversidad de razas presentes es un aspecto estratégico para que un territorio pueda hacer de la producción de genética una palanca de desarrollo. No se trata solo de tener una buena raza paterna, también se requiere la presencia de razas maternas y ofrecer alternativas que favorezcan opciones adaptativas a las distintas exigencias e intereses de los compradores de otros territorios, dedicados a la producción de carne y no de genética de alta rusticidad. Además, una oferta más amplia de características productivas de interés genera una mayor conveniencia para los adquirientes de genética de llegar al territorio, reduciendo con ello el costo de acceso. Es un error recurrente pensar que enfocarse una sola raza le permitirá a un territorio o zona concretos posicionarse mejor en el mercado; la mirada hay que realizarla desde la demanda, y no desde las facilidades que para los productores de genética (la oferta) requiere el manejar y criar una sola raza. Esto no implica que todos los criaderos de un territorio deban tener varias razas;

los criaderos de un territorio en forma individual sí pueden enfocarse en una sola raza, pero no debieran tener todos ellos la misma; es decir, la diversidad debe estar a nivel de territorio. En los capítulos 5 y 6 se analizará en detalle y por separado la situación racial en bovinos y ovinos del TPV, respectivamente.

3.5 Rebaños

El tamaño de rebaño es un aspecto relevante en la producción de genética de calidad. La identificación de animales superiores se hace sobre la base de probabilidades matemático-estadísticas, las cuales requieren seleccionar individuos candidatos desde un conjunto lo más numeroso posible, dado que, a menor tamaño de los rebaños, menor es la probabilidad de encontrar individuos superiores. Para subsanar este hecho recurrente, los rebaños pueden conectarse a través del emparentamiento con uno o varios reproductores de rebaños de escala reducida, para con dicha conexión “genética” generar condiciones de gran rebaño. Este método de trabajo se ha utilizado en diversos programas de mejoramiento genético y es la base del programa de mejoramiento genético que INIA desarrolla en la actualidad (De la Barra y Uribe, 2009; Piñeira y cols, 2019).

En el Cuadro 3.1 se muestra un análisis de 377 rebaños ovinos y 233 rebaños bovinos observados en el TPV. Si bien el número total de animales observados es alto, tanto en ovinos como en bovinos, los rebaños observados son de pequeña escala. Por tanto, para producir genética de calidad bajo este escenario, es fundamental considerar la asociatividad entre productores y la conexión genética entre rebaños de modo de poder implementar evaluaciones genéticas de reproductores. De igual manera se debe considerar el bajo censo efectivo dado la reducida cantidad de machos respecto a hembras de manera de tener un

Cuadro 3.1. Número de rebaños y animales observados en las cinco comunas del territorio Patagonia Verde.

Comuna	Ovinos		Bovinos	
	Nº de animales observados	Promedio de animales por rebaño	Nº de animales observados	Promedio de animales por rebaño
PALENA	1.387	21,7	930	12,9
FUTALEUFÚ	1.136	28,4	639	14,2
CHAITÉN	1.806	22,3	639	9,5
HUALAIHUÉ	1.166	18,8	316	10,5
COCHAMÓ	1.457	18,2	189	9,9
TOTAL	6.952	21,3	2.713	11,6

Sólo se analizan animales manejados con un enfoque de producción, descartándose la tenencia de animales para consumo, trabajo u otros usos. Fuente: Datos propios; De la Barra y cols., 2019.

mejor manejo del parentesco entre individuos o consanguineidad.

Se puede observar que los bovinos se distribuyen en rebaños de mayor tamaño en las comunas de Futaleufú y Palena (14,2 y 12,9, respectivamente), donde los animales se manejan en un sistema productivo basado en veranadas, lo cual podría facilitar la conexión genética entre rebaños, debido a que bajo ese sistema de manejo muchos rebaños se mezclan sin control de reproducción ni de trazabilidad de padres. El número de animales (por comuna) con orientación productiva, combinado con el tamaño de rebaño, hacen eventualmente viable la producción de reproductores en la comuna de Palena y Futaleufú.

En cuanto a los ovinos, se aprecian rebaños de un tamaño promedio superior a la media regional, con escalas mayores en las comunas de Futaleufú, Chaitén y Palena (28,4, 22,3 y 21,7, respectivamente; Cuadro 3.1). Al igual que ocurría en el caso de los bovinos, con estos parámetros de tamaño de rebaño y número de animales con orientación productiva, es plausible en estas tres comunas generar núcleos genéticos raciales para la producción de reproductores ovinos de calidad.

3.6 Reproductores

En términos prácticos, la producción genética que se realiza en la actualidad en el TPV es a través de reproductores vivos, tanto en ovinos como en bovinos. Los principales productos son carneros, carnerillos y borregas en el caso de los ovinos, así como toros, toretes y vaquillas en el caso de los bovinos. No hay producción de materiales reproductivos sofisticados como pueden ser el semen congelado o los embriones, y toda la comercialización es local. Eventualmente, algunos reproductores ovinos son introducidos desde Chiloé o desde zonas más al norte, y, más comúnmente, desde las regiones australes, lo cual es preferido por los productores. No existen en la actualidad criaderos o planteles ganaderos en el territorio dedicados a la producción de genética. El aislamiento territorial tiene como consecuencia un alto costo de ingreso de reproductores vivos, donde el valor de traslado en el caso de ovinos llega a superar el valor del propio reproductor, y en el caso de bovinos puede llegar a recargar su valor hasta en un 50%; debido a ello, es una práctica recurrente la adquisición de animales para reproducción entre los mismos productores locales.

Una brecha tecnológica importante en el territorio es el desconocimiento por parte de algunos productores acerca de las características propias de cada raza, sus usos, habilidades adaptativas y aspectos de manejo. Esto es más notorio y problemático en el caso de los ovinos, donde pese a que el interés mayoritario en la actualidad es la producción de carne, hay fuertes reminiscencias del manejo y

las razas propias de los sistemas de producción de lana. Por su parte, en bovinos se aprecia un mayor conocimiento y manejo de razas tradicionales como el Hereford y el Overo colorado. En este sentido, la brecha de conocimiento de las razas es de relativamente fácil y rápida resolución, vía capacitación y transferencia tecnológica. De igual manera, es necesario avanzar en la comprensión por parte de los productores de las importantes diferencias que hay entre la producción de carne y la producción de reproductores, en ambos rubros.

3.7 Factores ambientales

A nivel productivo, la decisión de mejorar la genética del ganado tiene como condición *sine qua non* la revisión previa del ambiente en el que se va a desenvolver el animal. En ese ambiente hay elementos que el productor puede controlar o donde puede ejercer algún nivel de influencia, como la alimentación, el manejo sanitario o la infraestructura predial, y otros elementos que el productor no puede controlar ni cambiar, como por ejemplo el clima (temperatura, pluviometría, vientos), que determinarán en parte qué razas pueden presentar mejor desempeño por ser más resistentes a las condiciones climáticas existentes en una zona en particular, dado que, como ocurre en todos los seres vivos, los ruminantes responden a los desafíos ambientales mediante diferentes cambios (fisiológicos, metabólicos, conductuales) para mantener su equilibrio u homeostasis (Koolhaas y cols., 1997). Así, desarrollan un grado de adaptación a diferentes entornos que se relaciona a rasgos funcionales que le permitan conservar o mejorar la aptitud para desenvolverse en ese entorno, y, en último término, le garanticen la supervivencia (Barker, 2009). En este sentido, es interesante considerar la introducción y/o mejora de una raza animal que sea rústica y/o adaptada a las condiciones edafoclimáticas de la zona donde se va a criar con fines productivos.

Hay que señalar que, si bien el clima es un factor ambiental que no puede ser modificado en sí mismo, el productor sí puede hasta cierto punto tomar medidas para atenuar sus efectos. Respecto a los elementos ambientales directamente controlables o manejables por el productor, destacan los manejos sanitarios, la infraestructura predial y la alimentación del ganado.

3.8 Clima y geografía

Si tuviéramos que elegir un solo adjetivo para referirnos al clima y la geografía del TPV en su conjunto, sería sin duda "agreste". Ambos factores moldean tanto el paisaje como el diario vivir de las personas en el territorio desde su poblamiento.

Existen algunas particularidades o diferencias entre las dos provincias (Palena y Llanquihue; Cochamó pertenece a esta última) y entre las cinco comunas que integran el territorio. Sin embargo, más que una diferencia debida a la frontera geográfica, que es arbitraria y humana, las diferencias mayores en cuanto a clima, precipitación, tipo de vegetación y otros, vienen dadas por la cercanía o lejanía de las diferentes masas hídricas y por los accidentes montañosos.

Así, en el TPV se puede hablar de dos zonas con dos macroclimas diferentes:

- I. La zona costera o continental, hacia el oeste, en las comunas de Chaitén y Hualaihué, donde la influencia del mar genera un clima templado lluvioso sin grandes oscilaciones de temperaturas, que son moderadas a bajas (entre 14° en verano y 5° en invierno) y con un promedio de 3.500 mm de precipitación anuales (GORE, 2015). En esta zona costera no suele existir estación seca, aunque durante el verano se acumula una precipitación de entre 700 a 1.000 mm, y en invierno el promedio de precipitación se eleva hasta 4.000 y 5.000 mm.
- II. La zona de cordillera, hacia el este, que incluye a las comunas de Futaleufú y Palena, que se ubican entre los cordones montañosos de la Cordillera de Los Andes, y tienen características climáticas especiales que las diferencian notablemente del resto del territorio, conformando lo que se conoce como subregión transandina. Aquí se presenta un clima continental transandino, donde las oscilaciones térmicas son más intensas, existiendo elevadas temperaturas en verano (30°), generándose un microclima, y bajas temperaturas en invierno (hasta -8°), con pluviometría menor a la zona litoral, de 2.000 mm anuales (Mardones-Sepúlveda, 2004; GORE, 2015; Saenz-Passeron 2015). Por su parte, Cochamó se distribuye entre ambas zonas, pero con una mayor extensión de su territorio hacia el este, pero igualmente con influencia marítima proveniente del estuario de Reloncaví.

En las áreas montañosas se da una transición climática constante que genera una gran diversidad en el paisaje. Las mayores alturas las constituyen los volcanes Yates (2.111m), Hornopirén (1.572m), Michinmahuida (2.404m) y Corcovado (2.290m). En los sectores cercanos a los volcanes y cotas superiores a 1.500m se puede generar un clima de tundra por efecto de la altura. Se presentan igualmente ventisqueros y fiordos, como el de Comau y Reñihue.

Los recursos hidrológicos constituyen una de las características más importantes del TPV; el agua proveniente del deshielo forma extensos sistemas fluviales que incluyen esteros, lagos, lagunas, afluentes y numerosos ríos como el Río

Negro, Río Blanco y Río Cisnes, el Río Yelcho, que nace en el lago homónimo y es navegable, Río Corcovado, y Río Palena y el Río Futaleufú o Río Grande, muy caudaloso, que nace en Argentina y desemboca en el Lago Yelcho. En Futaleufú y Palena existe un gran componente de binacionalidad en los recursos hídricos, pues los cauces hidrográficos principales nacen en el citado país vecino. Entre los numerosos lagos destacan el Tagua-Tagua, Azul, Cabrera, Gral. Pinto Concha, Yelcho, Espolón, Lonconao, Palena, Negro y Blanco.

Las características de clima y geografía recién mencionadas conforman un paisaje tan bello como adverso desde el punto de vista humano y productivo. Por una parte, existe la dificultad para transitar hacia y en el interior del territorio, donde se encuentran esa gran cantidad de diferentes cursos de agua que es necesario cruzar o vadear, y donde en invierno pueden darse grandes crecidas y/o nevazones que imposibilitan los desplazamientos. La conectividad sigue siendo un problema hasta el día de hoy en el TPV, hablándose incluso del concepto de "frontera interior" (Sáenz, 2015). Por otro lado, se generan condiciones particulares en cuanto a la producción animal, donde el crecimiento del pasto consumido por los rumiantes se produce entre octubre y marzo, y donde se ha conformado en la actualidad un sistema en el que el ovino permanece cerca de la casa para consumo/producción de carne (aunque anteriormente era más similar a los sistemas extensivos de producción de lana), protegiéndolo así también del ataque de los numerosos depredadores; y el bovino, menos susceptible a estos ataques, se cría más *hacia afuera*, donde el campo excede los límites de la propiedad formal, utilizando también zonas de valle extraprediales en verano, en un sistema extensivo de veranada/invernada como una estrategia tradicional para sobrellevar la escasez de forraje (Sáenz, 2015).

3.9 Estatus sanitario del TPV

Como ya se señaló, para producir genética de calidad en un territorio se debe garantizar mediante documentación oficial el estatus sanitario como condición basal. En el TPV existe un buen estatus sanitario de base, reforzado además por las condiciones de aislamiento presentes en el territorio, que dificultan la entrada y salida de animales y por lo tanto la diseminación de enfermedades infecciosas.

En primer lugar, no existen en la zona ninguna de las enfermedades exóticas de la lista OIE en las especies de bovinos, ovinos, cerdos y aves (SAG, 2020). En el caso de los bovinos, no se registran casos de lengua azul ni fiebre aftosa, y hay riesgo insignificante para encefalopatía espongiiforme bovina (enfermedad de la vaca loca). Las comunas del TPV tampoco han presentado en los últimos muestreos casos de tuberculosis bovina, y la zona está declarada como libre

de brucelosis bovina (SAG, 2020). Respecto a los ovinos, no se ha registrado la presencia de Maedi-Visna, Scrapie ni brucelosis ovina (SAG, 2020). Estas condiciones sanitarias de base facilitan mucho la producción de genética de calidad, dado que permiten a los predios certificarse ante el SAG como predios libres y acompañar la venta de los animales con estos certificados.

3.10 Sustentación productiva

La producción de genética ovina debe asentarse también en un sistema que cuente con las infraestructuras necesarias tanto para el manejo como para el resguardo de los animales cuando sea necesario. Los productores ovinos del TPV cuentan con corrales para sus ovejas, así como en su gran mayoría poseen manga y galpón (96,7 y 88,3%, respectivamente). El galpón de esquila como tal no existe, dado que en la actualidad la producción está orientada a carne. En el TPV y toda la región, el galpón o cobertizo se utiliza no sólo en la esquila, en el caso de que esta se realice bajo techo, sino como lugar de manejos más o menos continuos a lo largo del año y lugar de encierro en las noches invernales y en la cercanía de los partos. Respecto de comederos para ovinos, menos del 30% declaró tenerlos o usarlos.

En relación a la producción bovina, más de la mitad de los productores declara contar con cargaderos, algo más de la mitad de los productores (53%) tiene bebederos, pero no utilizan comederos, y un 30% cuenta con manga de manejo.

3.11 Factores tecnológicos

i) Capital humano

En el TPV los productores de bovinos y ovinos son mayoritariamente pertenecientes a la agricultura familiar campesina, AFC (FAO, 2014). Llevan a cabo una economía de subsistencia y autoconsumo y poseen un bajo nivel de tecnificación en sus actividades agropecuarias, lo cual va en desmedro de su nivel productivo. Además, la mayor parte de la población se encuentra dispersa en zonas rurales, lo cual dificulta aún más la logística y la llegada de información, tecnologías y oportunidades para estas familias que viven de la agricultura y ganadería.

Tanto los productores bovinos como los ovinos (así como los mixtos) son en la mayor parte de los casos personas naturales, mayoritariamente hombres de entre 50 y 69 años (INE, 2017). De los productores ovinos encuestados en

el levantamiento de información realizado en 2018 en el marco del presente programa, sólo el 9% eran menores de 45 años. Esto evidencia un envejecimiento del rubro, lo cual es un claro *hándicap* para la productividad de estos rubros en el TPV. Los mismos productores señalan en algunos casos que no realizan ciertos manejos porque implican actividades como mover cargas pesadas y por su edad y condición física ya no se sienten capacitados para hacerlo.

El 80% de los ganaderos que poseen ovinos son clientes de INDAP, un porcentaje bastante superior a la media regional y nacional (INE, 2017), en la misma línea que lo observado en los productores de ganado vacuno. Es común entre los agricultores mantener en sus predios simultáneamente ovejas y vacas, lo que se plasma en similares cifras de clientes de INDAP. Un poco más de la mitad declara estar inscritos en el programa PABCO, al que habitualmente adscriben aquellos agricultores que manejan ganado bovino o mixto.

En el caso de los productores ovinos, el porcentaje de ellos que pertenece a alguna asociación gremial asciende al 60%. También se observa un porcentaje muy alto de productores ovinos que reciben algún tipo de asistencia técnica (99% agronómica y 92% veterinaria), probablemente mediada por INDAP (y/o Prodesal) en la zona, dado que otro tipo de asistencia, por ejemplo, de gestión, es minoritaria. Por lo tanto, aparentemente no existen brechas en lo relativo a la asistencia técnica. Sin embargo, puede ocurrir que dicha asistencia no se traduzca posteriormente en mejoras efectivas a nivel predial, como se puede observar al analizar los indicadores productivos. También sucede que en ocasiones los agricultores declaran ser clientes de INDAP cuando en realidad lo que tienen es un crédito, y no necesariamente una asistencia técnica propiamente tal.

Las cifras de asistencia técnica en la zona debieran dar cuenta de un elevado nivel de adopción de la mayor parte de los manejos básicos del rebaño que tienen influencia directa en la productividad. Normalmente estos manejos los indican y/o realizan en una primera instancia los profesionales que acuden al predio, debiendo ser el productor quien posteriormente lleve a cabo los manejos de forma práctica. Sin embargo, existe la posibilidad de que, una vez terminado el periodo en el que el productor recibe el apoyo económico y/o técnico, deje de realizarlos. De ahí se deduce la importancia de programas permanentes que incidan en la formación, educación y transferencia de tecnología, de forma que el agricultor comprenda e interiorice la importancia de continuar realizando los manejos propuestos por los profesionales. En este sentido, existe también un *hándicap* que hace relación con el nivel educacional de los productores, que corresponde mayoritariamente a personas con educación básica o media, siendo muy pocos los productores que han realizado estudios superiores (técnicos o universitarios). Por ello, cuando se diseñan actividades como seminarios, charlas,

días de campo, u otras, es importante tener en cuenta que el capacitador debe adaptarse a esta realidad y transmitir sus conocimientos en forma simple de modo que a los agricultores no les resulte difícil de asimilar, dado que esto puede conllevar la no adopción de las prácticas sugeridas.

Asimismo, la brecha en las tecnologías de información (TICs) se evidencia fuertemente en los productores, los cuales declaran que sólo hay acceso a internet en un 8% de los predios. Respecto al uso de internet como herramienta habitual, casi el 90% de los productores declaró no utilizarlo, aunque sí utilizan datos en sus teléfonos celulares cuando la señal lo permite, condición ausente en diversos sectores del territorio.

ii) Tecnología de manejo

- **Registro y monitoreo productivo.** Los registros son una herramienta importante a la hora de recopilar datos de cara a la mejora genética de los planteles. Sin embargo, sólo uno de cada cuatro productores lleva registros reproductivos y/o de producción; por lo tanto, en las intervenciones debe hacerse énfasis en la importancia de la implementación de sistemas de registro individual en los predios, especialmente de registros genealógicos. Además del registro escrito, los crotales (aretos) permiten identificar y mantener un control sobre los animales en el predio. En este sentido se observa una elevada adopción de esta práctica, dado que todos los productores bovinos y la mayor parte de los ovinos (87%) declaran llevar a cabo la colocación de crotales, siendo un porcentaje superior al compararlo en el resto de la región (60%) y muy superior al nacional, donde sólo uno de cada tres lo hace (INE, 2017).
- **Anejo alimenticio.** En los sistemas productivos del TPV el pastoreo es el recurso alimenticio mayormente utilizado por los rumiantes, que se desplazan por el espacio disponible recolectando su alimento. Los ambientes tienen una determinada capacidad de carga, que se puede definir como el tamaño máximo de población que el ambiente puede soportar indefinidamente en un periodo determinado (Morales-Aymerich, 2012). Cuando se mantienen rumiantes en lugares acotados para fines productivos, es necesario ajustar la intensidad de explotación (ajustar el número de animales al alimento disponible) para maximizar la producción. Si la carga animal es superior a la capacidad de carga, es decir, el coeficiente de intensidad de explotación es mayor a 1, se observarán efectos negativos como pérdida de cobertura vegetal, desaparición de las especies más interesantes del punto de vista forrajero y/o las más palatables, con el estancamiento de la propagación

natural por semillas de estas especies e incremento de la presencia de las menos deseables, lo que conlleva un descenso en la productividad del sistema (Holechek y cols., 2011).

Dado que los ovinos y los bovinos son herbívoros rumiantes y que el recurso alimenticio más económico es el pasto, gestionar el recurso forrajero es una de las bases de la eficiencia del negocio. Sin embargo, en la provincia de Palena esta gestión se realiza en forma subóptima. La producción de materia seca (MS) en las praderas de las comunas del TPV es de un promedio de 3.840 Kg de MS/ha/año (Castellaro y cols, 2016). Esta producción anual no permite el mantenimiento de cargas y/o producciones elevadas, en comparación con las 7 toneladas MS/ha/año en praderas naturales sin fertilizar (y hasta el doble con fertilización) que se pueden llegar a obtener en otras zonas de la región, como por ejemplo Osorno (Siebold, 1983).

De las cinco comunas del TPV, Palena y Futaleufú realizan una sobreutilización del terreno pastoreable, mientras que, en Chaitén, Hualaihué y Cochamó aparentemente existe un buen equilibrio entre capacidad de carga y carga animal (Cuadro 3.2). Sin embargo, al analizar los indicadores productivos en dichas comunas, los resultados no son los esperados para una óptima utilización de los recursos de pastoreo. Siendo así, es necesario identificar dónde está escondida la brecha a resolver.

Cuadro 3.2. Producción de materia seca por hectárea y año (PMSA), intensidad de explotación (ie) y clasificación del pastoreo en las 5 comunas del TPV.

COMUNA	PMSA	ie	CLASIFICACIÓN
PALENA	3.252	1,22	Sobreutilizado
FUTALEUFÚ	3.793	1,01	Sobreutilizado
CHAITÉN	3.705	0,72	Bueno
HUALAIHUÉ	4.121	0,71	Bueno
COCHAMÓ	4.331	0,65	Bueno

Fuente: Castellaro y cols. (2016).

