

Foto: Sebastián Bogliacino

# EVALUACIÓN GENÓMICA DE LA RAZA HOLANDO

Ing. Agr. PhD Ignacio Aguilar<sup>1</sup>,  
Ing. Agr. PhD Olga Ravagnolo<sup>2</sup>,  
Dr. CV MSc. Rodrigo López<sup>3</sup>,  
Lic. Biol. MSc. Beatriz Carracelas<sup>2</sup>,  
QBP. MSc. Brenda Vera<sup>1 y 2</sup>

<sup>1</sup>Sistema Lechero - INIA

<sup>2</sup>Sistema Ganadero Extensivo - INIA

<sup>3</sup>Facultad de Agronomía, Facultad de Veterinaria  
- Udelar

La evaluación genómica de la raza Holando es la predicción de valores de cría de animales haciendo uso de información molecular en conjunto con la información productiva, genealógica e información de méritos genéticos internacionales de toros extranjeros (Interbull). Esta evaluación nos permite disponer de la herramienta de Selección Genómica adaptada a las condiciones de producción nacionales.

## MEJORAMIENTO GENÉTICO ANIMAL

Los programas de mejoramiento genético involucran la identificación y selección de animales genéticamente superiores para los caracteres de relevancia económica. El mérito genético refiere a la constitución genética que un individuo posee y que está representado por el término de Valor de Cría, el que en Uruguay se expresa como DEP (Diferencias Esperadas en la Progenie).

Las evaluaciones genéticas son las herramientas que nos permiten predecir los méritos genéticos. Utilizan la información de registros fenotípicos (datos de producción observados: producción de leche, grasa, proteína, intervalos entre partos, etc.), de las relaciones de parentesco y del conocimiento de los factores ambientales que han influido en la expresión de ese carácter. En el caso de la producción lechera, la mayoría de los rasgos de relevancia económica son medidos en

hembras y por lo general en etapas avanzadas de la vida de los animales, lo que implica el transcurso de varios años para la obtención de mediciones confiables de méritos genéticos de toros padres. Disponer de predicciones genómicas nos permite adelantar la selección de animales en base a datos objetivos.

La aplicación de selección genómica ha revolucionado los programas de mejora genética animal. Los importantes incrementos en la precisión de méritos genéticos, posibilitan la selección de individuos a tempranas edades, incrementando así la ganancia genética y desarrollando nuevos esquemas de programas de mejoramiento genético animal.

## EVALUACIÓN GENÉTICA NACIONAL

En Uruguay, la ejecución de los programas de mejoramiento genético lechero se realiza a través de un convenio integrado por: Asociación Rural del Uruguay, Sociedad de Criadores Holando del Uruguay, Mejoramiento y Control Lechero Uruguayo, Instituto Nacional de la Leche, Facultad de Agronomía e Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

Los siguientes rasgos son evaluados rutinariamente: producción de leche, grasa, proteína, recuento de células somáticas, y fertilidad en hijas (tasa de preñez), los cuales son combinados en el índice de selección (Índice Económico Productivo: IEP) y calificación lineal (25 rasgos). En la actualidad se está consolidando la evaluación genética para longevidad.

El equipo de mejora genética animal de INIA ha estado desarrollando e implementado las evaluaciones genéticas lecheras y ha sido el centro de procesamiento de datos desde el 2002. El equipo de INIA es en la actualidad, además, el centro de evaluación genética de referencia técnica con el Interbull Centre, SLU (Suecia), instituto donde se procesa la evaluación genética internacional de razas lecheras.

En el 2012 se logró integrar la evaluación genética nacional a la evaluación genética internacional, lo que nos ha permitido obtener predicciones expresadas para las condiciones nacionales de toros importados aún sin progenie en Uruguay (mediante la utilización de la información de progenies en otros países). Esta evaluación genética internacional es desarrollada y realizada por Interbull (sub-comité del ICAR International Committee for Animal Recording, [icar.org](http://icar.org)).

