

# PLATAFORMA GENÓMICA DE LA RAZA BRAHMAN: APLICACIÓN EN SELECCIÓN Y MEJORAMIENTO GENÉTICO



Asocebú®  
Colombia

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

# PLATAFORMA GENÓMICA DE LA RAZA BRAHMAN: APLICACIÓN EN SELECCIÓN Y MEJORAMIENTO GENÉTICO



**AGROSAVIA**  
Corporación colombiana de investigación agropecuaria





## Redacción y Revisión:

### Natalia Andrea Marín Garzón

Zootecnista. M.Sc. Ph.D(c).

Coordinadora de investigación y desarrollo Asocebú

### Gérman Augusto Gómez Serrano

Zootecnista

Director técnico Asocebú

### Carlos Manrique Perdomo

Zootecnista. M.Sc. Ph.D.

Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia

Asesor programas de mejoramiento genético

## Diseño y Diagramación

### Daniel Fernando Pabón Porras

## Agradecimientos:

### Presidente

Alfredo Villazón Gutierrez

### Director Ejecutivo

Andrés Fernando Arenas Gamboa

### Director administrativo y financiero

Camilo Andrés Díaz Pazmiño

### Coordinadora de seguimiento técnico

Lyda Fabiola Contreras León

### Analista de información técnica

Lady Johanna Susatama Acevedo

### Técnicos en campo

### Ganaderías participantes



Corporación colombiana de investigación agropecuaria

## Comisión de investigación:

### Investigador Ph.D. Asociado

William Orlando Burgos Paz

### Investigador Ph.D. Senior

Rodrigo Alfredo Martínez Sarmiento

### Investigadora Ph.D.

Paula Helena Reyes Herrera

### Investigador Máster

Diego Hernan Bejarano Garavito

### Investigador Ph.D. Asociado

Carlos Alberto Martínez Niño

**Laboratorio de Genética Molecular Centro de Investigación Tibaitatá.**





# tabla de CONTENIDO

» EL CEBÚ BRAHMAN.....	6
» EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA RAZA BRAHMAN.....	7
La Evaluación Genética de Toros Brahman.....	8
¿Por qué entrar a la era genómica?.....	8
» CONCEPTOS IMPORTANTES PARA ENTENDER EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLATAFORMA GENÓMICA DE LA RAZA BRAHMAN.....	9
» LA PLATAFORMA GENÓMICA DE LA RAZA BRAHMAN .....	11
Objetivos .....	11
¿A quiénes evalúa la plataforma genómica de la raza Brahman?.....	11
¿Qué evalúa la plataforma genómica de la raza Brahman?.....	12
¿Cómo inició la plataforma genómica de la raza Brahman?.....	16
» LAS ETAPAS DE LA EVALUACIÓN GENÓMICA DE LA RAZA BRAHMAN.....	17
Colecta de muestras de material biológico.....	17
Extracción de ADN.....	17
Genotipificación.....	17
Procesamiento de datos y control de calidad.....	18
Imputación de genotipos.....	18
Análisis estadístico.....	19
Predicción de valores genómicos.....	20
» INFORME DEL SERVICIO, ANÁLISIS GENÓMICO DE LA RAZA BRAHMAN: RESULTADOS INDIVIDUALES ENTREGADOS AL GANADERO.....	23
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

# EL CEBÚ BRAHMAN



Es la raza más importante en la ganadería de carne colombiana



La raza Brahman y sus cruces representa alrededor del 80% del hato bovino colombiano.

La Asociación Colombiana de Ganado Cebú – Asocebú, Posee el mayor número de animales puros de la raza registrados a nivel mundial, y ha logrado posicionarla en el mercado como el mejor **Brahman del mundo**.

La raza presenta grandes ventajas adaptativas a las condiciones naturales del trópico, que se reflejan en sus mejores índices de productividad, representados en:

- » Capacidad de aprovechamiento de forrajes
- » Rápidas tasas de crecimiento
- » Desempeño reproductivo
- » Habilidad materna
- » Rendimiento en canal

# EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA RAZA BRAHMAN



Debido al impacto económico para los sistemas productivos del país, Asocebú en alianza con la Universidad Nacional de Colombia, inició el programa de mejoramiento genético, con la Evaluación Genética de Toros Brahman.



APERTURA DE LIBROS GENEALÓGICOS

1938

» COLECTA DE PESAJES

1980

Creación de bases de datos con registros de pesajes colectados en visitas técnicas

1RA EVALUACIÓN GENÉTICA DE TOROS BRAHMAN PUROS

Evaluación de características de crecimiento y habilidad materna

1997

» PROGRAMA DE ULTRASONIDO

Certificación de técnicos de Asocebú para la implementación de la técnica de ultrasonido para medición de composición corporal.