La capacidad de carga de los predios ovinos del TPV ronda las 5 ovejas por hectárea sin fertilizar ni manejar el pastoreo, mientras que implementando estas prácticas se aumenta hasta 8 ovejas/ha. Sin embargo, según los datos recabados en el marco del programa, las cargas observadas en el grupo son bajas en relación al potencial, dado que están en torno a las 3,5 ovejas/ha; es decir, en la misma superficie, los productores ovinos podrían aprovechar mejor el pasto disponible. Por su parte, en el caso del vacuno ocurre lo contrario. La capacidad de carga de los sistemas bovinos en Palena ronda las 0,45 vacas/ha sin

fertilizar ni realizar manejo de pastoreo, y 1,6 vacas/ha fertilizando y manejando el pastoreo. Sin embargo, la carga promedio en el grupo de productores bovinos adscritos al programa es de 2,24 vacas/ha, es decir, más elevada de lo que soporta el sistema.

Es importante señalar que la eficiencia en la alimentación es la base del negocio ganadero. Los ruminantes son máquinas de conversión de pasto, que es un recurso vegetal no directamente aprovechable por los humanos, en productos como carne y leche. Esta transformación puede ser más o menos eficiente dependiendo de la cantidad y calidad de alimento. En el caso de los sistemas productivos de Palena, la producción de Kg carne/ha es el resultado del plano nutricional que reciben los animales, sin embargo, este plano es excesivamente bajo en períodos clave como la gestación y lactancia. La nutrición de la madre en el último tercio de gestación influye no sólo en el peso al nacimiento y destete de los corderos y terneros, sino en toda la vida productiva de la progenie. Un mal manejo de la alimentación materna durante la última etapa de la preñez implicará que las crías presenten un menor peso al nacimiento y que no desarrollen todo su potencial genético, aunque sean hijos/as de un toro o carnero con la mejor genética. La alimentación postparto también determina la producción de leche, y por lo tanto la nutrición del neonato mientras aún dependa total o parcialmente del alimento producido por su madre.

La mejor manera de monitorear el estado nutricional de los animales es medir su condición corporal (CC) en diferentes momentos del ciclo. La CC es una variable medible a simple vista que permite estimar el estado nutricional del animal y predecir la respuesta reproductiva (Canto y cols., 2018). Su medición es un manejo imprescindible en producción animal. Sirve para ajustar la carga y tomar decisiones de cara al manejo alimenticio de los animales, prevenir la mortalidad perinatal y prolongar la vida productiva de los vientres (Kenyon y cols, 2010).

En los bovinos, la medición de la condición corporal y el manejo adecuado de ésta es muy importante, ya que permite detectar problemas productivos relacionados con la alimentación y otros factores como enfermedades o estrés (Burns y cols., 2019). La fertilidad, medida por el índice de preñez, depende directamente de la CC de la vaca antes del encaste. El porcentaje de concepción el siguiente encaste está igualmente influido por la pérdida de CC que haya sufrido la vaca en las 12 semanas posteriores al parto. También tiene un efecto importante sobre el intervalo parto-concepción (Richards y cols., 1986). Además, la CC al parto también tiene mucha influencia en la producción de leche, influyendo directamente en la cantidad de alimento que recibe el ternero en las semanas posteriores al parto.

En los ovinos, la medición de la condición corporal también es una herramienta

de manejo nutricional con un fuerte impacto a nivel productivo, con efectos claros en el desempeño reproductivo de los carneros y ovejas, así como en el peso al nacimiento, sobrevivencia y crecimiento de los corderos (Kenion y cols., 2014). Sin embargo, pese a la sencillez de esta técnica, sólo necesita de las manos y la voluntad del productor, la mayor parte de los éstos no la llevan a cabo en forma rutinaria y sistemática.

Otro aspecto decisivo del plano alimenticio de los animales es el manejo de las praderas y el alimento suplementario. En la provincia de Palena, los cultivos suplementarios mayoritarios son la avena forrajera (con un porcentaje del 30% en superficie) y el nabo forrajero (56% de invierno y 15% de verano; INE, 2017). Respecto al manejo de praderas, no está generalizado el uso del cerco eléctrico, dato que refleja el bajo aprovechamiento del recurso forrajero. Agrava esta situación el hecho de que 3 de cada 4 productores no realiza ningún tipo de manejo de pastoreo, permaneciendo los animales en pastoreo continuo, lo cual disminuye aún más la eficiencia de utilización del pasto. El resto de manejos referentes a la pradera como análisis de suelo, control de malezas o fertilización es muy escaso. Estos datos contrastan fuertemente con los declarados en la encuesta agropecuaria a nivel regional y nacional (INE, 2017), y dan cuenta del deficitario manejo y la necesidad de mejorar la transferencia de tecnología en esta área, de forma que los animales puedan recibir una base de alimentación adecuada que permita expresar el potencial genético.

En la comuna de Palena, la producción anual promedio de forraje en las praderas no supera los 4.000 kg de MS (Iraira y cols., 2017). Durante el invierno (junio a agosto) y también en el verano (diciembre a febrero) el pasto crece muy poco, encontrando en estas dos estaciones producciones diarias de 0 a 11 kg MS/día en invierno, y de 1 a 62 en verano. El crecimiento de la pradera se concentra entre octubre y diciembre. Al respecto, hay que considerar que la época de máxima producción de materia seca en las praderas está desfasada con respecto a la de mayor requerimiento nutricional de los animales. Esto, unido a la excesiva amplitud de la época de parición, genera un techo y hace que el peso al destete varíe entre 180 y 240 kg en los vacunos (Iraira, 2017). En los ovinos, por su parte, el desfase entre la producción de pasto y las etapas de mayores requerimientos nutricionales (últimos 50 días de la gestación y primeros 15 días de la lactancia) genera bajos pesos al nacimiento y aumenta la mortalidad perinatal.

En lo referente al manejo de pastoreo, es sabido que la división en potreros y la rotación de los animales entre estos aumentan la eficiencia de uso del forraje, permitiendo la recuperación de la pradera y la conservación de pasto en la época de excedente. Sin embargo, de los productores bovinos pertenecientes al programa, sólo el 57% utiliza un sistema de pastoreo rotativo. Si el pastoreo se intensifica

Cuadro 3.3. Tipos de praderas en los productores del TPV.

Superficie (ha)	Dedicado a Bovinos	Dedicado a Ovinos
Superficie total	87,4	23,5
Superficie de pradera	21	12
Superficie de pradera natural/ naturalizada	5,7	7,2
Superficie de pradera mejorada	10,6	4,2
Superficie de pradera sembrada	4,7	0,6

Fuente: Elaboración propia.

un poco más implementando división en franjas con cerco eléctrico, se puede aumentar la eficiencia de uso del forraje, pero sólo un 25% de los productores lo utiliza con los bovinos. Respecto al manejo de pastoreo en los ovinos, el 94% divide en potreros y rota, un 78% declaró fertilizar al menos una parte de la superficie que destinan al rubro, aunque apenas se utiliza cerco eléctrico. Estos datos dan cuenta de una realidad que no es tan deficitaria en términos de manejo de pastoreo, pero que sin embargo no está reflejando una mejora directa en los índices productivos. Respecto de la prolificidad de los rebaños ovinos, alcanza alrededor del 125%, y la tasa de mortalidad perinatal ronda el 15%, con el clima, la falta de leche, el bajo peso y el abandono como causas principales. Esto indica que hay un déficit nutricional, y un mal manejo del encaste.

La suplementación estratégica es clave en momentos del año donde la pradera no es suficiente en cantidad y/o calidad para aportar a los rumiantes el alimento necesario para cubrir sus requerimientos de nutrientes. De los productores ovinos que suplementan, el 45% declara que lo hace sólo con grano o concentrado, 15% sólo con forraje, y 40% con ambos tipos de alimento. La suplementación con forraje conservado en ovinos durante el invierno es superior al resto del país, como consecuencia de la ausencia de pasto en esta época. Sólo un 23% realiza suplementación para favorecer el aumento de la prolificidad (*flushing*), mientras que un 70% suplementa en el último tercio de gestación. Este porcentaje es igualmente elevado en comparación con el promedio regional (51%) y nacional, donde sólo uno de cada tres productores realiza suplementación preparto. Sin embargo, las cantidades aportadas son muy dispares, no están calculadas de acuerdo al déficit real, y suele ocurrir que, si bien el productor declara suplementar, sólo lo hace durante unos días y no durante todo el período crítico de tiempo de pre y postparto. También puede deberse a un mal aprovechamiento del suplemento. Por su parte, un 71% de los productores bovinos realiza suplementación con algún alimento, como forraje conservado, granos de avena o algún tipo de concentrado comercial (tipo Cosetan), pero en ningún caso se realiza un ajuste de la ración acorde al déficit real.

Otra brecha que impide el correcto aprovechamiento del alimento es la

inexistencia en muchos casos de comederos adecuados en los predios. Los rumiantes poseen un sentido del olfato muy agudo y tienden a rechazar el alimento que, en contacto con el suelo, se contamina por el pisoteo, las fecas y la orina. Así, resulta muy recomendable entregar el suplemento alejado del suelo, en comederos que pueden estar diseñados para contener el material voluminoso, el concentrado, o ambos. Sólo un 43% de los productores ovinos declara utilizar comederos de algún tipo, lo cual desemboca en un aprovechamiento menos eficiente del alimento suplementario entregado. En el caso de los bovinos, no se utilizan comederos.

Tan importante como el alimento es el acceso a agua limpia y fresca y así, la existencia de bebederos siempre a disposición sin que el animal tenga que desplazarse mucho para acceder a ellos. En sistemas de producción de carne a pastoreo, una vaca amamantando necesita entre el 10 y el 16% de su peso vivo al día en agua dependiendo de la temperatura y el alimento consumido, lo que puede equivaler a más de 50 L diarios. Cuando no hay bebederos, los animales acceden a fuentes de agua naturales como vertientes, canales, ríos y arroyos, aumentando la probabilidad de parasitosis con pirihuín. De los productores bovinos, menos de la mitad utiliza bebederos, y este porcentaje es mucho más bajo en el caso de los ovinos, donde sólo un 18% declara tener bebederos adecuados a esta especie.

Sin un buen control nutricional del rebaño, el resto de manejos sanitarios, reproductivos y genéticos no se optimizan, y todo el proceso productivo se resiente. Dado los elevados costos de los suplementos energético/proteicos (granos, concentrado comercial, subproductos) debido a la dificultad para su traslado al territorio, resulta necesario optimizar el uso de dichos suplementos y mejorar la base alimenticia de los rumiantes, la pradera, para poder solucionar el déficit nutricional en los momentos clave del ciclo productivo.

iii) Manejo reproductivo.

La falta de control en el encaste es una de las causas de baja productividad en los sistemas de producción de carne en pastoreo. Otra brecha importante la encontramos en las tecnologías reproductivas. En el TPV, tradicionalmente el encaste del ganado vacuno no se programa, y cuando se hace, se realiza entre fines de diciembre y febrero. En general no hay mucho control del proceso, y en ocasiones las hembras bovinas se envían a la veranada sin saber si están o no preñadas, lo cual dificulta de manera significativa las posibilidades de hacer mejoramiento genético en bovinos en este territorio. En este sentido, es recomendable adelantar el encaste a noviembre o diciembre; de esta forma

se pueden producir los partos en agosto-septiembre, haciendo coincidir el momento de máxima producción de pasto con el de máximo requerimiento de nutrientes para la producción de carne en pastoreo (Iraira, 2017). También puede considerarse la inseminación artificial, dado que permite un control preciso sobre el momento de concepción; sin embargo, hasta ahora no es una metodología extendida en el territorio dada su relativa complejidad logística. En el grupo de estudio, el 98% de los productores bovinos declaró no haber utilizado nunca tecnologías como la inseminación artificial.

Respecto al manejo del encaste ovino, el 60% de los productores separan el carnero y realizan el encaste entre marzo y mayo (el 95% lo realizará en un lapso inferior a 60 días). Los manejos tecnológicos reproductivos en ovinos son poco comunes en el TPV; no se utilizan técnicas como la ecografía o la inseminación artificial.

iv) Manejo sanitario.

Todos los productores en el marco del programa declaran aplicar algún tipo de tratamiento sanitario en forma rutinaria y/o preventiva. Sin embargo, hay mucha heterogeneidad en cuanto al tipo de tratamiento, forma y época de administración. En el caso de los bovinos, los tratamientos más utilizados son la desparasitación (100%), administración de vitaminas (60%) y administración de vacunas, calcio y sal común (15%)¹. En general, éstos se aplican en primavera (octubre) y otoño (abril).

En el ovino existen prácticas de manejo sanitario como la vacunación clostridial, que protege contra la enterotoxemia, una enfermedad mortal que afecta a corderos vigorosos en crecimiento y que sólo se evita con prevención dado que cursa muy rápidamente y no es posible el tratamiento, incidiendo en el número de corderos destetados y vendidos a final de temporada (Peña y cols., 2014). En el TPV, en general, el nivel de adopción de las prácticas sanitarias en ovinos es elevado en comparación a los promedios regionales y nacionales. Sin embargo, en muchos casos el manejo no se lleva a cabo en la forma idónea. La vacunación varía según la zona; por ejemplo, en Cochamó no se realiza la vacunación clostridial, mientras en Hualaihué casi el 60% vacuna, pero sólo el 17% lo hace en el momento adecuado. También, pese a que el 100% desparasita, menos de la mitad realiza rotación de los productos antiparasitarios, con la consiguiente generación de resistencias a los patógenos. Respecto al despalde, sólo el 47%

¹ Aunque la sal y los complejos vitamínicos/minerales son un suplemento alimenticio más que un tratamiento sanitario, los productores lo ven como un "remedio" y lo mencionan al ser preguntados por los tratamientos sanitarios que aplican.

declara realizarlo. También hay un elevado porcentaje de productores que realiza esquila preparto (65%), en comparación al promedio de aproximadamente 25% en otras zonas. Esto puede ser una reminiscencia del sistema productivo de lana, dado que este tipo de esquila es mayoritaria en zonas frías (Magallanes), donde no suele llover y se utiliza como estrategia de aumento del consumo de alimento previa al parto. La esquila de entrepierna, que ayuda a que exista una condición más higiénica de cara al parto, así como un mejor proceso de ahijamiento y amamantamiento, es realizada por un poco más de la mitad de los productores (55%).

3.12 Comercialización

La mayor parte de los productores pecuarios del TPV comercializan sus productos informalmente, vendiéndolos a minoristas que los van a buscar al predio del agricultor. Por lo tanto, esta es un área de poco desarrollo. En el caso del bovino, muchos animales se venden como terneros para crianza, pero son revendidos por los intermediarios como reproductores. El 30% declara rematar el ganado en feria, y sólo un 2% comercializa en matadero. Más del 80% de los ganaderos bovinos no lleva registro de sus costos directos de producción, por lo cual no se pueden hacer valoraciones de costo/beneficio con respeto a innovaciones en los procesos de producción.

Un 89% de los productores ovinos y bovinos están conscientes del problema de comercialización y especialmente de la necesidad de agruparse para manejar el producto con criterios de volumen, de grupos de animales de cierta calidad y especialmente al tratarse de reproductores. Por tanto, es necesario avanzar en la sofisticación de la gestión comercial y también económica, de forma de generar buenas condiciones para el negocio de producir genética de calidad es necesario.

3.13 Conclusiones

A lo largo de este capítulo se ha puesto de manifiesto la existencia de diferentes brechas a superar en la ganadería ovina y bovina en el TPV. Algunas de ellas son inherentes a los productores; factores como el rango etario de los productores son de complejo abordaje, dado que, al igual que ocurre en el resto del país y en muchas otras partes del mundo, las generaciones más jóvenes no están interesadas en tomar el relevo cuando los actuales productores ya no estén. En el caso del TPV este hecho se agrava, dado el aislamiento al que ya se ha hecho alusión, aislamiento que es incluso social con respecto a los pares de la misma

generación que viven en otras zonas de la región y país con mejor conectividad. También es una limitante importante el acceso a la información, factor que sin embargo puede abordarse siendo las instituciones quienes se acerquen a los productores para facilitársela, en instancias como el presente programa y otros, donde el componente formativo a través de charlas, talleres y actividades de terreno tiene una fuerte presencia. El uso de las TICs es una herramienta importante, pero requiere un mejoramiento en la conectividad digital en el territorio y la capacitación de los usuarios. Es importante considerar también la idiosincrasia de los productores, quienes en ocasiones tienen cierta resistencia al cambio, a adoptar tecnologías nuevas o a *hacer caso* al profesional que llega *de afuera* a proponerle hacer las cosas de otra forma. En este sentido, funciona el boca a boca, lo que *le funcionó a mi vecino*. Si los profesionales son capaces de ser empáticos, accesibles y explicar aquellos cambios o mejoras importantes en forma clara y sencilla, aumenta la probabilidad de que alguno de los productores del grupo con el que se trabaja implemente lo propuesto de forma adecuada. Y, en la medida que ese productor o productores obtengan buenos resultados, se irá corriendo la voz y otros a su vez realizarán los cambios.

En lo que respecta a las brechas relacionadas con las prácticas prediales necesarias para producir genética de calidad, tal como se ha expuesto, en algunos casos la situación basal al comienzo del programa no ha sido tan preocupante; sin embargo, en otros casos la realidad de la no realización (o realización incorrecta) de algunos manejos básicos ha supuesto un desafío importante a abordar, con el añadido de las dificultades logísticas.

Respecto a la genética en sí, cuando comenzó el programa, en el TPV no se había realizado una caracterización genética de los biotipos ovinos y bovinos del territorio. Actualmente ya se está avanzando en este punto (De la Barra y cols., 2019; Carvajal y cols., 2021). Existía un desconocimiento general sobre los valores y estándares raciales para la producción ganadera en la zona, tema que en la actualidad ha mejorado gracias a la formación recibida en el marco del programa. Paulatinamente, además, se han ido conociendo las relaciones entre la genética presente y las condiciones agroecológicas del TPV, y se han ido asociando con los manejos de alimentación y reproducción.

La belleza primigenia y salvaje que exhibe y conserva en la actualidad el TPV es posible, precisamente, gracias a su inaccesibilidad. El TPV se protege a sí mismo del toque humano del progreso, que en tantas ocasiones no está exento de daño. Por ello, el desafío más importante en este y otros programas es, pues, seguir haciendo el trabajo de llegar a las personas que allí habitan y capacitarlas, no dejarse vencer por el desaliento cuando surgen dificultades inherentes al territorio u optar por trabajar en lugares más cómodos, y no perder

el entusiasmo de aportar con conocimientos y capacidades para mejorar la situación de inequidad de los productores del TPV con respecto a otras zonas menos aisladas.

Bibliografía

- Barker JSF. (2009) Defining fitness in natural and domesticated populations. *In: Adaptation and fitness in animal populations: evolutionary and breeding perspectives on genetic resource management*. Ed. J van der Werf, HU Graser, R Franckham and C Gondro. Springer, New York. Pp. 3-14.
- Braza F, Soringuer R, San José C, Delibes J, Aragón S, Fandos P y León L. (1994) Métodos para el estudio y manejo de Cérvidos. Junta de Andalucía. 79 p.
- Burns MB. (2019) Body condition scoring in beef cattle. Is it important? Land-Grant Press by Clemson Extension 1033. Pp. 1-3.
- Canto F, Santa Cruz S y Cocio G. (2018) Evolución de la condición corporal a lo largo del ciclo ovino. Informativo INIA Remehue N°185.
- Carvajal AM, Martínez ME & De la Barra R. (2021) Structure and diversity of bovine breeds in Patagonia verde. Archivos de Zootecnia. *En Prensa*.
- Carvallo V. (1875) Descripción histórico-geográfica del reino de Chile. Librería del Mercurio. Santiago, Chile. 250 p.
- Castellaro G, Morales L, Rodrigo P y Fuentes G. (2016) Carga ganadera y capacidad de carga de los pastizales naturales de la Patagonia chilena: estimación a nivel comunal. *Agro Sur* 44: 11-23.
- CORFO. (1962) Geografía económica de Chile. Corporación de Fomento de la Producción. Fundación Pedro Aguirre Cerda. Santiago de Chile, Tomo IV, 459 p.
- Correa L. (1938) Agricultura Chilena. Imprenta Nacimiento. Santiago de Chile. 495 p.
- De La Barra R, Holmberg G, Bravo R y Mujica F. (1996) Comportamiento, diferenciación y estrategia productiva en sistemas campesinos de la Décima Región de Chile. *Evidencias de caso. Agro Sur* 24: 186-195.
- De la Barra R y Uribe H. (2009) Desarrollo de núcleos genéticos ovinos. Informativo INIA Remehue N°70.
- De la Barra R, Carvajal A, Uribe H, Martínez ME, Gonzalo C, Arranz J & San Primitivo F. (2011) El ovino criollo Chilote y su potencial productivo. *Animal Genetic Resources* 48: 1-7.

- De la Barra R, Martínez ME & Carvajal A. (2012) Genetic relationships between Chilota and Spanish native sheep breeds. *Journal of Livestock Science* 3: 79-84.
- De la Barra R, Martínez ME & Calderón C. (2014) Phenotypic features and fleece quantitative traits in Chilota sheep breed. *Journal of Livestock Science* 5: 28-34.
- De la Barra R, Carvajal A, Calderón C & Squella F. (2015) Body architecture of main sheep breeds in Chile. *Journal of Animal Ethnology* 1: 1-9.
- De la Barra R, Carvajal A, Martínez ME, Guarda P & Calderón C. (2016) Differentiation and morphostructural variability of Künko biotype sheep in Los Lagos Region, Chile. *Journal of Animal Ethnology* 2: 1-8.
- De La Barra R, Martínez ME y Carvajal A. (2018) Conservación genética y registro de nuevas razas ovinas en Chile. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 12: 9-15.
- De La Barra R, Carvajal AM, Martínez ME y Palavecinos P. (2019) Diversidad racial de la ganadería ovina en el territorio Patagonia verde, Chile. *Archivos Iberoamericanos de Conservación Animal* 13: 41-51.
- Escala A. (2019) The principle of similitude in biology. From allometry to the formulation of dimensionally homogenous 'Laws'. *Theoretical Ecology* 12: 415-425.
- FAO. (1998) Secondary guidelines for development of national farm animal genetic resources management plans - Management of small populations at risk. Food and Agriculture Organization, Animal Production and Health Division. Roma. 219 p.
- Farías D. (2009) Diagnóstico de la distribución del recurso genético ovino desde las regiones de Coquimbo a Magallanes y Antártica Chilena. Universidad Austral de Chile. 80 p.
- FIA. (2002) Informe final del proyecto introducción de la raza Texel para la producción de carne ovina de alta calidad en la zona húmeda de la XII Región. Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura. 143 p.
- FIA. (2008) Resultados y lecciones en producción de leche y queso de oveja Latxa. Proyectos de innovación en Región de Los Ríos y Región de Los Lagos, Serie Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario. Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura. 39 p.