Integrar la evaluación genética nacional en Interbull ha sido un paso de gran relevancia para el Uruguay. Históricamente, la evaluación genética nacional de la raza Holando publicaba información de méritos genéticos de toros de los cuales solo una baja proporción se encontraba disponible para su comercialización. La mayoría de los toros que se encontraban en uso aún no habían tenido descendencia en nuestro país y,

por lo tanto, no poseían información para integrarlos a la evaluación genética nacional. Esta situación cambió drásticamente ya que en la actualidad la gran mayoría de los toros comercializados disponen de estimaciones de méritos genéticos expresados en las condiciones nacionales. Esto ha sido posible gracias a la implementación de una evaluación genética nacional con un número importante de toros evaluados, que han hecho de conexión con el resto de los países.

Esto ha generado mejoras en la calidad de la información en los toros disponibles para su uso en rodeos lecheros, permitiendo al productor comercial una visualización más clara del potencial genético de los padres aún no presentes en Uruguay, expresados en términos comparativos entre ellos y con los animales evaluados en el Uruguay.

## SELECCIÓN GENÓMICA

En los últimos años, se han desarrollado a nivel internacional importantes cambios en los programas de mejoramiento genético animal mediante la incorporación de la selección genómica. Por un lado, la disponibilidad de paneles de alta densidad de marcadores moleculares del tipo polimorfismos de un solo nucleótido (SNP del inglés *Single-Nucleotide Polymorphisms*) y la disponibilidad de plataformas para el genotipado a costos rentables ha llevado al desarrollo de métodos de selección llamados selección genómica o selección sobre todo el genoma.

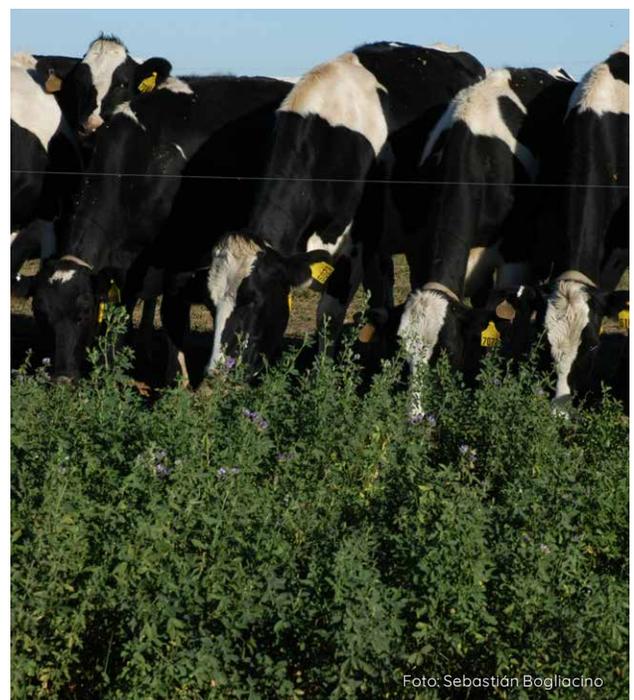


Foto: Sebastián Bogliacino

Para utilizar predicciones genómicas, es necesario disponer de poblaciones de entrenamiento también llamadas poblaciones de referencia. Esto implica disponer de animales que cuenten con información de méritos genéticos basados en datos de hijos o propios y que se encuentren genotipados con paneles de SNP. De esta manera es posible predecir el mérito genético para animales que aún no disponen ni de hijos ni de datos, utilizando su información molecular a través de su genotipado con paneles de SNP.

En el marco del convenio mencionado anteriormente, se han estado ejecutando proyectos en INIA que han permitido la incorporación de información genómica en la evaluación genética nacional de la raza Holando. Dichos proyectos tuvieron por objetivo establecer una población de referencia para poder implementar selección genómica en condiciones nacionales, aportando el financiamiento para el genotipado de animales que participan en la evaluación.

Estos proyectos han recolectado muestras de semen de padres nacionales e importados en base a la colaboración de criadores de la raza y empresas de venta de semen. Por otro lado, a través del convenio del Banco de ADN INIA-ARU, se ha tenido acceso desde el Laboratorio de Inmunogenética de la ARU a muestras de pelo de animales pedigrí Holando que participan de la evaluación genética. A su vez, a través del convenio Facultad de Veterinaria (Udelar)-INML-INIA, se accedió a muestras de ADN de vacas de seis establecimientos

del INML (actualmente MU). Por último, las vacas del tambo de INIA La Estanzuela se han genotipado e incorporado a la evaluación genética.