2004

1RA EVALUACIÓN GENÉTICA PARA COMPOSICIÓN CORPORAL

Se incluye evaluación de características de composición corporal (Área de ojo de lomo y grasa dorsal)

2006

» PROGRAMA DE CLASIFICACIÓN LINEAL

Capacitación de técnicos de Asocebú en clasificación lineal de hembras Brahman.

2012

» 1RA EVALUACIÓN GENÉTICA PARA CLASIFICACIÓN LINEAL

Se incluye en la evaluación 27 características de conformación de la hembra Brahman.

2018



# LA EVALUACIÓN GENÉTICA DE TOROS BRAHMAN



Es la herramienta principal del criador para valorar genéticamente sus animales y tomar decisiones direccionadas al mejoramiento de la eficiencia productiva de su hato, a través de la selección de toros con mérito genético.

**Los resultados de la evaluación genética anual se pueden consultar en:**



## ¿POR QUÉ ENTRAR A LA ERA DE LA GENÓMICA?

Con los avances en el conocimiento del genoma bovino se hace necesario adoptar tecnologías moleculares para:

- » Mejorar la caracterización genética de los animales.
- » Mejora el progreso genético.
- » Brindar alternativas a las necesidades del mercado global.

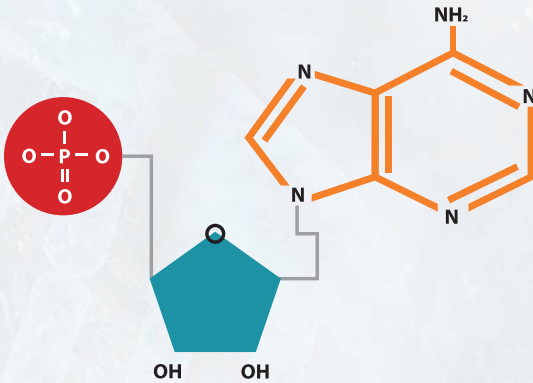


Inicia el proyecto interinstitucional entre Asocebú, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria y Genes Difussion, para la creación de la **“Plataforma de información genómica de la raza Brahman en Colombia”**.

# Conceptos importantes para entender el funcionamiento de la **Plataforma Genómica de la raza Brahman**

## ADN

Conjunto de unidades que conforman el material que un animal puede transmitir a sus hijos



Cada unidad de ADN, está formada a su vez por **nucleótidos**. Estos nucleótidos están compuestas por un azúcar (desoxirribosa), un grupo fosfato y una base nitrogenada (Adenina, Citosina, Timina o Guanina).

**EL GENOMA BOVINO POSEE ALREDEDOR DE 3 MIL MILLONES DE NUCLEOTIDOS**

## MARCADOR MOLECULAR

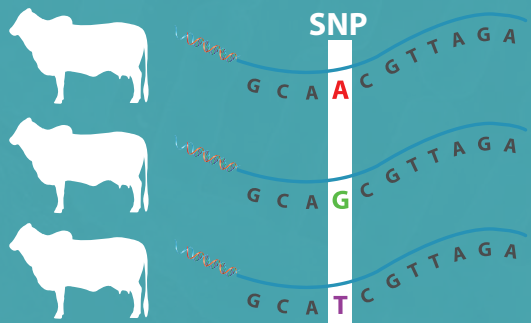
Son variaciones en la composición y estructura del ADN que se localizan en puntos específicos y se heredan de padres a hijos.

## POLIMORFISMO DE BASE ÚNICA (SNP)

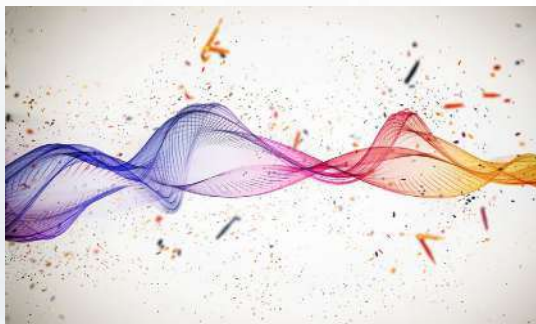


Es un tipo de marcador molecular donde solo un nucleótido resulta ser afectado al haber un cambio en la base nitrogenada que lo compone.

Animales de una misma población tienen nucleótidos diferentes en una misma posición del genoma.

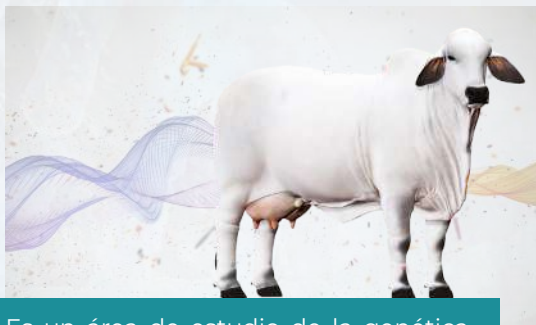


## GENOMA



Es el conjunto completo del ADN de un animal.