- FIA. (2009) Resultados y lecciones en introducción de genotipos ovinos para carne de alta calidad en la zona austral. Proyectos de innovación en las Regiones de Magallanes y de Aysén, Serie Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario. Fundación para la Innovación Agraria. 56 p.
- Gay C. (1862) Historia física y política de Chile. Tomo I: Agricultura. Imprenta E. Thunet y Cía. París, Francia.
- GORE. (2015) Información de la Región de Los Lagos. Gobierno Regional de Los Lagos. En: http://www.goreloslagos.cl/region_lagos/provincia_palena.html
- Holechek J, Pieper R & Herbel C. (2011) Range management, principles and practices. 6th Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- Hunt J, Bussiere LF, Jennions MD, & Brooks R. (2004) What is genetic quality? Trends in Ecology & Evolution 19: 329-333.
- INDAP. (1984) Descripción del área Palena. Informe de antecedentes. Instituto de Desarrollo Agropecuario, Ministerio de Agricultura. 50 p.
- INE. (2017) Encuesta agropecuaria intercensal. Instituto Nacional de Estadística. Disponible en: <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/censos-agropecuarios>
- Iraira S, Canto F y Siebald E. (2017) Programa de fertilización de praderas líneas de intervención para el mejoramiento productivo de la actividad pecuaria de la Provincia de Palena. Boletín N°345. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. 70 p.
- Jordana J y Delgado JV (2015) Una visión socio-económica de la conservación de las razas y sistemas locales basada en sus productos diferenciados. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal 6: 1-15.
- Kenyon PR, Maloney SK & Blache D. (2014) Review of sheep body condition score in relation to production characteristics. New Zealand Journal of Agricultural Research 57: 38-64.
- Koolhaas JM, de Boer SF & Bohus B. (1997) Motivational systems or motivational states: behavioural and physiological evidence. Applied Animal Behaviour Science 53: 131-143.
- Latorre E, Uribe H, Martínez ME, Calderón C & De la Barra R. (2011) Morphology differentiation and structural functionality of ewes due to uncomplete crossbreeding. International Journal of Morphology 29: 954-959.
- Mardones-Sepúlveda MA. (2004) Plan de desarrollo comunal año 2004. Comuna de Futaleufú.

- Mazzio EA & Soliman KF. (2012) Basic concepts of epigenetics: impact of environmental signals on gene expression. *Epigenetics* 7: 119-130.
- Morales Aymerich JP. (2011) La capacidad de carga: conceptos y usos. *Recursos Naturales y Ambiente* 63: 47-53.
- Mujica F. (2006) Diversidad, conservación y utilización de recursos genéticos animales en Chile. *Boletín INIA N°137*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 124 p.
- NRC. (2000) Nutrient requirements of beef cattle. 7th Edition. National Research Council. National Academic Press, Washington D.C.
- NRC. (2007) Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. 1st Edition. National Research Council. National Academic Press, Washington D.C.
- ODEPA. (2013) Estudio: Mercado de la carne y lana ovina en Chile. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Ministerio de Agricultura. 331 p.
- Peña G, Martínez ME, Calderón C & De la Barra R. (2014) Influence of extension on the technological practices and productivity indicators of small-holding sheep farmers in Chiloé, Chile. *International Journal of Agricultural Extension* 2: 47-55.
- Piñeira J, Gebauer F y Tapia M. 2019. Construcción y uso de registros genealógicos y productivos en bovinos y ovino de carne. *Boletín INIA N°409*, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 30p.
- Richards MW, Spitzer JC & Warner MB. (1986) Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *Journal of Animal Science* 62: 300-306.
- Sáenz-Passeron JA. (2015) Territorio rural y sus transformaciones ante procesos de globalización en la subregión transandina de la Provincia de Palena, Patagonia chilena. Departamento de Antropología, Universidad de Chile. 146 p.
- Saravia C y Cruz G. (2003) Influencia del ambiente atmosférico en la adaptación y producción animal. *Nota Técnica* 50. 36 p.
- Schneider T. (1904) La agricultura en Chile en los últimos cincuenta años. Sociedad Nacional de Agricultura. Litografía y encuadernación Barcelona, Santiago de Chile, 218 p.
- Segura-Correa JC y Montes-Pérez RC. (2001) Razones y estrategias para la conservación de los recursos genéticos animales. *Revista Biomédica* 12: 196-206.

- SAG. (2020) Informe de Sanidad Animal 2019. Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura. 64 p.
- Siebold E, Matzner M y Becker F. (1983) Mejoramiento de praderas naturales del llano central de la Décima Región. Agricultura Técnica 43: 313-321.
- Tirira D. (1998) Técnicas de campo para el estudio de mamíferos silvestres. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Volumen especial. Pp. 93-125.

CAPÍTULO 4

MEJORAMIENTO GENÉTICO Y CRUZAMIENTOS

Andrés M. Carvajal

Bioquímico, Investigador
INIA Remehue

Héctor Uribe Muñoz.

Méd. Vet., Ms. Dr. Genética
Universidad de Chile

4.1 Introducción

La capacidad o desempeño productivo de los animales depende de sus genes, del ambiente y de la interacción entre ambos factores. De aquí surge la conocida ecuación:

Expresión animal (Fenotipo) = Genética (G) + Ambiente (A) + Interacción (G x A)

A mayor acumulación de alelos o variantes favorables, el animal tendrá el potencial de expresar una mayor productividad. Asimismo, una buena condición ambiental (manejo, sanidad, alimentación, etc.) puede incidir en un muy buen desempeño animal. Por tanto, cada individuo puede alcanzar un techo productivo dependiendo de la raza, de las variantes o polimorfismos que porta y/o expresa, y de las condiciones ambientales que permiten alcanzar dicho techo. Se desprende, entonces, que la observación de los genes o sus variantes puede no ser directa y requiere métodos específicos para su valoración. Como ya se mencionó en el Capítulo 1, los animales poseen dos copias de su información genética, una heredada de su padre y una de su madre. Además de contar con las variantes favorables, el animal a utilizar como reproductor debe tener la habilidad de traspasar dicha información a su descendencia lo que se conoce como mérito genético aditivo. El desafío y oportunidad, entonces, es identificar aquellos animales que tienen un mérito genético superior al promedio poblacional para una o varias características de interés. En los países que tienen ganaderías avanzadas, la identificación de estos animales se lleva a cabo principalmente mediante programas de mejoramiento genético los cuales consisten en la aplicación, a nivel de poblaciones, de principios biológicos, económicos y matemáticos con el objeto de encontrar estrategias óptimas para aprovechar la variación biológica y maximizar su mérito, esto es, acumular en la población genes superiores para una característica dada (Simm, 1998). Un programa de mejoramiento genético considera al menos cinco pasos (Figura 4.1):

1. Definir el objetivo de mejora. Esto es, identificar la meta u objetivo a alcanzar (ej. mejorar la producción de corderos para el mercado, aumentar la productividad del rebaño).
2. Definir características que lleven a alcanzar el objetivo. Se refiere al conjunto de características a evaluar que permitirá alcanzar el objetivo planteado (ej. peso al nacimiento y ganancia de peso al destete, número de corderos nacidos y destetados).
3. Identificar genéticamente los mejores animales para esas características. Requiere un sistema o plataforma de análisis que permita comparar el desempeño productivo de los animales de forma de separar el efecto del ambiente (ej. pruebas de progenie y evaluación genética cuantitativa y genómica).
4. Diseminar la genética de los animales seleccionados. Esto es, utilizar una metodología para diseminar los genes de aquellos animales superiores a la población de interés (ej: inseminación artificial, transferencia de embriones, monta natural).
5. Evaluar el progreso genético en el tiempo. Es importante mantener las evaluaciones en el tiempo e ingresar dichos datos a la plataforma de análisis, de forma de verificar el progreso genético y productivo en el tiempo.-

La aplicación de programas de mejoramiento ha permitido mejorar diversas características productivas de forma sostenida en el tiempo en los animales domésticos, incluyendo los ovinos y bovinos de carne.

4.2 Herramientas de Mejoramiento Genético

I) Selección genética.

Una de las herramientas más utilizadas para el mejoramiento de los planteles animales es la selección genética, la cual genera un cambio (mejora) que puede considerarse de carácter definitivo y acumulativo en el tiempo (Figura 4.2). Hay que tener presente que esta herramienta requiere de tiempo para ser exitosa, pues los resultados se observan de mediano a largo plazo. Además, la selección genética se realiza a nivel poblacional idealmente dentro de poblaciones raciales puras y es más efectiva en aquellas características de mayor heredabilidad, entendiendo por esto, la relación entre la variación genética y la variación fenotípica, esto es, el porcentaje de variación del rasgo que es explicado por el componente genético. La medida de la heredabilidad tiene un rango que va desde 0 a 1, y para cada característica puede ser estimada como baja (0-0,15),

media (0,15-0,4) o alta (0,5-1; ver Cuadro 4.1). A mayor heredabilidad, más explica la genética la medida del rasgo productivo, y mayor aumento puede obtenerse vía selección.

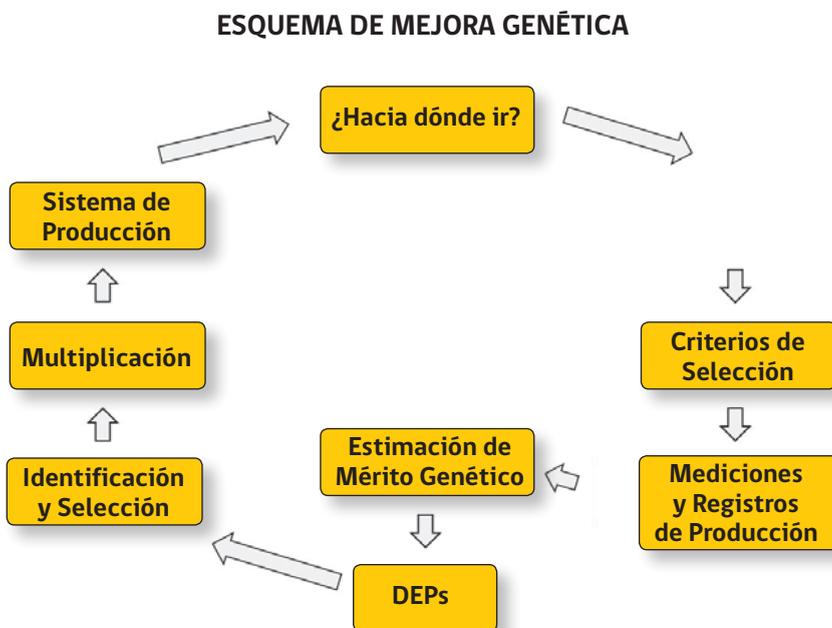


Figura 4.1. Esquema con los principales pasos del proceso de selección genética de los programas de mejoramiento (Fuente: Elaboración propia).

A mayor número de rebaños y de animales participando en el programa de selección, la evaluación genética y la identificación de reproductores portando genes favorables será más precisa. Al identificar los animales superiores y utilizarlos como reproductores, se traspasan las variantes favorables a las siguientes generaciones y se mejora la calidad genética y productiva de los rebaños. Como primer paso en un programa de mejoramiento genético es fundamental definir el objetivo de mejora; esto es relativamente fácil en producción animal ya que generalmente este será económico, es decir, aumentar la rentabilidad de la explotación pecuaria. El segundo paso de un programa de mejoramiento es definir las características que nos llevarán a alcanzar el objetivo económico, esto ya no es tan fácil y dependerá del eslabón en que se encuentra el productor en la cadena productiva, por ejemplo, el criancero que vende kilos de ternero al destete le interesará mejorar el peso al destete. Al engordero, quien compra terneros al destete y los lleva a peso de faena, le interesará mejorar la ganancia de peso desde el destete a faena; será esta

característica la que lo lleve a alcanzar el objetivo de selección que también es económico. Por otro lado, la industria de la carne estará interesado en mejorar otras características como es rendimiento a la canal o infiltración grasa ya que con estas logrará alcanzar su objetivo económico.

Cualesquiera sean las características a seleccionar estas deben ser medibles, lo que junto con el proceso de selección permite controlar el avance en el tiempo hacia el objetivo de selección. Típicamente, las características productivas de selección en bovinos y ovinos de carne son ganancia de peso, eficiencia

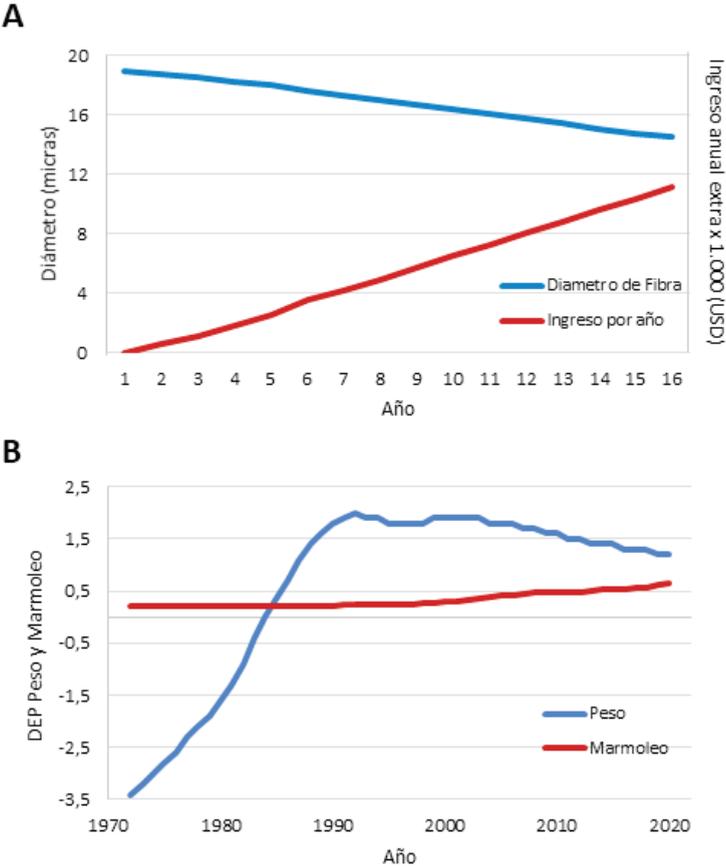


Figura 4.2. Resultados de programas de selección genética para diámetro de fibra de lana de ovinos (A) y para peso corporal y marmoleo en bovinos Angus (B) (Elaboración en base a datos de FAO, 2010 y American Angus Association, 2021).

de conversión y calidad de canal, pero también fertilidad, facilidad de parto y habilidad materna. Como se indicó anteriormente hay que considerar que las características a mejorar en diferentes explotaciones pueden ser distintas, de acuerdo al nivel de la cadena productiva que cada plantel tenga y a la estrategia comercial definida por el empresario para alcanzar el objetivo económico. El objetivo final de cualquier programa de mejoramiento genético es incrementar la rentabilidad, sustentabilidad y facilidad de manejo de los animales, con el propósito de beneficiar al productor.

Cuadro 4.1. Heredabilidad y eficiencia de selección de características en rumiantes (Modificado de Bravo y Romero, 2012).

Carácter	Heredabilidad	selección
Fertilidad	Baja (0,05 - 0,15)	Baja
Prolificidad	Baja (0,05 - 0,20)	Baja
Habilidad materna	Baja (0,19)	Media
Facilidad de parto	Baja (0,18)	Media
Producción (peso al nacimiento, peso al destete, ganancia de peso)	Media (0,2 - 0,3)	Alta
Rendimiento de la canal	Media (0,25 - 0,40)	Media
Calidad de carne (grasa de cobertura, marmóreo)	Media a Alta (0,2 - 0,4)	Muy alta
Circunferencia escrotal	Media a Alta (0,2 - 0,4)	Muy alta

El objetivo de mejoramiento se alcanza con dos componentes: 1- Estimadores de mérito genético aditivo para la característica a ser mejorada; y 2- El valor económico de esa característica (EV; Amer, 2000). El mérito genético aditivo se denomina "valor de cría" (en inglés *breeding value*, BV), pero como este no se conoce y solo se estima se habla de "valor de cría estimado" (en inglés *Estimated Breeding Value*, EBV; Greeff y cols., 2010). Como ya se mencionó en el primer capítulo, la mayoría de las características productivas son cuantitativas, por tanto, para la estimación de los EBVs se asume que una gran cantidad de genes (cada uno con efecto individual muy pequeño) contribuyen de forma aditiva o sumatoria a la expresión del fenotipo de la característica que nos interesa. La predicción o estimación de estos EBVs se realiza utilizando información fenotípica e información genealógica, con esto se identifica el mérito genético aditivo de cada animal y se separa de los efectos ambientales (Falconer y MacKay, 2001). De lo anterior se deduce que es de vital importancia contar con registros productivos individuales (fenotipo), así como registros genealógicos precisos (Cuadro 4.2), cada característica que se quiera mejorar debe ser medida en forma individual en la población. Para la identificación precisa de los

animales se utiliza un dispositivo con un código numérico único, esto dentro del mismo predio y a través de predios, de modo que no exista posibilidad de repetición de números en el tiempo (Figura 4.3). Por ejemplo, el objetivo de mejora puede ser generar reproductores que favorezcan el aumento de los ingresos por producción de mayor cantidad de carne por animal, para lo cual la empresa ha definido que requiere aumentar el peso al destete, el rendimiento a la canal o la proporción de cortes de mayor valor. Dado que la ganancia de peso en rumiantes es una característica fuertemente influenciada por la alimentación (ambiente), el procedimiento estadístico usado en la estimación del valor de cría del reproductor debe ser capaz de separar el valor ambiental para poder identificar cuáles son los animales de mayor valor genético aditivo (De la Barra y cols., 2012). Algunos efectos no genéticos importantes a considerar en las estimaciones de valor genético aditivo son: sexo, edad, tipo y año de parto, época de encaste, tipo de alimentación, etc. El análisis de toda esta información (producción y genealogía) es el tercer paso de un programa de mejoramiento genético que nos lleva a la identificación de animales genéticamente superiores. Este es el objetivo de la genética cuantitativa y se basa en métodos matemáticos y estadísticos cuya mejor versión es la metodología conocida como BLUP (en inglés *Best Linear Unbiased Prediction*; Henderson, 1988) o “Mejor Predictor Lineal Insesgado”. La estimación del mérito genético aditivo podrá ser diferente a lo observado productivamente en el propio animal, ya que esto último pudo ser influenciado fuertemente por el ambiente o por otros efectos genéticos (dominancia o epistasia) que no se traspasan a la descendencia. Por lo tanto, no siempre un animal que ha presentado buenos registros de producción indica que este es genéticamente bueno y que reflejará esta tendencia en su progenie. Es muy importante considerar que la metodología BLUP entrega estimaciones de valor genético aditivo que son relativas al promedio de la población de animales de donde se obtuvieron los datos para hacer el análisis, por tanto, la extrapolación de estos valores a otras poblaciones que no participan en la base de datos es matemáticamente incorrecta.

Cuadro 4.2. Ejemplo de planilla de registro de pariciones (Fuente: Elaboración propia).

Animal	Sexo	Fecha de nacimiento	Madre	Lactancia	Padre	Tipo de parto*	Lote	Peso al Nacimiento (kg)
45009	M	11-10-2019	380/04	4	711251	1	1	4,2
45109	H	15-10-2019	420/05	3	711274	2	1	3,1
45209	M	15-10-2019	420/05	3	711290	2	1	3,1
45210	M	21-10-2019	421/02	2	712753	1	2	4,0
45214	H	03-11-2019	422/05	2	712772	1	2	4,5

M, macho; H, hembra; *1, parto simple; 2, parto doble.



Figura 4.3. Ejemplo de dispositivo (crotal) de identificación único (Extraído de De la Barra y cols., 2012).

Es posible que en un plantel el objetivo de selección se alcance con más de una característica o criterio. En ovinos, por ejemplo, la producción puede orientarse a carne y/o lana o en algunos casos a leche (Safari y cols., 2005; Cuadro 4.3).

La tendencia mundial durante el último tiempo ha sido especializar los sistemas de producción, así, los sistemas de carne utilizan razas cada vez más especializadas en conformación y prolificidad, y sistemas de lana utilizan

Cuadro 4.3. Características productivas utilizadas como criterios de selección en producción pecuaria (Modificado de Bravo y Romero, 2012).

Producción de Carne	Producción de Lana	Producción de Leche
Peso corporal (al nacimiento, al destete, a la faena; en kg)	Peso del vellón sucio y limpio (kg)	Producción de leche (litros)
Calidad de canal (espesor de grasa dorsal medido en el punto C*, en mm)	Rendimiento al lavado (%)	Composición de la leche (% grasa, % proteína)
Calidad de canal (área de ojo del lomo medido en el punto C*, en mm)	Largo de mecha (mm)	Producción de grasa y/o proteína (kg)
	Diámetro de fibra (micras)	

genotipos productores de lanas más finas o de fibras especiales. Ahora si el productor quiere desarrollar más de un rubro, seleccionará animales doble propósito y unificará las áreas productivas dando una ponderación a cada una de las características de acuerdo al rédito económico que estas entreguen. En este caso, se usa un índice de selección o de mérito total en el cual se pondera la relevancia de cada característica de acuerdo a su importancia económica en los mercados donde los sistemas productivos se desarrollan o comercializan (Lembeye y cols., 2014).

De esto se desprende que el cálculo de los valores económicos de estas variables debe realizarse en cada ambiente o territorio pues su ponderación económica puede ser distinta en cada región. Es por esto que existen diferentes índices de selección en los países o incluso en distintas regiones dentro de un mismo país. Hay que señalar que cuando se selecciona para alguna característica se está seleccionando en forma indirecta para otras que pueden estar correlacionadas a esta. En algunos casos las características pueden estar genéticamente relacionadas (correlación) y por tanto suelen variar en el mismo sentido u opuesto. Un índice de selección, para seleccionar por más de una característica, permite lograr el máximo progreso genético por unidad de tiempo y se expresa en unidades monetarias, el valor del índice en un animal expresa el mérito genético-económico de este. Cada variable productiva debiera ser incorporada al índice de acuerdo a su importancia económica relativa y a las necesidades de la industria o mercado en donde los sistemas productivos se desempeñan (Carvajal y cols., 2012). No obstante, hay que considerar que, a mayor número de características incorporadas al índice de selección, menor será el avance genético en cada una de ellas. Sin embargo, si cada una de las características incluidas en el índice contribuye significativamente a alcanzar el objetivo, el avance genético-económico será mayor.