Estos proyectos han permitido genotipar más de 3.000 muestras con paneles de mediana densidad de SNP (aproximadamente de 50 mil SNP) para crear la población de referencia o entrenamiento. Por otro lado, se han establecido acuerdos con otros países a los efectos de poder intercambiar genotipos de padres que disponen valores de cría con alta precisión. En base a los acuerdos de intercambio establecidos con Irlanda, Nueva Zelanda, México, Rep. Checa, Bélgica y Brasil, se amplió la población de entrenamiento nacional, disponiendo en la actualidad más de 25 mil genotipos mayoritariamente de padres extranjeros con alta precisión de méritos genéticos.

Una gran proporción de los toros extranjeros con genotipos no tiene hijas con datos productivos a nivel nacional; sin embargo, disponen de méritos genéticos a través de la evaluación genética internacional (Interbull). Mediante el desarrollo e investigación en metodologías de evaluaciones genéticas, algunas de las cuales forman parte de una tesis de doctorado, en la evaluación genómica de la raza Holando podemos integrar, tanto la información de las bases de datos nacionales (MU, ARU, SCHU), como la información extranjera (méritos genéticos Interbull) en una única evaluación genética para predecir en forma conjunta méritos genéticos (y genómicos) del total de la población Holando nacional (Figura 1).

## Evaluación Genómica Single-Step con incorporación de información externa en Evaluación Genética

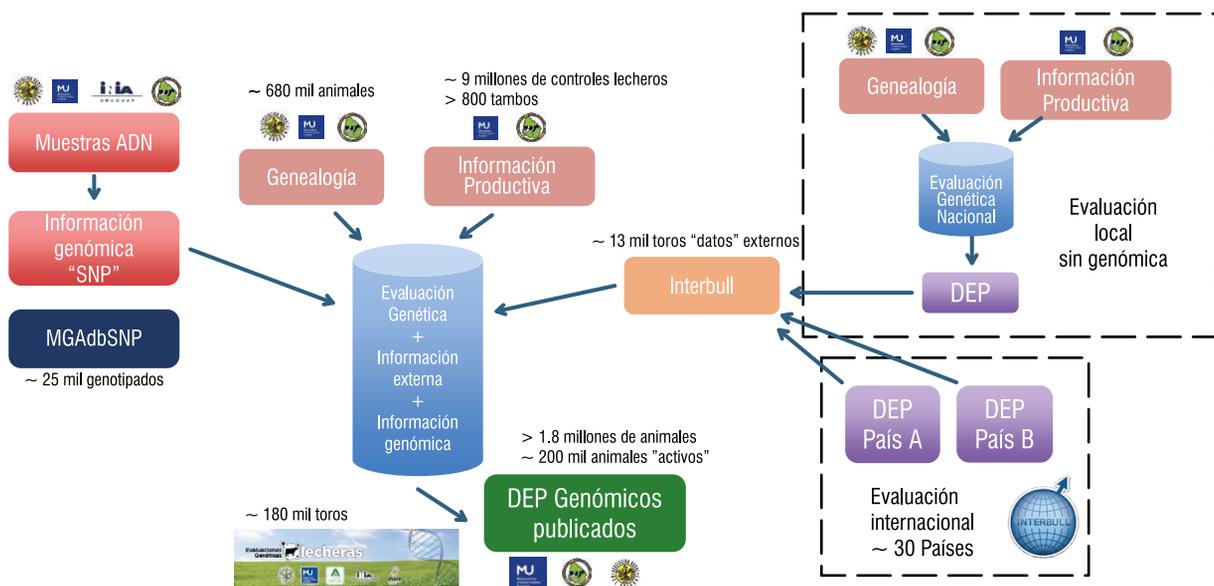
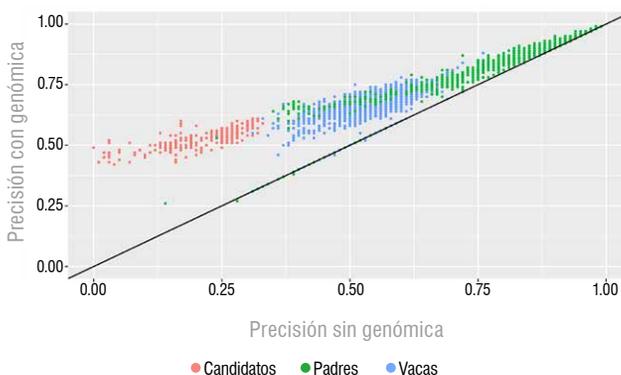