El primer paso para implementar un índice de mérito total es definir el genotipo agregado a través de una función del objetivo de mejoramiento. Esta función requiere conocer el valor genético verdadero de cada característica incluida en el índice. Matemáticamente se expresa como:

$$T_j = v_1 A_{1,j} + v_2 A_{2,j} + \dots + v_t A_{t,j}$$

Donde:

- T_j = mérito genético total o genotipo agregado del animal j.
- v_i = valor económico de la característica i (i= 1, 2,...,t).
- A_{ij} = valor genético verdadero del animal j para la característica i.
- t = número de características incluidas en el índice.

El valor económico de una característica (v_i) se define como el cambio

de rentabilidad cuando se aumenta el rendimiento en una unidad de esa característica manteniendo las otras constantes. Dado que el mérito genético verdadero (A_{ij}) no es conocido, para la aplicación de un índice éste tiene que ser estimado. Veamos un ejemplo:

$$I = (\$100 \times EBV_{PN}) + (\$200 \times EBV_{PD}) + (-\$25 \times EBV_{CP})$$

Donde I representa el índice o mérito genético del animal y EBV el valor genético estimado para cada característica: PN, Peso al nacimiento, PD, peso al destete, CP, carga parasitaria. En este ejemplo el índice de selección incluye 3 características, siendo igual a la sumatoria del valor genético del peso al nacimiento más el peso al destete, menos el valor genético de la carga parasitaria, cada una de ellas ponderada por su valor económico.

Los modelos estadísticos a usar en la estimación de valores genéticos aditivos se basan en información productiva individual de cada animal y de los parientes de éste. La mayor cantidad de información que sea factible de recopilar permitirá incrementar la seguridad de los valores genéticos estimados. En general, los predios manejan información histórica de partos, de pesos, de rendimientos, entre otros, si esto está acompañado de una buena identificación de los animales puede usarse como punto inicial en la estimación de valores genéticos. Sin embargo, la generación de bases para el mejoramiento genético también puede partir de cero, es decir, en planteles que no tienen dichos registros, pero se organizan y articulan para generarlos y, en la medida que la base de datos se amplíe en el tiempo, se podrá estimar de mejor forma el valor genético aditivo para cada animal en cada una de las variables de interés. Lo anterior indica que el sistema de evaluación usa información histórica, por lo tanto, la identificación individual única de los animales a través del tiempo, su filiación genealógica y sus mediciones fenotípicas, son de crucial importancia.

Como resultado de la evaluación genética se obtienen estimaciones del valor genético aditivo de un animal (EBV, una estimación de A_{ij}), con lo que es posible proceder a ordenarlos jerárquicamente en un ranking y hacer su selección (Cuadro 4.4); esto es, decidir qué animales se utilizarán como reproductores. Con la metodología estadística disponible, cada animal que se incluya en el análisis obtiene una estimación de su valor genético; el animal en cuestión puede haber tenido uno o más registros de producción, o puede no tener registros y estar emparentado con animales dentro del análisis que tienen registros (Henderson, 1988).

Cuadro 4.4. Ejemplo de ranking de evaluación genética estimando EBV y DEP para peso al destete (Modificado de De la Barra y cols., 2012).

Ranking	Crotal	Criadero	EBV	DEP
1	45344	Santa Renata	+2,12	+1,06
2	45725	Eleonor	+2,06	+1,03
3	45876	Pirámide	+1,98	+0,99
58	45665	Santa Renata	+0,02	+0,01
79	46224	Bidaurre	-0,80	-0,40
127	48778	Eleonor	-1,34	-0,67
223	48945	La Serena	-1,56	-0,78

La estimación del valor genético aditivo está libre de otros factores ambientales como son edad del animal, rebaño o mes de nacimiento. La interpretación de un valor genético de peso al destete de +10 kilos, por ejemplo, es la siguiente: si este reproductor se cruza al azar con hembras de la población, el valor genético aditivo promedio de su progenie (hijos e hijas) será de 5 kilos por sobre el promedio de la población. La desviación promedio de la progenie es la mitad del valor genético aditivo (o sea 5 kg) y se conoce como Desviación Esperada de la Progenie (DEP) la cual permite comparar animales entre distintos años, cabañas y categorías; son las DEPs las que en general aparecen publicadas en catálogos de comercialización de reproductores. Por ejemplo, si el criterio de selección que se quiere mejorar en una población bovina es peso al destete se escogerán como reproductores a aquellos toros que tengan una DEP alta para peso al destete. Lo anterior considera que los animales con mayores DEPs para peso al destete descritos en el ranking también reúnen las características morfológicas de acuerdo a los estándares de su raza o muchas veces a preferencias personales del criador propietario del rebaño. Otro parámetro importante en las evaluaciones genéticas es la confiabilidad de la DEP, la cual refleja la correlación entre el valor genético verdadero de un animal (el cual es desconocido) y su predicción. Su valor oscila entre 0 y 1 y depende de factores como el número de registros y de parientes considerados en el análisis y la heredabilidad de la característica. Veamos un ejemplo sobre la comparación de DEPs en bovinos de carne (Cuadro 4.5):

Cuadro 4.5. Comparación entre DEPs de dos toros para ganancia de peso (Fuente: Elaboración propia).

DEP (kg)	Parámetro		
Toro	Peso al nacimiento	Peso al destete	Peso al año
A	+2,2	+10,0	+18,0
B	-0,5	+3,2	+13,5
Diferencia	2,7	6,8	4,5

Los valores de DEP no implican que el toro A aumentará en 2,2 kg el peso al nacimiento de su progenie, ni adicionará 10 kg al destete o 18 kg al año. Lo que indica son las diferencias entre los dos toros (A y B) respecto a los pesos promedio de sus crías si fueran cruzados con el mismo grupo de vacas. Así, las crías del toro A tendrán un potencial genético de pesar 2,7 kg más al nacer que las crías del toro B, y 6,8 y 4,5 kg al destete y al año, respectivamente. Es necesario mencionar que estas DEPs son estimaciones relativas a la población donde se obtuvieron los datos para estimarlas, si un mismo reproductor se analiza en otra población la estimación de sus DEPs puede ser diferente.

Selección Genómica.

Como se mencionó en el capítulo 1, los avances en los conocimientos del genoma de bovinos y ovinos han dado origen a paneles con miles de polimorfismos que pueden ser asociados a distintas características productivas. La comercialización de estos paneles ya es una realidad en cooperativas dedicadas a la venta de reproductores y está impactando fuertemente la industria lechera y también cárnica (Figura 4.4).



Figura 4.4. Chip (panel) para el análisis de marcadores genéticos tipo SNP (Fuente: Google sites; <https://sites.google.com/a/irri.org/snp-genotyping-mmml/services/infinium-6k>).

En el esquema clásico de evaluaciones genéticas para producción de leche el valor genético aditivo de un toro se estima, como ya se mencionó, usando la evaluación productiva de su descendencia. A mayor número de descendientes

evaluados, mayor confianza o precisión en la estimación del mérito genético del toro. Sin embargo, para obtener una evaluación con cierta seguridad, esto es más de un 65%, se requiere un tiempo considerable desde que nace el toro hasta tener registros de producción de leche de sus primeras hijas (4-5 años). La selección genómica consiste en agregar a la estimación cuantitativa del mérito genético de un animal la información de los marcadores propios (SNPs) y los de una población de referencia, los cuales se asocian a diferentes características de interés productivo, y que además posee evaluación genética (Meuwissen y cols., 2001; Figura 4.5).

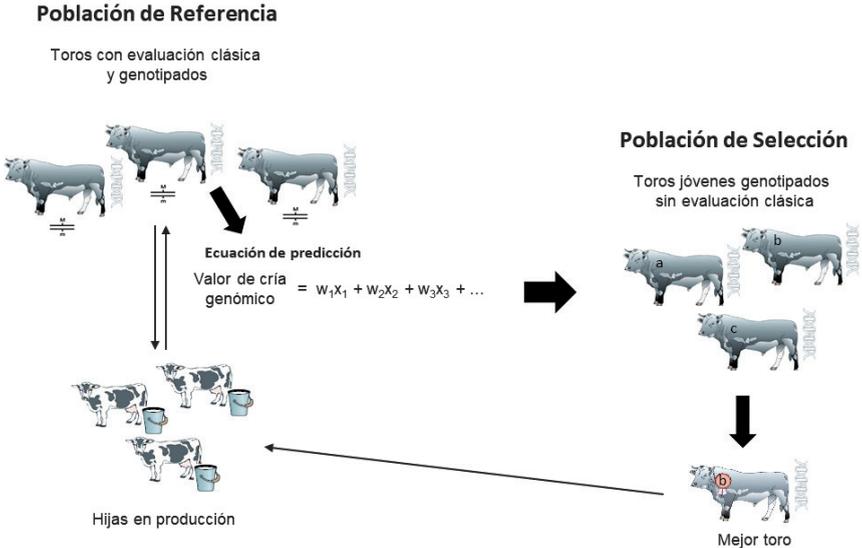


Figura 4.5. Esquema explicativo del proceso de selección genómica. Toros con evaluaciones genéticas convencionales son genotipados utilizando plataformas comerciales de marcadores tipo SNP conformando una población de referencia. El efecto de cada marcador sobre las variables productivas permite construir una ecuación de predicción que se utiliza para identificar los toros candidatos (población de selección) que poseen esa misma distribución de marcadores permitiendo la identificación de animales elite que serán utilizados como reproductores. Al mismo tiempo, dichos animales seleccionados son incorporados a la población de referencia una vez que se disponga de la información fenotípica de sus descendientes (Fuente: Elaboración propia).

La selección genómica permite evaluar características de difícil o tardía medición o de baja heredabilidad (ej. calidad de canal, resistencia a enfermedades o longevidad) y dado que el análisis se puede hacer a una corta edad del animal (de hecho, desde el nacimiento), aumenta la intensidad de selección, se reduce

significativamente el intervalo generacional y con esto aumenta la ganancia o progreso genético. Las primeras evaluaciones genómicas comenzaron a realizarse en Canadá, USA y Australia en 2008 en bovinos lecheros Holstein y Jersey mantenidos en sistemas confinados dado las excelentes bases de datos fenotípicos, y ya en 2016 varios reportes concluían que estas predicciones eran bastante comparables con los promedios de los padres evaluados mediante esquemas clásicos para la gran mayoría de los rasgos examinados (fertilidad, vida productiva y salud mamaria), y se logró una gran reducción en el intervalo generacional. Estas conclusiones han sido reafirmadas por estudios realizados en Canadá, Nueva Zelanda, Holanda y Escandinavia, entre otros (VanRaden y cols., 2009; Wiggans y cols., 2016). En bovinos de carne hoy existen paneles para evaluaciones genómicas en Angus. Hay que recalcar que la información genómica es adicional y complementaria a la obtenida en los programas convencionales. En bovinos de leche se ha incorporado la evaluación genómica lo que no reemplaza la evaluación genética tradicional, esto es un complemento que necesita de la plataforma cuantitativa, pero tiene la ventaja que permite tener estimaciones de DEPs a una edad mucho más temprana reduciendo el intervalo entre generaciones lo que acelera el cambio genético. Hasta ahora el uso de información genómica no elimina la necesidad de tomar registros fenotípicos (producción) ni genealógicos.

Hay que recordar que el proceso de aumentar la frecuencia de genes superiores en una población para una característica cualquiera requiere que la orientación de dicho proceso se mantenga en el tiempo. La interrupción de un programa de mejoramiento genético, la modificación de los objetivos de selección, el cambio de raza, la gestión confusa de datos, el cambio o pérdida del sistema de identificación individual y el encaste eventualmente involuntario o descontrolado de parte del rebaño son aspectos que inciden en que en muchos planteles el avance genético neto pueda ser neutro o incluso negativo. Estas acciones inevitablemente derivarán en un despilfarro de la totalidad de los recursos implicados hasta el momento, debiendo partir nuevamente con el proceso.

II) Cruzamiento.

Otra herramienta para el mejoramiento genético de los planteles es el cruzamiento o exogamia. Esta herramienta se utiliza normalmente para características de baja heredabilidad y es muy utilizada en producción animal pues, a diferencia de la selección genética cuyos resultados son más lentos y debe realizarse a nivel de poblaciones, esto genera cambios importantes de forma rápida y puede ser realizada directamente por el propio productor (FAO,

2010). La desventaja de los cruzamientos es que el 100% de la mejora genética solo se observa en la primera generación, en las futuras generaciones esto disminuye y se hace necesario la gestión de un programa de cruzamientos para mantener parte de la ganancia observada en la primera generación.

Los programas de cruzamientos pueden utilizarse para cruzamientos sostenidos (es decir para la producción continua de animales cruce), para cambiar una raza local a través de la absorción o para crear una raza nueva (sintética) que combine las características deseadas de dos o más razas (Mekonnen y cols., 2020). Sin embargo, el cruzamiento es exitoso sólo si se logra mejorar de forma sostenida y acumulativa una característica del animal y, por tanto, requiere un buen conocimiento de los requerimientos de las razas involucradas (ej. alimentación), buena organización del productor y la identificación precisa de los animales para evitar el cruce de animales emparentados o consanguinidad (Ganzábal y cols., 2002; González y Tapia, 2017). En el caso de los ovinos, los cruzamientos utilizan la diversidad genética existente en las diferentes razas con el objeto de aumentar la productividad respecto al promedio de razas puras. Así, las razas pueden clasificarse como de propósito general, maternas y paternas. Las maternas son seleccionadas preferentemente como vientres de rebaño para producir corderos de mercado y se destacan por su adaptabilidad, longevidad y aptitud reproductiva. Ejemplo de estas son las razas Merino, Romney Marsh, Chilota y Araucana. Las razas paternas son seleccionadas y se utilizan para producir corderos de mercado de alto peso y buena sobrevivencia, velocidad de crecimiento y carcasa. También destacan por su fertilidad y longevidad. Ejemplo de estas son Texel, Suffolk y Hampshire. Razas de propósito general son Dorset, Coopworth y Corriedale (para más detalles de las razas ovinas ver el capítulo 5). El cruzamiento, propiamente tal, se define como el apareamiento de animales de una misma especie, pero de distinta raza o constitución genética, y su objetivo es incorporar genes superiores mediante la absorción o formación de razas (Leymaster, 2002). Producto de este cruzamiento se genera un producto (descendencia) cuyo valor genético depende de los efectos aditivos de cada raza utilizada y de la heterosis (o vigor híbrido). Esta última consiste en que, producto del cruzamiento (mezcla de genes paternos y maternos), se observa que la progenie presenta un valor para la característica de interés mayor al promedio de ambas razas (Pala, 2010). La heterosis es importante en características como habilidad materna, producción de leche y sobrevivencia de corderos, y menos acentuada en características de lana.

En general los cruzamientos se clasifican en absorbentes y rotacionales y a continuación se resumen sus principales características:

A) Cruzamiento Absorbente. Este método se utiliza para sustituir una raza por otra, habitualmente por diferencias muy grandes en una característica de

mucho valor productivo (Figura 4.6). El método es lento y requiere persistir en el cruzamiento por algunos años, hasta que la raza original desaparece y da paso a un rebaño de la raza con que se hizo la absorción. El tiempo requerido para reemplazar la raza es de cuatro generaciones (Figura 4.6) y normalmente resulta más económico que la venta de los animales locales y la compra de animales de la raza que se quiere incorporar. Para la absorción debe considerarse el nivel de adaptación de la raza a incorporar al ambiente local con el objeto de evitar bajas en el nivel de fertilidad o un menor desarrollo.

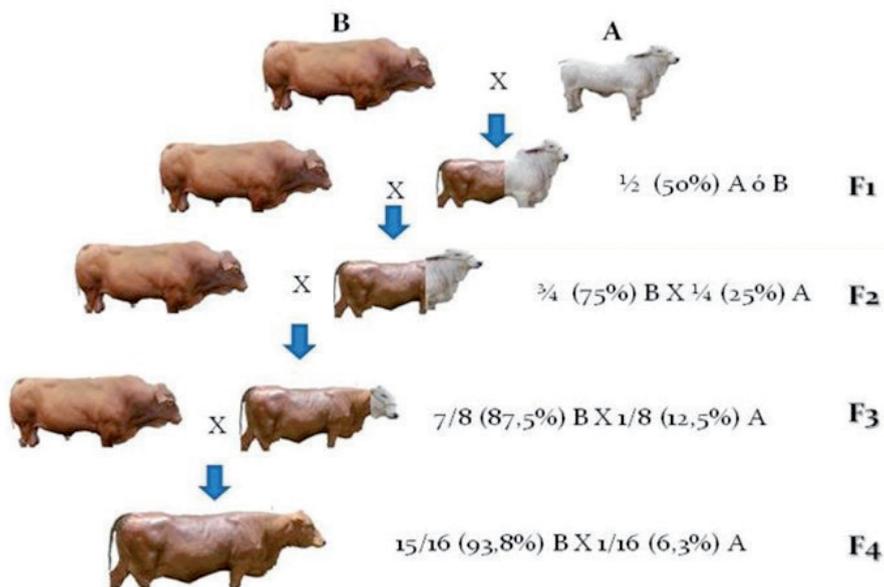


Figura 4.6. Esquema de cruzamiento absorbente de dos razas bovinas para reemplazar la raza A por la raza B. F1 a F4, generaciones resultantes (Extraído de Bueno, 2018).

B) Cruzamiento Absorbente Incompleto. Muchas veces el cruzamiento absorbente se interrumpe en un punto intermedio entre las dos razas implicadas, generándose una población animal intermedia distinta a la raza absorbida y distinta de la absorbente, esto es una nueva raza y cuando se origina de dos razas conocidas se denominan razas sintéticas. Una vez lograda la mezcla de razas deseadas esta se cruza entre sí, sin la participación de las razas originarias. El tiempo requerido es altamente variable, pero se requieren, en ovinos, a lo menos 15 años de cruzamiento sostenido para generar grados de homogeneidad aceptables (Latorre y cols., 2011). Como consecuencia de este tipo de cruzamiento emergen poblaciones o biotipos

nuevos, que una vez estabilizados pueden derivar en nuevas razas. Un ejemplo de este proceso en el país ha sido la introducción de carneros Merino sobre vientres Corriedale en la región de Magallanes con el objetivo de afinar la lana, cuyo resultado generó el ovino Marin Magellan Meat Merino inscrito oficialmente como raza en 2011 (De la Barra y cols., 2018), o el cruzamiento de cuatro razas (Finish, Dorset, Border y Merino) para generar un biotipo de orientación cárnica de alta prolificidad y productividad (De la Barra y cols., 2020).

- C) Cruzamiento Terminal.** Es el tipo de cruzamiento más común y tiene por objeto modificar rápidamente las características productivas del rebaño, pero sin llegar a introducir los genes de la raza del carnero en el rebaño (Bianchi, 2006). En este caso se cruzan las ovejas de la raza base del plantel con carneros de una raza distinta poseedora de los atributos deseables (ej. mayor carcasa), considerando aspectos de la complementariedad entre las razas. Por ejemplo, una madre con buena habilidad materna y bajo requerimiento alimenticio y un padre de buen crecimiento y rendimiento carníco para generar animales para venta de carne. Hay que hacer notar que este tipo de cruzamiento requiere extraer (vender o faenar) la totalidad de la descendencia producto de la cruce, hembras y machos. Esto es de especial cuidado ya que, en la práctica, el alto valor de las corderas de reposición hace que se retengan animales híbridos. No sólo eso, como los animales nacidos serán más grandes que el promedio de sus padres por efecto del vigor híbrido, existirá la tentación de dejar algunos corderos para utilizar como carnerillos. Lo anterior es incorrecto dado que estas hembras y machos son híbridos y no están genéticamente estabilizados, el efecto de la heterosis se debe a genética de dominancia o epistática que no se hereda y que desaparecerá en las siguientes generaciones. La retención de animales híbridos en el rebaño iniciará la transformación descontrolada de la población, eliminando la homogeneidad del tipo animal y haciendo aparecer distintos tipos animales al cruzarse híbridos con híbridos, perjudicando fuertemente la calidad del plantel. Por tanto, para aplicar este tipo de cruzamiento debe existir un plan claro para el destino de toda la progenie cuando no todo este producto se destine al mercado. Lo anterior indica que debe existir un núcleo de la raza materna que provea los reemplazos de las hembras de raza pura del rebaño. El macho a usar en el cruzamiento puede ser comprado en cabañas de prestigio para no tener la necesidad de tener otro núcleo en el predio.
- D) Cruzamiento Rotacional.** En este caso se alterna la raza paterna a utilizar en cada generación y las madres a utilizar son híbridas que se van generando en el mismo rebaño. En general demanda un muy buen manejo y organización predial. Puede realizarse con dos o más razas, a mayor número de razas

mayor es la heterosis posible de retener. Un manejo inadecuado de este tipo de cruzamiento puede generar resultados que no son los esperados.

Dentro de los cruzamientos rotacionales se han desarrollado varios esquemas de acuerdo al número de razas a usar y a la frecuencia de cambio de la raza padre. Uno de estos esquemas se muestra en el Cuadro 4.6 con dos razas que se cambian en cada generación y donde el máximo posible de heterosis a ser usada luego de la cuarta a quinta generación se mantiene en 66%. Si lo mismo se realiza con tres razas se puede usar hasta un 85% de heterosis.

Un sistema sencillo de cruzamientos rotacionales posible de ser usado en rebaños bovinos de carne de hasta 35-40 vientres y que no requiere mucha dependencia de registros es el siguiente (Cuadro 4.7): suponga que el rebaño tiene vacas (35) de la raza Hereford. Estas se pueden cruzar el año 1 con un toro de la raza Angus y el segundo año con el mismo toro Angus. El tercer año se elimina este toro y se usa un nuevo toro de la misma raza Angus, el que también se ocupa el cuarto año. El tercer año este nuevo toro Angus cubrirá vacas Hereford que aún permanecen en el rebaño y las hijas del primer toro Angus, que son una mezcla de ambas razas (HA), por lo que algo de heterosis se conseguirá. El quinto año, cuando las hijas del nuevo toro Angus ya son vaquillas de encaste, se cambia el nuevo toro Angus por otro de la raza original Hereford, este toro se usa por dos años y el séptimo año se cambia este por un nuevo Hereford que se usa también el octavo año. De esta forma los toros no cubren a sus hijas y la raza paterna va rotando para utilizar parte de la heterosis. El séptimo año ya no quedarán vacas originales Hereford del rebaño inicial y todas las madres son cruza con diferentes proporciones de

Cuadro 4.6. Efecto de un esquema de cruzamiento rotacional entre dos razas sobre la heterosis directa en bovinos de carne. Un plantel originalmente de bovinos Overo colorado (OC) es cruzado alternadamente con machos de raza Angus rojo (AR) y OC. Se observa un valor de heterosis estabilizado en aprox. 66% (Fuente: Elaboración propia).