Figura 1 - Esquema de la evaluación genómica de la raza Holando.

En la evaluación genómica de la raza Holando se integra la información de las bases de datos nacionales (MU, ARU, SCHU) con la información extranjera (méritos genéticos Interbull) en una única evaluación genética.

A los efectos de poder gestionar la información genómica que se ha estado generando, se desarrolló en INIA una base de datos (mgadbSNP) para almacenar en forma eficiente los resultados de genotipados de diferentes paneles de SNP (plataformas y cantidad de SNP) surgidos por los diferentes convenios y proyectos de investigación involucrados. Esta base de datos también está siendo utilizada para almacenar genotipos de otras razas e instituciones (ARU, Sociedad de criadores de Holando, Angus, Hereford, Braford), así como de proyectos INIA en genómica animal (bovinos y ovinos).

La evaluación genética de la raza Holando con información genómica se está realizando desde abril de 2023, y se actualiza en forma periódica en los meses de abril, agosto y diciembre, siguiendo el cronograma de las evaluaciones genéticas internacionales. Estas evaluaciones incorporan, en cada corrida, todos los genotipos disponibles, así como toda la información productiva y genealógica generada desde la evaluación anterior. En la actualidad, los productores que desean que sus animales estén incorporados genómicamente en la evaluación pueden optar por genotiparlos a través de la Sociedad de Criadores Holando del Uruguay, la Asociación Rural del Uruguay o Mejoramiento y Control Lechero Uruguayo.



**Figura 2** - Incremento en precisión del mérito genético para producción de leche por el uso de información genómica, para animales jóvenes (Candidatos) en rojo, Vacas con dato de producción en azul, y Padres en verde.

Los resultados de cada evaluación genómica son entregados a la Sociedad de Criadores Holando del Uruguay y a Mejoramiento y Control Lechero Uruguayo, quienes realizan la devolución mediante informes a cada productor. En el caso de los animales de pedigrí, los resultados también son informados a la Asociación Rural del Uruguay. Por último, toda la información referida a machos es publicada en la web de genética lechera ([geneticalechera.com.uy](http://geneticalechera.com.uy)).

Uno de los objetivos de aplicación de la selección genómica es la de aumentar la precisión de los méritos genéticos para poder realizar una selección más precisa a temprana edad. En la gráfica se presenta la precisión (medida de confiabilidad de los méritos genéticos) para una evaluación genética tradicional (sin información genómica) y para la evaluación genética con incorporación de información genómica. De la misma se desprende que, gracias a la evaluación genómica, se logra duplicar los valores de precisión de los méritos genéticos en las categorías de animales identificados como “candidatos” (animales jóvenes). La posibilidad de seleccionar con más certeza los mejores animales de esta categoría (selección genómica) permite justamente lograr mayores progresos genéticos (Figura 2).

En resumen:

- La evaluación genética nacional Holando está consolidada y se basa en el uso de información de los sistemas nacionales de producción.
- Disponemos de procedimientos eficientes que nos permite el uso de información externa (Interbull).
- Las predicciones genómicas que se utilizan en el país están basadas en datos nacionales e internacionales.
- Esta herramienta de selección genómica está disponible para productores uruguayos.

La evaluación genómica de la raza Holando fue certificada recientemente como tecnología en el Proceso CERTEC.Agro (noviembre de 2024), con la participación de evaluadores externos al Instituto.

Esta evaluación permite predecir en forma conjunta méritos genéticos (y genómicos) del total de la población Holando nacional.