Generación	Raza Madre	Raza Padre	Progenie	Heterosis
0	Ov. Colorado	Angus Rojo	50% OC - 50% AR	100%
1	50% OC - 50% AR	Ov. Colorado	75% OC - 25% AR	50%
2	75% OC - 25% AR	Angus Rojo	37,5% OC - 62,5% AR	75%
3	37,5% OC - 62,5% AR	Ov. Colorado	68,8% OC - 31,3% AR	62,5%
4	68,8% OC - 31,3% AR	Angus Rojo	34,4% OC - 65,6% AR	68,8%
5	34,4% OC - 65,6% AR	Ov. Colorado	67,2% OC - 32,8% AR	65,6%
6	67,2% OC - 32,8% AR	Angus Rojo	33,6% OC - 66,4% AR	67,2%
7	33,6% OC - 66,4% AR	Ov. Colorado	66,8% OC - 33,2% AR	66,4%
8	66,8% OC - 33,2% AR	Angus Rojo	33,4% OC - 66,6% AR	66,8%

ambas razas (H+ y A+), de esta forma se usa parte de la heterosis materna y parte de la heterosis directa.

La única preocupación del productor en este esquema es que cada dos años debe adquirir un toro nuevo y la raza de éste la debe cambiar cada cuatro años. Idealmente el toro a introducir debe venir de un predio que haga mejoramiento genético por las características que interesen al productor. Este esquema puede ampliarse usando tres razas, y otras modificaciones son también posible, pero para evitar problemas de parto debe utilizarse razas del mismo tamaño, dado que el efecto del vigor híbrido producirá descendientes que superen el promedio de las razas puras.

Es importante señalar que la selección genética dentro de razas y el cruzamiento entre razas son herramientas de mejoramiento no excluyentes, sino que complementarias. Es el cabañero quien cría las razas puras y hace selección genética dentro de su raza y es el productor comercial quien ha decidido usar algún sistema de cruzamientos entre razas para beneficiarse del vigor híbrido. Por otro lado, es importante recordar que el biotipo local suele ser el mejor adaptado al sistema de producción vigente, y cualquier cambio de raza debe considerar la compatibilidad de esta con el sistema y las condiciones medioambientales propias, así como los requerimientos del mercado (demanda). En general, se recomienda mejorar el biotipo disponible (aun siendo criollo o no definido) antes de promover su reemplazo. Los genotipos criollos pueden tener producciones bajas pero sus características de rusticidad y adaptación podrían perderse si se reemplazan completamente por razas más productivas.

Cuadro 4.7. Esquema de cruzamiento rotacional modificado de dos razas para rebaños pequeños (Fuente: Elaboración propia).

Año	Toro	Madres
1	Angus	Hereford
2	Angus	Hereford
3	Nuevo Angus	Hereford y HA
4	Nuevo Angus	Hereford y HA
5	Hereford	Hereford y A+
6	Hereford	Hereford y A+
7	Nuevo Hereford	H+ y A+
8	Nuevo Hereford	

H+ y A+ HA: animales producto de cruce Hereford con Angus, 50% de cada raza. A+, animales producto de cruce con un poco más de 50% de genética Angus. H+, animales producto de cruce con un poco más de 50% de genética Hereford.

Bibliografía

- Amer PR. (2000) Trait economic weights for genetic improvement with SIL. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. Pp. 189-191.
- American Angus Association (2021). <https://www.angus.org/Nce/GeneticTrends.aspx> (Accesado en enero de 2021).
- Bianchi G. (2006) Alternativas tecnológicas para la producción de carne ovina de calidad en sistemas pastoriles. Editorial Hemisferio Sur. 283 p.
- Bravo S y Romero O. (2012) Mejoramiento genético en ovinos. En: O. Romero y Bravo S. (Eds.). *Fundamentos de la producción ovina en la Región de La Araucanía*. Boletín N°245. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA.
- Bueno H. (2018) Cruzamientos. ENGORMIX Ganadería. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/buenovet-cruzamientos-t42274.htm> (Accesado en marzo de 2020).
- Carvajal AM, De la Barra R y Uribe H. (2012). Objetivos de la mejora genética en bovinos de leche. Informativo INIA Remehue N°88.
- De la Barra R, Carvajal A y Uribe H. (2012) Bases para el mejoramiento genético ovino. En: O. Strauch y R. Lira (Eds.). *Bases para la producción ovina en Magallanes*. Boletín N°244. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. 151 p.
- De la Barra R, Martínez ME y Carvajal AM. (2018) Conservación genética y registro de nuevas razas ovinas en Chile. Archivos Iberoamericanas de Conservación Animal 12: 9-15.
- De la Barra R, Carvajal AM, Bravo R & Martínez ME. (2020) Stabilization of the morphostructure of a sheep population from a quadruple crossbreeding scheme. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal 15: 11-17.
- Falconer DS y Mackay TFC. (2001) Introducción a la genética cuantitativa. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 500 p.
- FAO. (2010) Estrategias de mejora genética para la gestión sostenible de los recursos zoogenéticos. Food and Agriculture Organization. 168 p.
- Ganzábal A, De Mattos D, Montossi F, Ranchero G, y cols. (2002) Inserción de tecnologías de cruzamientos ovinos en sistemas intensivos de producción: Resultados preliminares obtenidos. INIA Serie Técnica. Pp. 109-130.
- González V y Tapia M. (2017) Manual de manejo ovino. Boletín N°03. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. 156 p.

- Greeff J, Kinghorn BP & Brown D. (2010) Breeding and selection. *En: International sheep and wool handbook*. Ed. Nottingham University Press. UK. Chapter 8, Pp. 165-188.
- Henderson C. (1988) Progress in statistical methods applied to quantitative genetics since 1976. *En: Weir BS, Eisen EJ, Goodman MM and Namkoong G. (Eds.). Proceedings of the Second International Conference on Quantitative Genetics*. Sinauer Sunderland, Mass., USA. Pp. 85-90.
- Latorre E, Uribe H, Martínez M, Calderón C & De la Barra R. (2011) Morphology differentiation and structural functionality of ewes due to uncomplete crossbreeding. *International Journal of Morphology* 29: 954-959.
- Lembeye F, Castellaro G, Magofke JC & Uribe H. (2014) Selection indexes and criteria comparisons in Merino precoz sheep kept under range conditions in central Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria* 46: 389-397.
- Leymaster K. (2002) Fundamental aspect of crossbreeding of sheep: Use of breed diversity to improve efficiency of meat production. *Sheep and Goat Research Journal* 17: 50-59.
- Mekonnen T, Tadesse Y & Meseret S. (2020) Genetic improvement strategy of indigenous cattle breeds: Effect of cattle crossbreeding program in production performances. *Journal of Applied Life Sciences International* 23: 23-40.
- Meuwissen TH, Hayes BJ & Goddard ME. (2001) Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics* 157: 1819-1829.
- Pala A. (2010) Crossbreeding in beef cattle using terminal sires. Evaluation of beef breeds Aberdeen-Angus, Hereford, Gelbvieh, Brangus, Salers and Simmental. VDM Verlag. 112 p.
- Safari E, Fogarty N & Gilmour A. (2005) A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. *Livestock Production Science* 92: 271-289.
- Simm G. (1998) Genetic improvement of cattle and sheep. Farming Press, United Kingdom. 433 p.
- VanRaden PM, Van Tassel CP, Wiggans GR, Sonstegard TS, Schnabel RD, Taylor JF & Schenkel FD. (2009) Reliability of genomic predictions for North American Holstein bulls. *Journal of Dairy Science* 92: 16-24.
- Wiggans GR, Cole JB, Hubbard SM & Sonstegard TS. (2016) Genomic selection in dairy cattle: The USDA experience. *Annual Reviews of Animal Biosciences* 5: 309-327.

CAPÍTULO 5

RAZAS OVINAS EN LA PATAGONIA VERDE

María Eugenia Martínez P.

Bióloga, Dr. Producción Animal

Rodrigo de la Barra A.

Ingeniero Agrónomo, Investigador

INIA Remehue

5.1 Introducción

En Chile, la producción ovina tradicionalmente se ha desarrollado bajo estrategias extensivas, en condiciones de adversidad climática o geográfica y ocupando terrenos marginales asociados habitualmente con bajos niveles productivos de las praderas y bajas cargas animales por unidad de superficie, con bajos índices reproductivos y productivos, lo que se traduce en una baja rentabilidad. Dada la influencia del ambiente en la expresión de los genes, la adecuada elección del genotipo ovino para la producción de carne bajo estas condiciones es una decisión fundamental. Probablemente en este punto no haya una única respuesta, ya que esta decisión depende de un cúmulo de factores que interactúan entre sí, tales como el propósito productivo (carne, lana o ambos), el potencial forrajero del predio en particular o la disponibilidad de animales de raza en el territorio (Castellaro, 2006). La mayoría de las razas ovinas presentan niveles medios a altos de rusticidad, y se manejan en sistemas de producción con un alto grado de exposición a los factores ambientales. Esto es posible gracias a que la especie aún conserva parte importante de los atributos de sus ancestros salvajes, pero a la vez posee características adecuadas para la domesticación, como su baja agresividad, tamaño pequeño, pronta madurez sexual, carácter gregario y alta tasa de reproducción (Sponenberg, 2017).

La cantidad de razas que hay en un territorio, los tipos de cruzamientos y la proporción de híbridos son aspectos esenciales a considerar para comprender las alternativas de desarrollo de la ganadería ovina y el potencial productivo que puede alcanzar en ese territorio. En el presente capítulo se presentan las razas ovinas existentes en la Patagonia Verde.

5.2 Las razas ovinas en Chile

Los ovinos se introducen a Chile en la época de la conquista española desde

Perú (Carvalho, 1875). Se cree que, a partir de esta introducción, se dispersaron de norte a sur hasta llegar a la zona Austral de Chile (Gay, 1862). Este proceso de poblamiento ha generado singularidades en la estructura de razas sobre la cual se cimienta la producción ovina actual y futura (Mujica, 2006; De la Barra y cols., 2018). Por una parte, el ovino de origen ibérico constituye la población basal del país (De la Barra y cols., 2012); posteriormente, se producen sucesivos procesos de importación de pequeñas dotaciones de reproductores de diversas razas orientadas a obtener mayores rendimientos productivos.

A nivel mundial se estima que en la actualidad existen unas 1.200 razas de ovinos (FAO, 2016). Algunas son especializadas en un tipo de producción (carne, lana o leche), mientras que otras tienen una orientación doble propósito (Jordana y Delgado, 2015). En Chile han existido muchas introducciones de razas y cruzamientos, algunas han quedado en aislamiento y otras han sido totalmente absorbidas por la genética predominante, lo que genera limitantes a superar y potencialidades a desarrollar. Así, algunos grupos ovinos han permanecido aislados por largos periodos en varias zonas del país, lo que hoy nos ha permitido rescatar y conservar poblaciones con interesantes procesos adaptativos y diferenciadas respecto a su origen (De la Barra y cols., 2018). Por otra parte, se ha utilizado esta base de origen ibérico y de otras razas importadas con posterioridad para ser absorbidas parcial o incompletamente, lo que ha dado curso a poblaciones raciales diferenciadas (Latorre y cols., 2011). Finalmente, también se ha dado que, en el intento de conservar las razas importadas en estado "puro", se han mantenido pequeños contingentes aislados, con un marcado efecto fundador, con esquemas de selección intensos y crecientes problemas de endogamia (Segura-Correa y Montes-Pérez, 2001; De la Barra y cols., 2014), lo cual también ha generado procesos de diferenciación respecto a las razas originales (De la Barra y cols., 2015; De la Barra y cols., 2016).

Así, la formación de razas ovinas se ha generado por efecto de las condiciones edafoclimáticas, pero también por selección humana dependiendo de cómo se utilizan estas razas en la producción animal. Por ello, es relevante observar qué va pasando con ellas, especialmente en los territorios apartados. Dada la amplia gama de poblaciones raciales contribuyentes a la población de genes que subyace a la producción ovina en Chile, en los últimos años se ha ido instalando la necesidad de conservar algunos de esos recursos genéticos, con el fin de salvaguardar las ventajas adaptativas que dichos recursos otorgan a la economía ganadera local (Segura-Correa y Montes-Pérez, 2001; Mujica, 2006; Jordana y Delgado, 2015).

En la actualidad, se estima que en Chile hay presentes 46 razas ovinas, de las cuales sólo 10 se encuentran registradas oficialmente ante el Servicio Agrícola y

Ganadero (SAG). Por otra parte, solo 15 razas poseen un censo superior a los 500 vientres (De la Barra y cols., 2018), con lo cual la mayor parte de ellas presenta problemas de endogamia, baja presión de selección y algún peligro de extinción, al menos dentro del país (Mujica, 2006). A esto se une que casi todas son parte de procesos de absorción incompletos, generando una alta variabilidad fenotípica en los distintos grupos raciales (Segura-Correa y Montes-Pérez, 2001; De la Barra y cols., 2016).

5.3 Razas ovinas presentes en el TPV

El territorio Patagonia Verde tuvo un poblamiento humano tardío respecto del resto de la región. Hacia 1905 se habrían asentado en la costa de Chaitén las primeras familias de colonos, provenientes de Chiloé. El establecimiento de asentamientos en el territorio fue progresivo pero lento. Así, en 1929 se fundan los poblados de Palena y Futaleufú, y en 1940 el de Chaitén, mientras que Hualaihué y Cochamó recién se fundan en 1979. A fines de 1966, un fallo arbitral del Reino Unido dictado por la reina Isabel II, a pedido de Chile y Argentina, pone fin a una controversia de límites en este territorio, por lo que un sector de la región queda jurídicamente bajo soberanía de Chile. Esto motivó que los colonos chilenos que vivían en la parte argentina cruzaran la frontera con gran cantidad de ganado ovino y bovino, lo que daría un impulso fundacional a la actividad ganadera de este territorio aislado (INDAP, 1984).

La Patagonia Verde es un territorio de geografía agreste y que exhibe condiciones agroecológicas limitantes para la producción ovina. Suelos de baja fertilidad, pastos de bajo valor forrajero y con un corto periodo de crecimiento, alta pluviometría durante gran parte del año, nieve en invierno, zonas de pastoreo de alta pendiente e innumerables accidentes geográficos son parte de la variedad de factores que actúan como conjunto sobre el rebaño y que restringen su expresión productiva. Debido a estas limitantes, el tipo animal que se use para producción, y más específicamente la raza ovina elegida, pueden ser parte de la solución para enfrentar de mejor manera los factores ambientales adversos que existen. Los animales a utilizar deben tener facilidad de adaptación al ambiente en que se desarrollan los sistemas productivos. Por el contrario, escoger un biotipo y/o raza no adaptados se transformará en otra limitante para la producción.

En este territorio, hoy en día, se pueden encontrar seis razas ovinas (De la Barra y cols., 2019). De ellas, tres corresponden a líneas paternas recomendadas para cruce terminal: Suffolk Down, Poll Dorset y Texel. Estas tres razas son de gran interés para mejorar las habilidades de producción de carne de los rebaños, ya que el principal ingreso proviene de la venta de corderos y no de lana, por lo

cual un animal de mayores dimensiones es relevante. Son razas grandes (sobre 140 cc de volumen, Cuadro 5.1). Texel y Dorset poseen una tasa de crecimiento media, mientras que Suffolk Down exhibe la mayor tasa. Como en esta zona el periodo de verano-otoño es corto, la estacionalidad reproductiva entre media a larga de estas tres razas permite un ajuste flexible a los sistemas productivos, pero exige el control del encaste, lo cual no es una práctica habitual. Debido a esto, se generan muchas “colas de parición” que aumentan la mortalidad y la producción de animales de bajo peso. Estas tres razas usadas para línea paterna no favorecen un mellizaje alto, lo cual para las condiciones de restricción alimentaria puede ser un buen atributo. Tampoco presentan una alta rusticidad, especialmente en la resistencia podal a la humedad, así como al pastoreo en zonas agrestes y de alta pendiente particularmente en el caso de Dorset y Texel. Por otra parte, se pueden encontrar tres razas orientadas a la línea materna: Chilota, Merino y Romney Marsh. Estos ovinos presentan un formato corporal más pequeño (123 cc en promedio, Cuadro 5.1) y con velocidades de crecimiento medias, aunque Merino puede competir sin problema con algunas razas paternas. No obstante, uno de los atributos más relevantes de las razas maternas justamente es ser de menor formato, lo que permite ajustarse a la menor disponibilidad alimenticia del invierno. Destaca la alta rusticidad de Merino y Chilota y su larga estacionalidad productiva, lo cual las dota de una alta flexibilidad adaptativa para este territorio de condiciones tan diversas. Merino exhibe un mejor desempeño en la zona cordillerana de este territorio, y Chilota en el cordón costero. Por su parte, la Romney es una línea menos rústica, de mayor prolificidad y de una estacionalidad productiva corta, lo cual en condiciones de un sistema productivo con menor restricción alimenticia la hace altamente productiva.

Cuadro 5.1. Habilidades productivas de las Razas presentes en TPV.

Raza	Velocidad de crecimiento (1)	Rusticidad (1)	Prolificidad (2)	Estacionalidad Reproductiva (3)	Tamaño (4)
Suffolk	9	2	4	Media	144,0
Dorset	5	4	3	Larga	159,3
Texel	6	5	3	Media	153,2
Chilota	5	8	5	Larga	119,7
Merino	6	8	3	Larga	130,5
Romney	5	4	5	Corta	118,5

(1) Escala de 1 a 9, siendo el 9 el nivel superior (adaptado de Thomas, 2008).

(2) Escala de 1 a 9, siendo el 9 el nivel superior (adaptado de Thomas, 2008 y ajustado de acuerdo a Avendaño y cols., 2005).

(3) Periodo del año en que se presenta celo (adaptado de Thomas, 2008).

(4) Centímetros cúbicos (alto por ancho y largo del animal; De la Barra y cols., 2015)

En Patagonia Verde la mayor proporción de los rebaños corresponde a animales de tipo híbrido que no son asignables a ningún biotipo racial en particular, observándose un mayor hibridismo en las comunas más aisladas (Palena, Futaleufú y Chaitén) y menor magnitud en las comunas más accesibles (Hualaihué y Cochamó). Los biotipos raciales predominantes en el territorio son Criollo (Chilota) y Suffolk Down, seguidos por otros como Texel, Dorset, Merino y Romney (De la Barra y cols, 2019). A continuación, se describen las principales características de estos biotipos:

i) Raza Suffolk Down. Original del Sudeste de Inglaterra, la raza ovina Suffolk Down llega a Chile a finales del siglo XIX para reemplazar al Merino. Es un animal rústico, de carácter vivaz y buena producción de carne, con gran popularidad entre los pequeños productores. En la actualidad está ampliamente distribuida en el país, pero en pocos casos como raza pura, sino en cruzamientos que coloquialmente se conocen como “caras negras”.

La cabeza (cara y orejas) y las patas son de color negro y libres de lana, y el resto del cuerpo es de color blanco (Figura 5.1). No presentan cuernos. El tamaño es mediano a grande (144 cc, cuadro 5.1); los carneros pesan de 90 a 150 kg, y las hembras de 60 a 90 kg. La espalda es larga, nivelada, con buena cubierta de músculo. Las patas son rectas y negras, con huesos planos, cubiertas de lana



Figura 5.1. Carnero Suffolk Down.

hasta la rodilla y corvejones, limpias hacia abajo. Son características sus piernas fuertes y bien aplomadas, largas y musculosas.

En la región de Los Lagos en promedio alcanza un 90% de fertilidad, aunque depende de las condiciones ambientales y la época de encaste. La prolificidad es media a baja, oscilando normalmente entre 110 y 120% (Peña y cols., 2014). Su habilidad o aptitud materna es moderada a baja. No suele presentar dificultades en el parto debido al reducido tamaño de su cabeza; sin embargo, al ser una raza estresable, las madres tienden a abandonar o desatender a las crías, sobre todo si son primerizas y/o no están cubiertas sus necesidades de tranquilidad y disponibilidad de alimento y agua en el periparto. El peso de las crías al nacer varía de 4,3 a 5,3 kg, y el peso al destete (150 días) de 26 a 34 kg (Peña y cols., 2014).

La raza Suffolk es de aptitud cárnica. Son de rápido crecimiento, lo que la hace apropiada para la producción de corderos terminales, que presentan un rápido desarrollo, entregando una canal de alta calidad. Es frecuente que se utilice en la obtención de híbridos. La lana es corta y de calidad baja, con mala aptitud para el hilado. La finura está entre 28 a 33 micras de diámetro, con un peso de vellón limpio de 1,8 a 3,6 kg con un rendimiento de un 50 a 60% y una longitud de mecha de 6 a 9 cm (Squella, 2008).

Es una raza de alta rusticidad, capaz de desenvolverse en una gran variedad de condiciones climáticas. Es más resistente a enfermedades de pezuña que otras razas cárnicas de pezuña blanca, pero menos que otras razas de pezuña negra, siendo afectada por la humedad (Martínez y cols., 2012). Se desarrolla bien en terrenos con colinas y pendientes, especialmente para pastorear en zonas difíciles, ramonear y buscar alimento.

Debido al peso y tamaño que pueden alcanzar, es necesario tener en cuenta que sus requerimientos nutricionales serán mayores relativamente que los de las razas más pequeñas o cruzamientos con criollas. No requieren cuidados específicos más allá del manejo básico (alimentación, desparasitación, vacunación y despálme en los momentos adecuados). Sin embargo, al ser animales altamente estresables, el productor debe contar con una infraestructura adecuada, dado que presentan un temperamento inquieto con tendencia a saltar los cercos. En PV se adapta bien a todo el territorio, con mejor desempeño en el cordón montañoso y zonas con presencia de depredadores.

ii) Raza Dorset. La raza Dorset surgió en el sur de Inglaterra, en los Condados de Dorset y Somerset, fruto de un largo proceso de selección. Existen estirpes con cuernos y sin cuernos. Así, cuando hablamos de la raza Dorset podemos

referirnos a la Dorset Horn (astada), a la Poll Dorset (acorne o mocha), y también se considera la estirpe norteamericana denominada Polled Dorset (también sin cuernos). Estas tres variantes se conocen en Chile indistintamente como “ovejas Dorset”.

La raza Dorset llegó a INIA Hidango (Región de O´Higgins) en el año 1974. También se ha manejado en INIA Kampenaike (Magallanes), y en INIA Tamel Aike (Aysén). Posteriormente, se ha importado semen desde Nueva Zelanda desde el año 2000. La genética Dorset en Chile mantiene caracteres productivos altamente deseables de la raza original con cuernos, excluyendo los caracteres no deseados (menor edad de destete, pérdida de carneros por peleas y heridas y disminución en la capacidad de visión).

Son ovejas completamente blancas, con la cara y orejas sin lana. Las mucosas son rosadas y las pezuñas blancas. Las patas son relativamente cortas. El cuerpo es de formato cuadrangular, largo y delgado, con un buen desarrollo del tren posterior (Figura 5.2). Son ovinos de tamaño muy grande (159,3 cc; Cuadro 5.1). El peso de los machos puede llegar a los 125 kg en sistemas pastoriles, aunque en estabulación se han alcanzado pesos de hasta 187 kg. Por su parte, las hembras alcanzan pesos de hasta 90 kg en sistema pastoril y hasta 130 en confinamiento.



Figura 5.2. Carnero Poll Dorset

Las ovejas Dorset no presentan un estro marcadamente estacional y son de ciclo muy abierto, razón por la cual pueden ser cruzadas fuera de la temporada habitual, siendo así aptas para la producción desestacionalizada de corderos (por ejemplo, corderos tempranos).

En buenas condiciones de manejo en Chile presentan fertilidad entre 85-100% y una alta prolificidad, de hasta 166 % (aunque suele estar en torno a 140%). Además, destacan por su elevada habilidad materna (importante instinto maternal y buena producción lechera para criar a los mellizos y trillizos) (Squella, 2008).

La raza Dorset es fundamentalmente cárnica, aunque en algunos sistemas productivos también se aprovecha la lana, por lo que se puede catalogar como doble propósito.

El peso al nacimiento es de 4,2 a 5,6 kg, y al destete, de 26 a 37 kg (120 días). Los corderos de esta raza presentan crecimiento rápido y madurez temprana. En condiciones ideales de alimentación y manejo se pueden llegar a obtener ganancias diarias de más de 450 g/día durante los primeros 90 días de vida en corderos únicos al pie de la madre. La canal presenta un desarrollo muscular importante, bien formada, con moderada cobertura de grasa y alto rendimiento de carne magra (Squella, 2008).

El vellón es grueso, totalmente blanco, de aspecto esponjoso y con una mecha cuadrada y corta (longitud de 83 a 85 mm). La lana se extiende sobre las piernas hasta la rodilla. El diámetro de fibra promedia las 31-33 micras. El peso del vellón en las hembras es de 2,4 kg y en los machos 3,6 kg (Squella, 2008). Son ovinos en general rústicos. Se desarrollan probadamente bien bajo las condiciones climáticas de las regiones de O'Higgins, Aysén y Magallanes. Pese a ser de pezuña blanca, resisten moderadamente bien las enfermedades podales debida a la humedad, hongos y bacterias. Dado su tamaño y potencial productivo, es exigente en requerimientos nutricionales.

La característica más interesante del uso de la raza Dorset para el sur de Chile es que, dado su ciclo abierto y que puede entrar en celo a lo largo de todo el año, permite obtener corderos tempranos, incluso en los sistemas de pastoreo con monta natural típicos de la zona sur. Sin embargo, debido al importante desarrollo muscular, esta raza es exigente en cuanto a sus requerimientos de alimento. Por ello, si la producción se saca de estación, es importante planificar la alimentación suplementaria en forma adecuada para cubrir los periodos de máximo requerimiento, que pueden no coincidir con el momento de abundancia de pasto en la pradera, máxime si se encasta en una época más temprana de lo

habitual, lo que genera que las hembras estén en su máximo de requerimientos de lactancia en la época de mayor restricción de alimento (junio-julio-agosto). Por otra parte, su fortaleza puede ser también su punto débil. Al no tener un período fijo de celo, no es adecuada en sistemas donde el productor no separa el carnero, dado que genera un esquema de nacimientos muy desordenado y “por goteo”, con una ventana de parición muy amplia y con mermas en los indicadores productivos. Por lo tanto, es adecuada para productores que deseen desestacionalizar la producción con monta natural, pero para ello deben hacerse cargo de las exigencias de las gestaciones y partos en diferentes épocas.

En el TPV se desarrolla mejor en zonas planas u onduladas, no siendo recomendable en la zona montañosa.

iii) Raza Texel. Originaria de la Isla de Texel (Holanda), donde surgió a finales del siglo XIX, llega a Chile durante la segunda mitad del siglo pasado, siendo introducida en la zona magallánica para producir corderos de mayor peso corporal y baja cantidad de grasa en la canal.

Es una raza grande (153 cc, Cuadro 5.1), muy fornida, con mucha musculatura (Figura 5.3). Los machos adultos pueden pesar entre 80 y 140 kg (el rango habitual es de 115–130 kg) y las hembras entre 60 y 100 kg (con un rango habitual de 75–85 kg). La cabeza y las patas están libres de lana. La nariz y las pezuñas son de



Figura 5.3. Carnero Texel.

color negro. El pecho es profundo y sus cuartos traseros cuadrados, con masa muscular que se extiende hasta los corvejones (Squella, 2008).

Exhiben fertilidad media entre 90 y 92,7%, prolificidad alta (superior a 115%) y habilidad o aptitud materna normal a alta.

Aunque en ocasiones se menciona como raza de doble propósito (carne-lana), y algunos productores utilizan o comercializan este recurso tras la esquila, la oveja Texel destaca por su producción cárnica, resultado de su gran desarrollo muscular y conformación carnicera. Presenta una alta relación músculo/hueso y bajos niveles de infiltración grasa, lo que permite llevar a sus corderos a altos pesos de beneficio sin sobre engrasar las canales. El peso promedio al nacimiento es de 4,8 a 5,6 kg y tienen un potencial de aumento de peso de 260-320 g/día. Al destete (90 días de edad) los valores de peso vivo promedio son de 37,2 kg para los machos y 36,9 kg para las hembras.

La lana es blanca (aunque existe una variedad Texel de color), de grosor medio (diámetro de fibra entre 25 y 35 micras), con un largo de mecha de 8-15 cm. El peso del vellón depende del tamaño del animal y el sexo, pero oscila entre 3,5 y 5,5 kg.

Al ser una raza con un desarrollo muscular elevado, tiene un metabolismo basal más elevado que otras razas, a igualdad de edad, sexo y peso vivo. Además, pueden alcanzar grandes pesos, por lo que son exigentes en cuanto a sus requerimientos de alimento. Sin embargo, poseen una mayor eficiencia de conversión de alimento que otras razas cárnicas. No es muy rústica, pero puede desenvolverse razonablemente bien en diferentes ambientes y topografías. Son relativamente resistentes a enfermedades podales, aunque en menor medida que otras razas de pezuña negra como Chilota y Suffolk. Hay que tener en cuenta sus altos requerimientos de alimento, sobre todo durante la época de máximo crecimiento de los corderos, donde las madres en lactancia y los propios corderos tienen requerimientos de nutrientes (fundamentalmente proteína) más altos que otras razas. Debido a ello, requieren alimentación estratégica y reforzada en época de lactancia y crecimiento de los corderos. En el TPV funciona mejor en zonas planas u onduladas, no siendo recomendable en montaña y con presencia de depredadores

iv) Raza Chilota. La raza ovina Chilota se origina en Chile, en el Archipiélago de Chiloé. Es descendiente directa de los ovinos españoles del tronco ibérico-churro que llegaron en la época de la conquista tras ser sometidas a condiciones ambientales difíciles y endogamia (De la Barra y cols., 2011). Antes de su inscripción oficial en el año 2010, se conocía informalmente como criolla; de



Figura 5.4. Carneros chilotes.

hecho, es así como se sigue denominando a las diferentes estirpes de ovejas de genética “antigua” que existen en el país.

Debido al intercambio de mercancías y personas entre Chiloé y el TPV, existe en la Patagonia Verde un contingente de estos ejemplares ovinos de genética ibérica, que se han utilizado tradicionalmente para diferentes cruzamientos. Además, en la actualidad, han sido introducidos carneros inscritos de raza Chilota.

El formato general del ovino chilote es recto, con la grupa caída. Son de tamaño pequeño (120 cc; Cuadro 5.1), con 50 kg de peso promedio en los machos y 46 kg en las hembras). La cara es estrecha, con orejas de pequeño tamaño. Machos y hembras carecen de cuernos. Las extremidades son de longitud media, con pezuñas fuertes y simétricas. El vellón se puede extender por el tronco, cuello, cabeza, vientre y extremidades. La lana presenta una alta policromía, habiéndose

identificado siete coloraciones distintas, entre las cuales el blanco es el color más escaso, y con frecuencia aparecen en forma de grandes manchas en la punta de la cola, frente y cara. Exhibe un bajo nivel de dimorfismo sexual.

Posee una aptitud productiva de doble propósito, dado que tradicionalmente se utiliza para producción de corderos, y en algunos casos también se aprovecha la lana. Sin embargo, no es una raza que haya sufrido procesos de selección intensos para especializarse en un propósito productivo, por lo que su potencial está aún intacto. Bajo las condiciones agroecológicas del archipiélago de Chiloé, las hembras adultas alcanzan una fertilidad en torno al 98%, con prolificidad entre un 125 y 140%. El peso al nacimiento de las crías de parto simple oscila entre 3,5 y 4,5 kg, y en las de parto doble entre 3,1 y 3,8 kg. Desde el nacimiento a los 4 meses de vida, la tasa de crecimiento es de 220 g/día (De la Barra y cols., 2011; Martínez y cols., 2011; 2012)

La lana es de calidad media, con diámetro de fibra de 28 a 41 micras, en ocasiones con presencia de pelo. El largo de mecha oscila entre 5 y 15 cm y el vellón de un animal adulto alcanza una media de 2,5 kg. Por su gama de colores naturales, la lana de oveja Chilota es altamente valorada para las artesanías locales.

Es un ovino de gran rusticidad, muy adaptado a recursos forrajeros de baja calidad nutricional, muy apto para el ramoneo de matorral, y puede también hacer uso de las algas disponibles en la costa durante la marea baja. Se desarrolla bien en terrenos con suelos húmedos y alta pluviometría, presentando gran fortaleza podal a enfermedades como el *foot-rot* o pietín. Del mismo modo, resiste bastante bien la alta carga parasitaria existente en condiciones de alta pluviometría. Al ser una raza de tamaño pequeño y muy rústica, requiere menos cantidad de alimento que las ovejas más grandes, y se desenvuelve mejor que otras en épocas de restricción nutricional (Martínez y cols, 2012).

Poseen un temperamento poco estresable. Las madres tienen baja tendencia al abandono de las crías, con un marcado instinto de protección que se proyecta hasta una edad avanzada del cordero. De igual manera, presentan una producción láctea elevada (900 ml/día en promedio, Martínez y cols., 2011), lo que unido a su instinto maternal permite una alta sobrevivencia de los mellizos.

Todo ello convierte a la raza Chilota en una opción recomendable en condiciones ambientales difíciles y en predios que no posean una gran infraestructura ni praderas de la mejor calidad y que vendan corderos al bulto, condiciones que sin duda se presentan en un porcentaje importante en el TPV, donde se adapta bien a todo el territorio. Es ideal en zonas costeras y con forrajes de mala calidad (De la Barra y cols., 2019).

v) Raza Merino. La raza ovina Merino es una de las más antiguas y sin duda la más difundida a nivel mundial. Se originó en España (lo que actualmente es el Merino Español); su lana fue el pilar de la economía española entre los siglos XVI y XVIII. Desde allí llegó posteriormente a otros países de Europa y del resto del mundo, donde se seleccionó bajo diferentes condiciones de manejo y orientada a diferentes mercados. Así, se generaron muchas variantes; las más conocidas son el Merino Australiano (especializado en producción de lana superfina) o el Merino Alemán y Francés (doble propósito carne-lana), pero también hay otras norteamericanas como la Vermont o la Delaine.

La raza Merino llega a Chile en 1838 desde California. Posteriormente, se han hecho distintas importaciones, donde el Merino Precoz Francés o Rambouillet se hizo presente en forma importante en la zona central. También llegó el Merino Precoz Alemán, pero su difusión y formación de rebaños puros fue de menor magnitud. Ambos tipos se cruzaron, derivando el que se conoce actualmente en Chile como Merino Precoz. También se ha importado a Chile el Merino Australiano, concentrándose en la zona Austral.

Si bien en origen es una raza de orientación lanera, y estas razas suelen tener unas características corporales similares, en algunas partes del mundo se fueron seleccionando con otros propósitos productivos, por lo que su morfología varía dependiendo del tipo de Merino que se trate.

El Merino Precoz existente en Chile presenta características raciales muy estables. Los machos poseen cuernos grandes y gruesos, en espiral, con una característica apariencia estriada. Las hembras son acornes. La cabeza es de gran desarrollo, ancha, con perfil convexo. La cara está cubierta de pelos blancos y suaves, sin lana, sin manchas y con dos o tres arrugas pequeñas en la nariz. El cuello es de apariencia fuerte, moderadamente corto, con tres o cuatro papadas o pliegues. El cuerpo es de tamaño medio (131 cc; Cuadro 5.1) y bien proporcionado, con tendencia a ser cilíndrico. El peso de los carneros es de 90-100 kg, y el de las ovejas de 50 a 60 kg. Su constitución robusta le permite soportar un vellón de gran peso (Castellano y cols., 2016). Las extremidades son largas y de huesos medianos, con pezuñas pequeñas y de color ámbar. El vellón es muy denso, cubre toda la superficie del cuerpo, una parte de la cabeza y los miembros hasta por debajo de la rodilla y garrones, aunque sin llegar a la pezuña.

En rebaños de masa, las ovejas alcanzan fertilidad de 75 a 90%. Son poco melliceras, con una prolificidad máxima de 118%.

Los merinos presentes en Chile se utilizan como doble propósito (carne-lana). Presentan un peso promedio de nacimiento de 3,8 kg (machos) y 3,5 kg (hembras).

La ganancia diaria de peso entre el nacimiento y los 100 días de vida es de 107 a 315 g/d en los machos y de 103 a 270 g/d en las hembras, respectivamente. La lana es blanca, densa, bien rizada y de mecha cuadrada y larga. La producción de lana es de 3,5 a 7 kg., con largo de mecha 7 a 13 cm y su finura en torno a 15 micras.



Figura 5.5. Carnero Merino.

Las características adaptativas y el tipo de lana de estos animales hacen que se desarrollen bien bajo condiciones semiáridas, con las temperaturas y precipitaciones que a menudo se dan en la zona central de Chile. En ambientes secos, tienen una gran rusticidad y capacidad para recorrer grandes distancias (son buenas trashumantes). Su carácter poco estresable y fuerte instinto gregario permiten la explotación extensiva y con pocos cercos. Originalmente es una raza de maduración lenta que permite su crianza bajo escasa disponibilidad de alimento. Por ello, es recomendable en sistemas productivos que cumplan con las características mencionadas. Hacia el sur, en condiciones más húmedas, es más susceptible que otras razas a la pudrición del vellón, enfermedades de la pezuña (a la que son especialmente sensibles por tener pezuña blanca y haberse desarrollado en climas semidesérticos) y mortalidad por vientos y lluvias. Por ello, si se cría bajo climas fríos y húmedos, es necesario poner especial atención en la prevención de enfermedades podales, parasitismo pulmonar y gastrointestinal y pudrición del vellón. Es imprescindible, por tanto, sobre todo en la zona sur de Chile, el despalme al menos dos veces en el año, la desparasitación adecuada a

la curva de parásitos en la zona de crianza, y proveer de refugio a las ovejas en la época de los partos.

Los Merinos presentes en TPV provienen de la zona Austral y se acercan a la tipología de las dos variantes de Merino que son reconocidas como razas chilenas, el Marin Magellan Meat Merino (4M) y el Patagonian Robertson Merino (PRM).

vi) Raza Romney. La raza Romney es descendiente de ovinos nativos de la región homónima que a principios del siglo XIX fueron cruzados con carneros Leicester, fundamentalmente en el Condado de Kent, al sureste de Inglaterra, en terrenos planos, a nivel del mar, con climas muy fríos, húmedos y con condiciones que favorecen un ambiente de alta complejidad para la cría de ganado,. En su lugar de origen es conocida como oveja Kent, pero el nombre oficial de la raza es Romney (antiguamente era Romney Marsh, y de hecho aún es común ver esta denominación).

La llegada de esta raza al país ocurre a comienzos del siglo XX, cuando se llevaron ejemplares desde las islas Malvinas a la Región de Magallanes; sin embargo, pronto fue desplazada por la raza Corriedale, que estaba mejor adaptada para las condiciones de explotación extensiva en praderas naturales y zonas áridas. Posteriormente, en la década de los 60, fue importada nuevamente desde Nueva Zelanda a la Región de Los Lagos, donde prosperó muy bien dado que el clima frío, muy húmedo y con abundante vegetación es similar al que existía en su lugar de origen.

La cabeza es de tamaño pequeño, ancha, fuerte y sin cuernos. Las orejas son grandes, anchas y largas, con puntas redondeadas. La lana llega a la línea de los ojos, con las mejillas algo cubiertas. La nariz presenta ollares amplios, con la mucosa pigmentada de color negro. El lomo es ancho, recto y largo. Las pezuñas son de color negro. La lana es normalmente blanca, aunque puede haber ejemplares pigmentados. Es larga y cubre totalmente el cuerpo y las extremidades. Los ovinos Romney tienen un tamaño relativamente pequeño (119 cc; Cuadro 5.1). El peso del macho adulto está entre los 85-110 kg, mientras que el de las hembras ronda los 60-80 kg (Avendaño y cols., 2005).

Posee una marcada estacionalidad reproductiva y ciclo corto. La fertilidad de la raza está en torno al 85% y la prolificidad no suele superar el 102%. Sin embargo, ha mostrado una excelente adaptación a las condiciones agroecológicas de la región de Los Lagos, alcanzando valores de 95 y 140% para fertilidad y prolificidad, respectivamente (Avendaño y cols., 2005).

Habitualmente se utiliza con doble propósito, para producción de carne y lana.

Con un peso al nacimiento de 3,2 kg, los corderos maduran tempranamente a pesar de las condiciones adversas del clima, y llegan a pesar 30 a 40 kg entre los 4 a 5 meses de edad.

Los ovinos Romney producen un vellón grueso, con mecha larga (8 a 16 cm) y un diámetro de fibra entre 29 y 37 micras. El peso del vellón oscila entre 3,5 a 5,0 kg y su lana es ideal para hilar a mano, lo que le da un valor especial en lugares donde aún se realiza este tipo de artesanía. También es adecuada para la confección de tejidos gruesos, como abrigos o frazadas, y en mezclas para la fabricación de alfombras.



Figura 5.6. Oveja Romney.

La principal ventaja de la raza es su aptitud en climas templados subhúmedos-húmedos, en zonas con suelos anegados y pantanosos, donde no exista facilidad para proporcionar refugio adecuado a las ovejas en la época de los partos, presentando alta resistencia a las enfermedades podales, así como a parásitos internos. Además, su carácter apacible favorece los manejos.

En el año 1997 fue introducida masivamente en el TPV mediante un programa de entrega de carneros, donde se ha adaptado bien a todo el territorio, sobre todo en las zonas más húmedas.

5.4 El conocimiento de los productores de Patagonia Verde sobre las razas ovinas

Los procesos de absorción de poblaciones locales con razas importadas como el cruzamiento o la elección de razas adecuadas a determinadas condiciones agroecológicas requieren un conocimiento robusto de parte del productor respecto a las razas y sus aptitudes a fin de ser eficaz en la elección del pool de genes sobre los cuales sustentará su producción (De la Barra y cols., 2018). Por lo anterior, es relevante el conocimiento y reconocimiento de las razas a fin de focalizar acciones de capacitación que den sostén a sus procesos productivos. Con el fin de obtener información acerca de ello, en el marco del Programa* se realizó un taller en el que los productores contestaron preguntas acerca de ciertas razas que les fueron mostradas en una presentación.

En el Gráfico 6.1 se puede observar que la raza Suffolk Down es la que alcanza el mayor reconocimiento de parte de los productores (82,6 %); mientras que en segundo lugar, está la Texel con un 50%. Las razas Chilota, Merino y Dorset presentan un reconocimiento de 28,3%, 23,9% y 21,7%, respectivamente, lo cual es bajo, especialmente en el caso de Merino y Chilota, considerando que éstas fueron parte del poblamiento inicial de ovinos en el territorio. El caso del Dorset, es explicable por ser una raza de baja penetración. En estas tres razas, el nivel de confusión con otras se eleva a 10,9%, 13,0% y 8,7% respectivamente. El caso de la raza Romney es inesperado, pues es una raza que se introdujo masivamente en este territorio en la década de 1990; no obstante, aparece como una de las razas con menor reconocimiento (4,3%) y con mayor de confusión con otras (26,1%). Estos datos indican que es clave acompañar cualquier programa o iniciativa de mejoramiento genético con acciones focalizadas de capacitación para una correcta identificación de las poblaciones raciales de ovinos que se introducen, y a la vez, de las otras poblaciones raciales presentes o aledañas a una determinada zona ganadera.

Otro aspecto importante es conocer la distribución de cada biotipo racial desglosada por comunas. En el Cuadro 5.2 se puede observar que el nivel de hibridación de la población ovina en el territorio es alto, con una media de 64,8%; es decir, más de la mitad de la población animal no es identificable con un biotipo racial ovino en concreto. La comuna de Chaitén exhibe el mayor nivel de hibridación (73,1%), seguido de cerca por Palena (68,6%), estando ambas comunas por sobre la media del territorio. Futaleufú, Cochamó y Hualaihué se encuentran bajo la media (62,59; 58,96 y 58,06, respectivamente). Al respecto, los datos confirman lo que sería esperable, que haya un mayor hibridaje en las comunas más aisladas como son Palena, Futaleufú y Chaitén y de menor

magnitud en las comunas más accesibles como Hualaihué y Cochamó, dado que el alto costo de importar genética hace que se prioricen machos reproductores y no hembras, lo que impide la formación de núcleos raciales puros (Segura-Correa y Montes-Pérez, 2001).

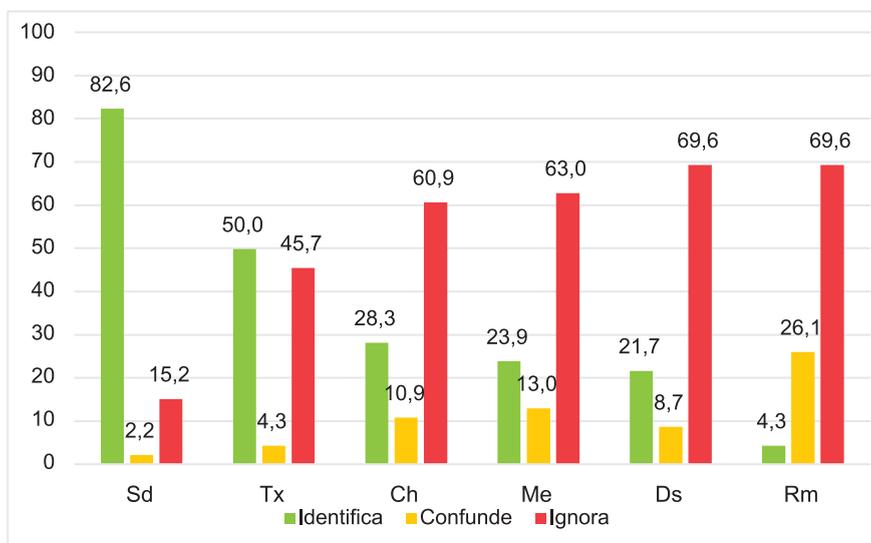


Gráfico 5.1. Reconocimiento por biotipo racial y proporción de híbridos por parte de productores del Territorio Patagonia Verde. Sd= Suffolk Down; Tx= Texel; Ch= Chilota; Me=Merino; Ds= Dorset y Rm= Romney Marsh (De la Barra y cols., 2021).

Los biotipos raciales con mayor presencia en el territorio son Chilota y Suffolk Down (11,97 y 11,98%, respectivamente; Cuadro 5.2). El biotipo Chilote tiene una presencia por sobre el promedio del territorio en las comunas de Cochamó, Palena y Hualaihué (17,16; 13,20 y 12,78%; respectivamente), mientras que en Chaitén y Futaleufú está bajo la media, exhibiendo en esta última comuna su menor frecuencia. Por su parte el biotipo Suffolk Down tiene una presencia sobre el promedio del territorio en las comunas de Hualaihué, Cochamó y Chaitén (21,27; 16,88 y 13,34%; respectivamente). En Chaitén y Futaleufú el biotipo Suffolk Down está bajo la media, exhibiendo en esta última comuna una frecuencia significativamente más baja. Se puede observar también que los biotipos Romney, Suffolk Down y Chilota se presentan en las cinco comunas, no así el resto de los biotipos evaluados. Por su parte, los biotipos Texel, Dorset y Border exhiben presencias menores al uno por ciento, además de no estar presentes en todas las comunas. Merino y Corriedale sólo tienen presencia significativa en la comuna de Futaleufú. Al respecto, se debe considerar que las condiciones geográficas accidentadas que generan un pastoreo dificultoso y el largo periodo

de restricción alimentaria dado por el periodo estival corto, debieran favorecer a biotipos animales hábiles en la búsqueda de alimento, como es el caso de Suffolk Down, o de alta habilidad materna como es el caso de Chilota y Romney. Ello explicaría el éxito de estos biotipos en el poblamiento del territorio (Saravia y Cruz, 2003). En la zona Cordillerana (Futaleufú, Palena y parte de Cochamó) habrá una mejor adaptación de razas de alta producción de lana, como Merino y Corriedale. No obstante, es evidente la búsqueda de una mayor producción de carne, lo cual se evidencia en la introducción de razas especializadas (Dorset, Texel), pero que requieren una adaptación centrada en el sistema de producción, requiriendo insertarse en una matriz tecnológica que incluya crecientemente fertilización de praderas, suplementación estratégica y asistencia al parto (De la Barra y cols., 1996).

5.5 El futuro de las razas ovinas en el TPV

El territorio Patagonia Verde exhibe una gran brecha que hasta ahora ha impedido alcanzar su potencial en la productividad ovina. Desde el punto de vista genético, el mayor problema es el alto nivel de hibridismo del ganado existente, sin que ello responda a una estrategia de cruzamientos controlados, sino que es la resultante de la imposibilidad de adquirir carneros o borregos de raza, de calidad y a costo razonable.

La genética como insumo productivo posee un alto costo de oportunidad; es decir, la decisión de comprar genética siempre está en comparación a lo que cuesta dejar un carnero propio o adquirir uno del vecino. Ello implica que, a mayor costo de la genética, mayor informalidad habrá en la adquisición de reproductores. Esto es particularmente relevante en un territorio como PV, donde al costo común que debe pagar cualquier ganadero de la región hay que considerar el flete terrestre y marítimo correspondiente, lo cual de nuevo explica el altísimo porcentaje de hibridismo que hay en la ganadería ovina del territorio.

Cuadro 5.2. Frecuencia por biotipo racial y proporción de híbridos en cada comuna del territorio Patagonia Verde (De la Barra y cols., 2019).

Biotipos (% del total comuna)	Comunas de Patagonia Verde					
	Palena	Futaleufú	Chaitén	Hualaihué	Cochamó	Total, territorio
Suffolk	5,12 ^a	1,14 ^a	13,34 ^b	21,27 ^c	16,88 ^{bc}	11,95
Dorset	0,00	0,00	0,22 ^a	0,25 ^a	0,06 ^a	0,13
Texel	0,00	0,20 ^a	0,49 ^a	0,34 ^a	0,13 ^a	0,24
Chilota	13,70 ^{ac}	5,46 ^b	9,85 ^a	12,78 ^{ac}	17,16 ^c	11,97
Merino	2,31 ^a	18,05 ^b	0,00	0,00	0,00	3,39
Romney	8,36 ^a	4,58 ^{bc}	2,21 ^c	6,69 ^b	6,79 ^b	5,54
Híbridos	68,56 ^a	62,59 ^a	73,14 ^a	58,06 ^b	58,96 ^b	64,83

^{abc} Dentro de una fila, una letra distinta indica diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$; De la Barra y cols., 2019).

Con esta consideración, un primer objetivo que debiera tener el trabajo en genética ovina en PV es el desarrollo de criaderos de raza pura en el territorio. Cuántos y de qué razas, eso lo definirán los propios productores, pero es claro que fomentar la existencia de criaderos desde lo público permitiría contar con reproductores de menor costo dentro del propio territorio, y se generaría la condición base para la producción de una buena calidad genética. Esta segunda parte hay que analizarla con detención, pues la existencia de criaderos no garantiza por sí sola la calidad genética; para que ello ocurra se requieren criaderos motivados, conscientes de lo que es una genética de calidad y capacitados en cómo producirla. Por genética de calidad entendemos animales cuyo desempeño productivo se pueda anticipar y proyectar por sobre la media de su generación, cuyo primer escalón es la raza pura, para dar luego curso a una selección de carneros mejoradores sobre la base de ranking de desempeño. El programa de genética de PV impulsado por la SEREMI de Agricultura de la Región de Los Lagos y financiado por el Gobierno regional ha estado avocado justamente a implementar esta primera etapa, esto es, implementar una base de razas en el territorio. Pero para que el proceso sea sostenible en el tiempo, es necesario pensar los siguientes pasos.

Sin una visión estratégica de mediano plazo, es difícil avanzar con celeridad. Es decir, los ganaderos que trabajan en genética ovina deben agruparse y analizar hacia dónde ir e implementar procesos de mejora genética basados en el análisis de datos de desempeño. Esa definición es determinante para orientar el trabajo en genética animal, que siempre y en todas partes es de largo aliento. Patagonia Verde es un territorio con un alto potencial para producir genética de alta rusticidad para el resto de la región y para las regiones más al norte. Producir

calidad genética en reproductores vivos para su venta en pie es absolutamente posible, ya que en el TPV hay ventajas agroecológicas y de estatus sanitario. Por último, exportar carneros y borregas de raza carnífera o doble propósito desde el territorio es algo a analizar, y que podría guiar las acciones de los criaderos hacia el futuro.

Bibliografía

- Avendaño J, Cofré P, Contreras C, De la Barra R, Elizalde H, y cols. (2005) Razas ovinas y caprinas en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N°127. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. 88 p.
- Carvalho V. (1875) Descripción histórico-geográfica del reino de Chile. Librería del Mercurio, Santiago, Chile, 250 p.
- Castellano G. (2006) Algunos elementos básicos para el desarrollo de sistemas de producción ovina en la zona sur del país (Regiones IX y X). En: *Circulación de extensión ganadera* N°32. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile, Pp. 1-11.
- Castellano G, García X, Magofke JC y Marín G. Peso vivo y crecimiento de corderos Merino precoz, Suffolk y mestizos en praderas mediterráneas semiáridas de Chile. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences* 32: 60-69.
- De La Barra R, Holmberg G, Bravo R y Mujica F. (1996) Comportamiento, diferenciación y estrategia productiva en sistemas campesinos de la Décima Región de Chile. *Evidencias de caso. Agro Sur* 24: 186-195.
- De la Barra R, Carvajal A, Uribe H, Martínez ME, Gonzalo C, Arranz J y San Primitivo F. (2011) El ovino criollo Chilote y su potencial productivo. *Animal Genetic Resources* 48: 1-7.
- De la Barra R, Martínez ME y Carvajal A. (2012) Genetic relationships between Chilota and Spanish native sheep breeds. *Journal of Livestock Science* 3: 79-84.
- De la Barra R, Martínez ME y Calderón C. (2014) Phenotypic features and fleece quantitative traits in Chilota sheep breed. *Journal of Livestock Science* 5: 28-34.
- De la Barra R, Carvajal A, Calderón C & Squella F. (2015) Body architecture of main sheep breed in Chile. *Journal of Animal Ethnology* 1: 1-9.
- De la Barra R, Carvajal A, Martínez ME, Guarda P & Calderón C. (2016) Differentiation and morphostructural variability of Künko biotype sheep in Los Lagos Region, Chile. *Journal of Animal Ethnology* 2: 1-8.

- De La Barra R, Martínez ME y Carvajal A. (2018) Conservación genética y registro de nuevas razas ovinas en Chile. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 12: 9-15.
- De la Barra R, Carvajal A, Martínez ME y Palavecinos P. (2019) Diversidad racial de la ganadería ovina en el territorio patagonia verde, Chile. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 13: 41-51.
- De la Barra R, Carvajal AM y Jara S. (2021) Reconocimiento de razas ovinas por parte de productores del territorio Patagonia. XIV Congreso Chileno de Buiatría. *Trabajo aceptado para publicación.*
- FAO (2016) World statistical compendium for raw hides and skins, leather and leather footwear 1999-2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en <http://www.fao.org/publications/card/en/c/2bb7ce63-da1b-4d89-9510-afc725b5e960/>. Accesado el 30 de julio de 2020.
- Gay C. (1862) Historia física y política de Chile. Tomo I: Agricultura. Imprenta E. Thunet y Cía. París, Francia.
- INDAP. (1984) Descripción del área Palena. Informe de antecedentes. 50 pp.
- Jordana J y Delgado JV. (2015) Una visión socio-económica de la conservación de las razas y sistemas locales basada en sus productos Diferenciados. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 6: 1-15.
- Latorre E, Uribe H, Martínez ME, Calderón C & De la Barra R. (2011) Morphology differentiation and structural functionality of ewes due to uncomplete crossbreeding. *International Journal of Morphology* 29: 954-959.
- Martínez ME, Calderón C, De La Barra R, De La Fuente F & Gonzalo C. (2011) Udder morphological traits and milk yield of Chilota and Suffolk sheep breeds. *Chilean Journal of Agricultural Research* 71: 90-95.
- Martínez ME, Calderón C, De La Barra R, & Uribe H. (2012) Effect of management practices in the productive performance of three sheep breeds in the Chiloé Archipelago, Chile. *Journal of Livestock Science* 3: 57-66.
- Mujica F. (2006) Diversidad, conservación y utilización de recursos genéticos animales en Chile. Boletín N°137. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. 124 pp.
- Peña G, Martínez ME, Calderón C & De la Barra R. (2014) Influence of extension on the technological practices and productivity indicators of small-holding sheep farmers in Chiloé, Chile. *Int. J. Agric. Ext.* 2: 47-55.
- Saravia C y Cruz G. (2003) Influencia del ambiente atmosférico en la adaptación y producción animal. *Nota Técnica* 50. 36 pp.

- Squella F. (2008) Catálogo de genética ovina. Núcleo de mejoramiento genético C.E. Hidango. 2ª Edición. 13 pp.
- Segura-Correa JC y Montes-Pérez R. (2001) Razones y estrategias para la conservación de los recursos genéticos animales. Revista Biomédica 12: 196-206.
- Sponenberg DP. (2017) Definición de razas locales: primer paso en su conservación. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal 10: 74-77.
- Thomas DL. (2008). Differences among sheep of breeds in the U.S.A and their use in efficient sheep production systems. www.uwex.edu/ces/animalsciences/sheep/wisline_03/Thomas_handout.doc

CAPÍTULO 6

PRINCIPALES RAZAS BOVINAS DE CARNE PRESENTES EN LA PATAGONIA VERDE

Andrés M. Carvajal

Bioquímico, Investigador
INIA Remehue

María Eugenia Martínez P.

Bióloga, Dr. Producción Animal

6.1 Introducción

La ganadería es una actividad inherente al territorio Patagonia Verde (PV) y se orienta casi exclusivamente a producción de carne. Esta se basa en el pastoreo de praderas naturales de baja calidad las cuales tienen un crecimiento limitado durante el año. Debido a esto, algunos productores suplementan con heno durante la época crítica de invierno (Martínez y cols., 2021), y trasladan su ganado a zonas montañosas durante el verano (acción conocida como veranada; Figura 6.1). Esto sumado a un clima adverso con heladas y alta pluviometría en invierno, así como vientos y temperaturas elevadas en verano, genera requerimientos especiales de adaptación al ambiente, especialmente de rusticidad, esto es, el conjunto de características heredables que le permiten al animal superar las variaciones aleatorias y adversas del medio ambiente, sin disminuir demasiado su capacidad productiva (Villa, 2010).

La rusticidad es una característica heredable, y entre las diferentes razas bovinas, unas son más rústicas que otras, y, por lo tanto, son más apropiadas para la producción de carne en sistemas como los descritos en PV. En este capítulo se describen brevemente las razas bovinas disponibles en PV, desde el poblamiento del territorio hasta una descripción de sus características morfológicas y productivas, así como su nivel de rusticidad y adecuación para la producción de carne en el territorio.

6.2 Desarrollo de la masa bovina en la Patagonia Verde

En PV se pueden diferenciar actualmente cuatro razas bovinas, de las cuales tres corresponden a razas de larga adaptación al territorio, el Overo colorado (también conocido como Clavel alemán), el Overo negro y el Hereford, y una de más reciente introducción, el Angus, que puede presentarse en sus dos formatos

o biotipos, rojo y negro. Estas razas son producto de distintos procesos y/o acciones de incorporación de germoplasma.



Figura 6.1 Pastoreo de bovinos en zonas montañosas de Patagonia verde.

La introducción y poblamiento del sur de Chile con bovinos se inicia en 1560 durante el proceso de colonización española (Philippi, 1885; Primo 1992) con ejemplares provenientes de España (Junod, 2013) (Figura 6.2). Estos animales fueron seleccionados de forma paulatina para producción de carne y leche, así como por su temperamento. No obstante, y debido a los continuos pleitos con las poblaciones locales, algunos rebaños serán liberados en los parajes y así asilvestrados para nuevamente ser utilizados en cruzamientos con las poblaciones llegadas de más al norte. Resultado de este proceso las poblaciones desarrollaron un elevado grado de hibridismo.

El bovino se transformó con rapidez, junto al cultivo del trigo, en la columna vertebral de la producción agropecuaria nacional durante las primeras etapas de la organización de la república entre 1823 y 1825, mayoritariamente en la zona central (Villalobos, 1992). A partir de la Ley de Colonización de 1845, comenzó la introducción de razas, principalmente de orientación cárnica o doble propósito como Shorthorn, Normando, Hereford, Overo colorado y Overo negro (Nilo, 2016), las que fueron absorbiendo la genética ibérica de forma paulatina.

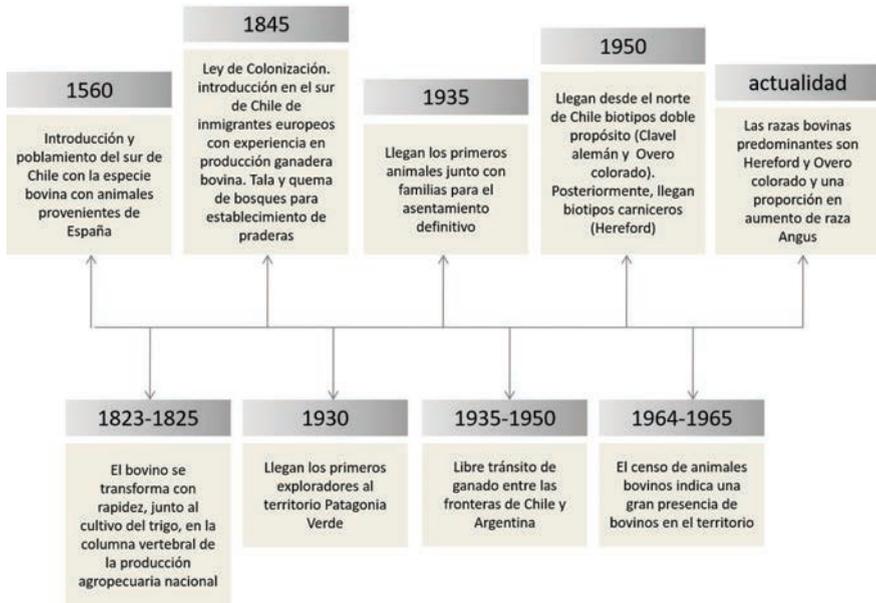


Figura 6.2 Línea de tiempo del poblamiento con diferentes razas bovinas en el territorio Patagonia verde (Fuente: Elaboración propia).

En 1930 llegan los primeros exploradores al territorio PV, los cuales correspondían a chilenos avocados en las pampas argentinas, quienes modificaron el paisaje boscoso mediante tala y quema para poder sembrar pasto (Barros, 1984). El primer asentamiento ocurre en el Valle del Espolón (comuna de Futaleufú) y para 1935 comienzan a llegar los primeros animales y familias para el asentamiento definitivo, alrededor de los principales cursos hídricos, desarrollando lógicas autónomas de subsistencia familiar basadas en prácticas agropecuarias tradicionales.

Hasta 1950, las fronteras no estaban tan delimitadas y protegidas, y se generaba mucho tránsito de animales de un lado a otro (INDAP, 1984). A partir de la segunda mitad del siglo XX, el tránsito resulta menos sencillo y el movimiento de animales se comienza a realizar dentro de Chile, desde el norte, apareciendo en la zona biotipos criollos doble propósito o de orientación cárnica como el Clavel alemán u Overo colorado, que provenían de la provincia de Llanquihue (De la Barra y cols., 2020). Posteriormente, llegan biotipos carniceros como Hereford, los cuales fueron introducidos como reproductores en pie, cruzándose con los bovinos ya existentes. Entre los años 1964 y 1965, el Censo Agropecuario informa de alrededor de 11.409 cabezas bovinas, distribuidas en 95.918 hectáreas para la subregión transandina (Sáenz, 2015).

Debido a la ausencia de control y evaluación de los cruzamientos, así como de un programa de mejoramiento genético, y dada la pérdida de praderas por colonización de matorrales y bosques, la ganadería bovina en PV se ha desarrollado en términos generales como una producción a pequeña escala con rebaños de menos de 100 cabezas que se caracterizan por una alta distribución de animales híbridos que no son asignables a ningún biotipo racial (Carvajal y cols., 2021). Un biotipo propio generado por el cruzamiento de poblaciones locales y probablemente el Overo colorado es el Bovino Criollo Patagónico, el cual se distribuye en la zona sur de la región de Aysén, y que se caracteriza por una muy buena facilidad de parto (Aracena y Mujica, 2011). Si bien este recurso genético tiene una gran diversidad alélica (Piñeira y cols., 2011) está seriamente amenazado por su baja población, y no se han descrito ejemplares en PV. En la actualidad, las razas bovinas predominantes son Hereford y Overo colorado, con una proporción en aumento de animales de raza Angus en sus formatos rojo y negro (Carvajal y cols., 2021).

6.3 Razas bovinas en PV

La veranada, como práctica productiva, implica una alta exigencia adaptativa para los animales ya que significa grandes desplazamientos hacia zonas de media montaña durante la temporada estival, con pastoreo en zonas de pendientes escarpadas y arreas a través de correntosos cauces cordilleranos en pleno proceso gestacional de las hembras. Por esta razón, la rusticidad como multi expresión adaptativa es un aspecto esencial de las razas bovinas para alcanzar un desempeño productivo exitoso bajo estas condiciones. El hecho de que el Overo colorado, el Overo negro y el Hereford tengan más de medio siglo de presencia en el territorio ha permitido un ajuste fino entre las características de estas razas y el sistema de producción, generándose una muy buena adaptación a las condiciones del medio. Entre ellas, Hereford y Overo colorado son las que se han adecuado de mejor manera al sistema de veranadas, mientras que el Overo negro hoy en día tiene una baja presencia, concentrada en la zona de bordemar, donde se utiliza como animal de tracción, y con tendencia a seguir disminuyendo. Por su parte, el Angus ha venido desarrollándose con acelerada importancia.

Datos propios generados durante la ejecución del programa "Capacitación para el mejoramiento genético ovino-bovino en el territorio Patagonia verde" muestran que el mayor número de rebaños se presenta en las comunas de Palena y Chaitén, no obstante, los cuatro biotipos (Hereford, Overo colorado, Frisón negro y Angus) están presentes en todas las comunas del territorio PV pero en distinta proporción (Carvajal y cols., 2021). Las razas Hereford y Overo

colorado son los biotipos principales que pueden identificarse (24,2 y 18%, respectivamente), pero predominan los animales híbridos (42,1%), esto es, que no pueden asignarse a ningún biotipo racial o muestran señas o características de distintas razas producto de cruzamientos no controlados (Cuadro 6.1). El porcentaje de híbridos varía entre 21,8 en Hualaihué hasta un 50% en Palena y Futaleufú, y valores intermedios para Cochamó y Chaitén. Es decir, aquellas comunas más aisladas presentan mayor hibridismo que aquellas más cercanas o accesibles a los centros poblados de la región lo que podría ser resultado de la incapacidad de generar reproductores finos o de raza de forma local, o de la dificultad de adquirirlos fuera del territorio debido a un mayor costo de importación y logística para su traslado. Destaca el hecho que en PV no se utiliza la inseminación artificial debido a la inexistencia de postas de inseminación y la baja disponibilidad de profesionales capacitados en las metodologías requeridas, y sólo se han realizado unas pocas iniciativas aisladas con éxito relativo. Por otro lado, la normativa legal indica que la introducción de reproductores o cualquier bovino al territorio debe provenir de zonas declaradas libres o de predios certificados como libres de Brucelosis bovina (SAG, 2011). En este escenario es probable que se favorezca la incorporación de algunos reproductores machos, pero no hembras de reemplazo. Datos de la Encuesta Bianual de Ganado (INE, 2015) indican que la inversión principal de los productores es el mejoramiento de las praderas y no la adquisición de vientres para la reposición. Esto impediría la formación de núcleos raciales de reproductores que abastezcan los requerimientos de los productores locales, y por tanto, productos (progenie) con valores homogéneos y estándares.

El biotipo Hereford tiene una presencia por sobre el promedio del territorio en las comunas de Cochamó y Hualaihué (38,6 y 26,3%, respectivamente), mientras que en Chaitén y Palena está bajo la media, exhibiendo en esta última comuna su menor frecuencia. Por su parte, el biotipo Overo colorado tiene una presencia por sobre el promedio del territorio en Chaitén y Hualaihué (31,9 y 26,6%, respectivamente), mientras que en Cochamó y Futaleufú está muy por debajo. Los datos muestran que el Frisón negro sólo es importante en la comuna de Hualaihué y tiene una tendencia clara a su disminución en el resto del territorio (<7%). Por último, el biotipo Angus muestra un porcentaje mayor al promedio del territorio en las comunas de Futaleufú, Cochamó y Palena (20,3; 19,6 y 14,4%, respectivamente), mientras que una muy baja presencia en Hualaihué y Chaitén. Estos resultados son acordes a lo declarado por los productores de la provincia de Palena (INE, 2015). Respecto del biotipo Angus, es interesante mencionar que si bien en términos porcentuales el porcentaje de animales declarados como tal entre la encuesta INE (2015) y nuestro estudio se ve estable, al momento de observar los diferentes rebaños es posible identificar con mayor frecuencia reproductores machos (toros) Angus de biotipo rojo, especialmente en las

comunidades cordilleranas. Por tanto, se podría esperar que en un mediano plazo la representación de esta raza en PV aumente. Finalmente, cabe mencionar que muy pocos ejemplares de otras razas cárnicas como Limousin, Charolais y Simmental fueron identificados en el territorio (menos del 0,1%), y prácticamente no se observaron biotipos propiamente lecheros, aunque es conocida la orientación doble propósito (leche y carne) del Frisón negro.

La distribución de razas actual es el resultado de varias iniciativas que han introducido germoplasma principalmente como reproductores en pie. Por ejemplo, entre los años 2003 y 2005 el INIA en colaboración con INDAP plantearon la introducción de razas rústicas como Hereford y Aberdeen Angus (Siebald y Opazo, 2008) pero hasta ahora no se han realizado estudios de evaluación y/o diversidad genética. Estas razas y sus productos de cruzamiento aún permanecen en la zona tal como reflejan nuestros resultados, y dado el nivel de hibridismo observado, los cruzamientos se han realizado de forma indiscriminada y sin una orientación productiva precisa. La selección e introducción de estas razas corresponde a la búsqueda de biotipos de buena adaptación productiva a las condiciones ambientales del territorio que son más bien hostiles. En este sentido, el Overo colorado ha sido reconocido como un animal rústico de buena adaptación en PV y sobre todo buena resistencia a enfermedades. No obstante, dado las demandas y preferencias actuales del mercado, cada vez se está viendo una mayor búsqueda de razas o biotipos que además de rústicos sean más productivos o de mejor ganancia de peso, como podría ser el Angus, para incrementar el retorno económico. Así, se está evidenciando el uso de toros Angus (de coloración roja) sobre vientres Overo colorado.

Cuadro 6.1 Distribución de razas bovinas e híbridos en Patagonia Verde (valores como porcentaje del total en cada comuna; Extraído de Carvajal y cols., 2021).

Biotipos	Comuna					
	Palena	Futaleufú	Chaitén	Hualaihué	Cochamó	Total
Angus	14,4 ^b	20,3 ^a	5,8 ^c	2,2 ^c	19,6 ^a	12,5
Hereford	12,8 ^c	23,9 ^b	19,4 ^b	26,3 ^b	38,6 ^a	24,2
Ov. Colorado	17,5 ^b	3,4 ^c	31,9 ^a	26,6 ^a	10,6 ^{b,c}	18,0
Frisón negro	5,0 ^b	2,0 ^b	6,7 ^b	23,1 ^a	3,1 ^b	8,0
Híbridos	50,3 ^a	50,2 ^a	36,2 ^b	21,8 ^c	28,0 ^{b,c}	37,3

a, b y c: Dentro de una fila, una letra distinta muestra diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el Cuadro 6.2 se presentan las principales habilidades productivas de las razas bovinas disponibles en PV. Se puede apreciar que el peso al nacimiento de los terneros oscila en un rango entre 37,8 y 40,2 kg, lo cual resulta de las difíciles condiciones ambientales del invierno que impiden una mejor expresión de los

distintos potenciales productivos. En la ganancia diaria de peso pre destete se observan diferencias, donde la Raza Angus, en su biotipo rojo y negro, superan a las razas de mayor tiempo de adaptación con 968 y 906 gramos por día, respectivamente. Por su parte, de las razas de larga adaptación, Hereford presenta la mayor rusticidad, y además, una pubertad más tardía, lo cual es altamente valorado por los ganaderos. Por su parte, el Overo colorado exhibe una pubertad más temprana y tiene algunas limitaciones en fertilidad y conformación de la canal. Ambos formatos de Angus presentan una rusticidad similar a la de razas de larga adaptación, una pubertad similar a la que se valora en Overo colorado y una conformación de canal como la que se subraya en el caso de Hereford.

Cuadro 6.2. Características productivas de las razas bovinas presentes en el territorio Patagonia Verde (Fuente: De la Barra y Carvajal, 2021).

Raza	Peso al nacimiento (kg) ¹	Ganancia diaria de peso (gr) ¹	Rusticidad ²	Pubertad ²	Conformación de la canal ²
Hereford	37,8	840	2	3	1
Ov. colorado	38,0	800	3	2	3
Angus negro	38,0	906	3	2	1
Angus rojo	40,2	968	2	2	1

⁽¹⁾ Medición en periodo de pre destete. Datos propios generados por INIA.

⁽²⁾ Escala de 1 a 5, siendo el 1 el nivel superior (propuesta por Bustamante (2004) en estudio sobre razas bovinas doble propósito).

A continuación, se describen las principales características de cada raza.

a) Overo Colorado

El Overo colorado, tiene su origen en las regiones de Holstein y Friesian de Alemania, y la parte noroccidental de los Países Bajos, donde se conoce como Rotbunte. También recibe otras denominaciones como Frisón Rojo Chileno, Berrendo Rojo o Clavel Alemán (este último se ha inscrito como raza en 2003). Se establece en Chile a comienzos del siglo XX en la zona centro sur, importándose animales finos de pedigri desde Alemania y posteriormente de Holanda.

Es de color colorado-café con blanco con una distribución variable en forma de capas o manchas (Figura 6.3). De tamaño intermedio y buen crecimiento, los machos a la edad adulta (48 meses) alcanzan una alzada mínima de 1,42 m y un peso de 900 a 1.000 kg. Por su parte, las hembras alcanzan una alzada mínima de 1,28 m y un peso de 450 a 600 kg (Butendieck, 1998). Las hembras antes de la lactancia son fuertes y presentan un buen estado de masa muscular. Durante la lactancia mantienen su condición y una excelente fertilidad y facilidad de ordeña. Ambos alcanzan la pubertad antes del año. Son dóciles y se adaptan a distintos



Figura 6.3. Bovinos de raza Overo colorado en Patagonia Verde.

tipos de manejo y territorios con un rango de distribución muy amplio que abarca desde zonas cálidas y secas a zonas de gran pluviometría y temperaturas bajo cero, lo que ha permitido su asentamiento en Patagonia Verde especializándose hacia producción de carne.

Originalmente desarrollada como raza de doble propósito, posee una relación equilibrada entre producción de leche y carne. De excelente producción lechera con un promedio de 4.500 kg anuales, por lactancia, en base a pradera, se busca una producción de 7.000 kg de leche con 4% de materia grasa y 3,5% de proteína. En la selección de los animales se le da mucha importancia a una buena forma y facilidad de ordeña. No obstante, puede orientarse también a carne con un muy buen rendimiento y calidad de canal. Dispone de una gran rusticidad y capacidad de transformar alimentos voluminosos, fibrosos y de baja digestibilidad en músculo. Sin embargo, puede presentar dificultad en los partos por el alto peso al nacimiento de las crías (distocia). En el sur de Chile se puede utilizarse como línea materna en cruzamientos terminales con animales Holstein, Jersey o Hereford. En Chile el registro de los animales finos lo gestiona la Asociación Nacional de Criadores de la raza Overo Colorado (ANACOC).

b) Frisón negro

Se asume que su origen es la Holanda septentrional y la Frisia de Países Bajos y Alemania. Con el tiempo este biotipo ha sido sometido a cruzamientos con Holstein-Friesian de tipo americano, quedando pocas líneas puras especialmente en Alemania y últimamente en Irlanda. Al igual que el Overo colorado, puede utilizarse como línea materna en cruzamientos terminales con Holstein, Jersey o Hereford.

Inicialmente de doble propósito, se ha seleccionado hacia producción de leche, se caracteriza por buena fertilidad, adaptabilidad a distintos manejos (rusticidad) y su longevidad. Posee alta capacidad de consumo de forraje y materia seca. De salud estable. Con buena profundidad y amplitud corporal, presenta una estructura corporal menos angular que la de una raza típicamente lechera (Figura 6.4). La alzada promedio de la vaca es de 132 cm para un peso de 650 kg. De buena conformación de ubre, puede alcanzar una producción de hasta 10.000 kg de leche con 3,8-4% de grasa y 3,5% de proteína. Puede tener problemas de patas por la poca firmeza de las pezuñas (Butendieck, 1998).



Figura 6.4 Bovinos de raza Frisón negro.

c) Hereford

Se origina a comienzos del siglo XVIII en el condado de Hereford, Inglaterra, siendo importados los primeros ejemplares a América en 1816. En Chile ha sido una de las razas introducidas con una mayor distribución, debido a su rusticidad y por lo tanto gran adaptación a una gran variedad de climas, incluido Patagonia verde.

Es una raza cárnica de muy buen rendimiento. Posee características distintivas de color, conformación y constitución. Se destaca por su mansedumbre y buen temperamento debido a la ausencia de cuernos (como indica su nombre en



Figura 6.5. Bovinos de raza Hereford en Patagonia Verde.

inglés, Polled Hereford), producto de una mutación estable en el gen *Polled*. Su color es colorado desde bayo a cereza, con manchas blancas en la cabeza (se conoce como "cara blanca"), parte posterior de las orejas, pecho, vientre, parte inferior de los miembros y punta de la cola (Figura 7.5). De muy buena fertilidad y habilidad materna. De buena adaptación a una vasta zona de condiciones geográficas y climáticas, su rusticidad le permite un buen engorde a edad temprana. El peso al nacimiento es de 32-35 Kg y al año de 450 Kg, teniendo ganancias medias diarias de 900 gr. El peso promedio de las vacas adultas es de 550-620 kg, y el de los toros de 900-1.100 kg (Gasque, 2008).

De buena eficiencia de conversión de pasto y otros alimentos a carne de alta calidad con bajos costos, posee abundante grasa de cobertura y visceral. Se utiliza en cruza con bovinos Holstein, Angus o Simmental para mejorar las características de carne, entre ellas, la infiltración grasa (marmoleo). En Chile, el registro de animales finos lo gestiona la Asociación de Criadores de Hereford del Sur.

d) Angus

Raza británica, se ha postulado que su origen fue Aberdeenshire, en el norte de Escocia, durante los siglos XVII y XVIII. Sin embargo, el genotipo de la raza tal como se le conoce actualmente no lograría definirse hasta 1879 mediante el cruzamiento de bovinos originarios de Angusshire y Aberdeenshire (CIS, 2021). Actualmente es de las razas cárnicas de mayor distribución en el mundo debido a una buena capacidad de adaptación a ambientes templados. En Chile su introducción comenzó en Patagonia (Aysén y Magallanes) pero actualmente se distribuye en toda la región sur del país, incluido Patagonia verde.

De pelo corto y liso, existen dos biotipos, cuyo pelaje es de color negro o colorado (alelo recesivo) uniforme y bien pigmentado, las cuales hoy en día están diferenciados como grupo genético. Su conformación es de talla media (menor que Hereford o Shorthorn), perímetro torácico profundo, cuerpo largo con un dorso recto y ancho y gran profundidad. Su esternón es prominente, su lomo ancho y sus extremidades finas, con sus cuartos traseros largos, anchos y musculosos que soportan su cuerpo. Las patas poseen buen aplomo y separación, evidenciando su aptitud carnífera. Su cabeza es pequeña (entre corta y media), amplia en la frente y sin cuernos (Figura 6.6). Se caracteriza por su cuerpo profundo, el cual es soportado por extremidades relativamente cortas. En el macho la expresión de masculinidad está ligada al buen tamaño (perímetro) testicular (Gasque, 2008). Es una raza marcadamente cárnica seleccionada para desarrollar una madurez temprana extrema, vale decir, en un engrasamiento precoz, pudiendo exhibir una



Figura 6.6. Bovinos Angus rojo y negro en Patagonia Verde.

ganancia diaria de peso de 1,15–1,28 kg. Bajo pastoreo extensivo se obtienen una buena finalización con canales de muy buena calidad y buena cobertura de grasa y terneza, parámetros actualmente muy apetecidos por los consumidores. El animal adulto puede alcanzar un peso entre 900 a 1000 kg, mientras que las hembras fluctúan entre 550 y 700 kg. Poseen una buena fertilidad y longevidad. Las vacas son de buena habilidad materna y facilidad de parto y las novillas paren por primera vez a los 2,5 años y suelen ser longevas.

Dada la excelente carne y eficacia de conversión de alimento, el Angus se utiliza frecuentemente para cruza comerciales y terminales con razas como Shorthorn o Hereford con excelente expresión de heterosis (vigor híbrido), por ejemplo, para sobrevivencia del ternero (Gasque, 2008; CIS, 2021). Actualmente su selección en países desarrollados se orienta a habilidad materna y facilidad de ordeña, fertilidad, madurez temprana y parámetros de calidad de carne. En Chile, el registro oficial de animales finos lo gestiona Asociación Chilena de Aberdeen Angus A.G.

En resumen, esta raza muestra una excelente combinación de producción, calidad y fertilidad.

6.4 El conocimiento de los productores de Patagonia Verde sobre las razas ovinas

La gestión de razas, sus cruzamientos y selección genética, requieren un conocimiento acabado de las mismas de parte de los productores de forma de planificar el sistema productivo considerando sus aptitudes adaptativas y productivas. Para estimar el grado de conocimiento de dicha información, se realizó un taller en el que 42 productores de PV debían identificar diversas razas bovinas presentadas con imágenes.

El gráfico 6.1 muestra el grado de reconocimiento de las razas bovinas posibles de encontrar en PV. Se puede observar que Angus negro y Overo colorado son las razas que alcanzan el mayor reconocimiento de parte de los productores consultados (83 y 81%, respectivamente), mientras que el Overo colorado y Frisón negro están en una posición intermedia. Por su parte, las razas menos identificadas fueron Charolais y Limousin, con valores cercanos al 50%. Este grado de reconocimiento de razas coincide con la distribución de los biotipos cárnicos en PV (Carvajal y cols., 2019).

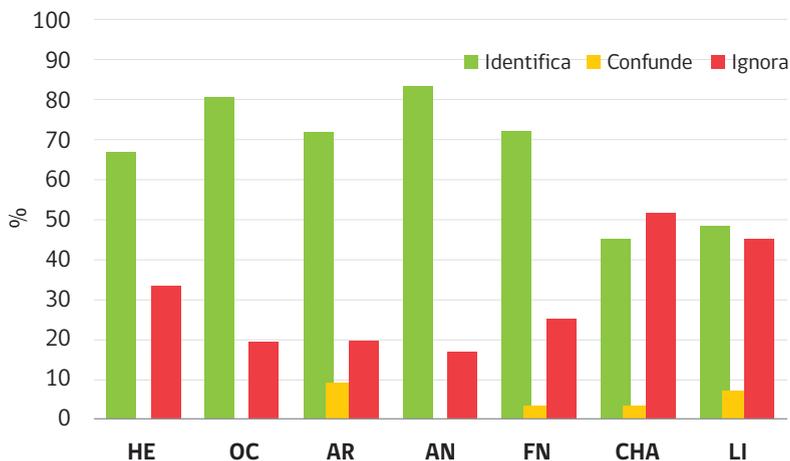


Gráfico 6.1. Reconocimiento de razas bovinas por parte de productores del Territorio Patagonia Verde. HE= Hereford; OC= Overo colorado; AR= Angus rojo; AN= Angus negro; FN= Frisón negro; CHA= Charolais y LI= Limousin (Extraído de Carvajal y cols., 2019).

6.5 Conclusiones y recomendaciones

En conclusión, podemos afirmar que el territorio Patagonia Verde se caracteriza por una producción a pequeña escala y con rebaños pequeños que se caracterizan por una alta distribución de animales híbridos que no son asignables a ningún biotipo racial. Esto, producto de la ausencia de programas de mejoramiento genético, cruzamientos descontrolados y así la incapacidad de generar núcleos de reproductores finos. No obstante, las razas bovinas predominantes son Hereford y Overo colorado, aunque en el mediano plazo se espera un aumento en animales de biotipo Angus.

Si bien los productores de PV reconocen aquellos biotipos bovinos de orientación principalmente cárnica históricamente presentes en el territorio, se debe insistir en acciones de capacitación para conocer de forma óptima cada una de las razas disponibles y bien adaptadas al territorio (o con potencial), los atributos necesarios para seleccionar un reproductor de calidad, y aquellos registros requeridos para el mejoramiento genético, así como los esquemas de cruzamiento y selección. El trabajo en constituir criaderos permitirá generar reproductores de raza adaptados y facilitará su disponibilidad para los requerimientos del territorio PV.

Bibliografía

- Aracena M y Mujica M. (2011) Caracterización del bovino Criollo Patagónico chileno. *Agro Sur* 39: 106-115.
- Barros M. (1984) Palena: un río, un arbitraje. Ed. Santillana. Santiago de Chile. 358 p.
- Burrow HM. (2012) Importance of adaptation and genotype x environment interactions in tropical beef breeding systems. *Animal* 6: 5.
- Bustamante J. (2004) Razas y mejoramiento genético de bovinos de doble propósito. CIRPAC-INIFAP. México. Boletín técnico N°1. 28 p.
- Butendieck N. (1998) Algunas de las razas lecheras más importantes que podrían ser utilizadas en Chile. En: H. Uribe y G. Bortolameolli (Eds.) *Seminario-Taller "Tipo de animal para producción de leche bovina en el sur de Chile"*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 86 p.
- Carvajal AM y De la Barra R. (2019) Reconocimiento de reproductores y razas bovinas por parte de productores del territorio Patagonia Verde. XLIV Congreso Anual Sociedad Chilena de Producción Animal. Chillán, Chile.

- Carvajal AM, Martínez ME & De la Barra R. (2021) Structure and diversity of bovine breeds in Patagonia Verde. *Archivos de Zootecnia. En Prensa.*
- CIS. (2021) Cattle International Series. <https://cattleinternationalseries.weebly.com/aberdeen---angus.html> (Accesado en enero de 2021).
- De la Barra R, Martínez ME, Haudorf A, Fábregas P, Carvajal A y Morales R. (2020) Desarrollo histórico de la denominación Novillo de Osorno. Una revisión. *Agro Sur* 48: 29-40.
- De la Barra R y Carvajal AM. (2021) Habilidades productivas y utilidad de las razas bovinas presentes en la Patagonia Verde. *Informativo N° 266, INIA Remehue.*
- Gasque R. (2008) *Enciclopedia Bovina*. 1ª Ed. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 420 p.
- INDAP. (1984) Descripción del área Palena. Instituto de Desarrollo Agropecuario. Informe de antecedentes. 50 p.
- INE. (2015) Encuesta Bianual de Ganado. Instituto Nacional de Estadística. Chile.
- Junod M. (2013) En el campo de la historia. La leche es el sur de Chile. *APROLECHE*. 182 p.
- Martínez ME, Palavecinos P y Carvajal AM. (2021) Alimentación en bovinos de carne, factor clave para la producción exitosa en Patagonia verde. *Informativo INIA Remehue N° 264*
- Nilo E. (2016) Distribución de la ganadería bovina de carne y ovina en Chile entre 1997-2007. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Philippi R. (1885) Sobre los animales introducidos desde su conquista por los españoles. *Zoología. Anales de la Universidad de Chile*. Imprenta Nacional. Tomo LXVII. 19 p.
- Piñeira J, Mujica F, Felmer R, Ortiz M, Pizarro G y Aracena M. (2011) Caracterización genética de un rebaño de bovino Criollo Patagónico chileno. *Agro Sur* 39: 46-56.
- Primo A. (1992) El ganado bovino ibérico en las Américas: 500 años después. *Archivos de Zootecnia* 41: 421-432.
- Sáenz JA. (2015) Territorio rural y sus transformaciones ante procesos de globalización en la subregión transandina de la Provincia de Palena, Patagonia chilena. Tesis Doctoral. Universidad de Chile. 146 p.
- SAG. (2011) Resolución 7270 EXENTA. Declara zona libre de Brucelosis bovina a las comunas de Chaitén, Futaleufú y Palena de la región de Los Lagos. Servicio Agrícola y Ganadero. Ministerio de Agricultura, Chile.

Villa C. (2010) El concepto de rusticidad. Revista Hereford 75: 38-39.

Villalobos S. (1992) Chile y su historia. Editorial Universitaria. 451 p.





Boletín INIA / N° 438

www.inia.cl