## GENÓMICA



Es un área de estudio de la genética direccionada al conocimiento de la estructura, composición, evolución, función y edición, de todos los genes que componen el genoma de un animal.

## SELECCIÓN GENÓMICA (SG)

Es una estrategia de mejoramiento genético basada en el uso de los SNP's para predecir el valor genético genómico de un animal (VG-G), expresado en forma de Diferencia Esperada de Progenie Genómica (DEP-G)

## Ventajas de la SG

- » Aumenta la **confiabilidad** de las DEP's
- » Lleva a la **selección intensiva** de candidatos al tener mejor confiabilidad
- » Permite generar **DEP's para animales jóvenes** que aún no tienen registros de desempeño ni progenie.
- » Facilita la selección de animales a edades tempranas, **reduciendo el intervalo generacional**.
- » **Mantiene la variabilidad genética** de la población al hacer una mejor identificación de animales consanguíneos.

**ESTAS VENTAJAS LLEVAN CONSECUENTEMENTE AL MEJORAMIENTO DEL PROGRESO GENÉTICO:**

$$\Delta G_a = \frac{\mathbf{r} * \mathbf{i} * \mathbf{O}_a}{\mathbf{L}}$$

El progreso genético ( $\Delta G_a$ ), depende de la confiabilidad de la predicción de los valores genéticos ( $\mathbf{r}$ ), la intensidad de selección ( $\mathbf{i}$ ), la variabilidad genética existente en la población representada por la desviación estándar genética aditiva ( $\mathbf{O}_a$ ) y el intervalo generacional ( $\mathbf{L}$ ).



**Entre menor sea el ( $\mathbf{L}$ ), mayor será el ( $\Delta G_a$ )**

# » LA PLATAFORMA GENÓMICA DE LA RAZA BRAHMAN

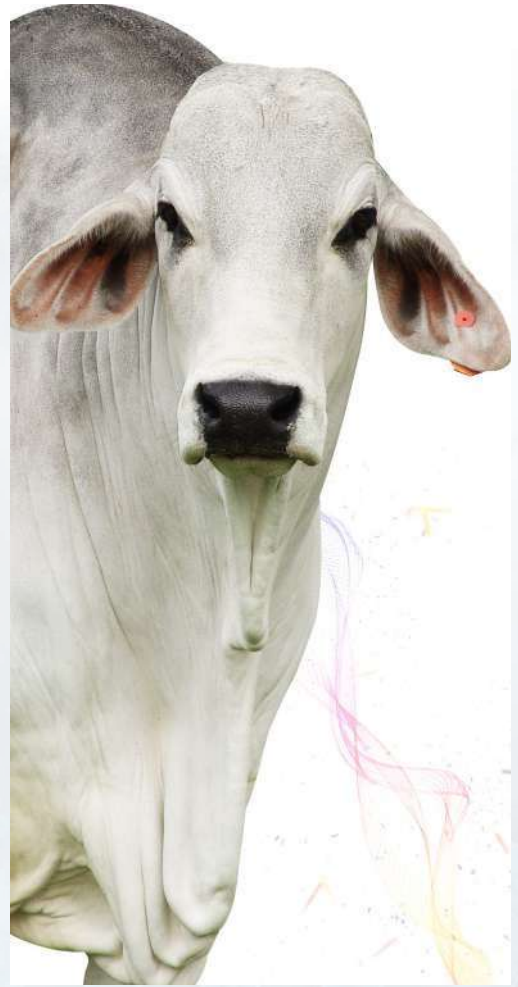


## OBJETIVO GENERAL

Obtener valores genómicos para características de importancia económica de la raza Brahman en Colombia, que contribuya con el programa de mejoramiento genético.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- » Realizar genotipificación de ejemplares de la raza Brahman con marcadores de tipo SNP en todos los cromosomas del genoma bovino.
- » Integrar la información genealógica, fenotípica y de marcadores moleculares de tipo SNP, en la obtención de DEP´s Genómicas para características de crecimiento, composición corporal, clasificación lineal y desempeño reproductivo, de la raza Brahman en Colombia.



## ¿A quiénes evalúa la plataforma genómica de la raza Brahman?

Se **evalúan animales registrados** en Asocebú, pertenecientes a ganaderías localizadas en las 3 zonas geográficas de Colombia:

**Caribe, Valles Interandinos, y Llanos Orientales.**



# ¿QUÉ EVALÚA LA PLATAFORMA GENÓMICA DE LA RAZA BRAHMAN?

## Crecimiento y Habilidad Materna



Corresponden a los pesajes tomados a diferentes edades (pre y posdestete), ajustados por rango de edad del animal y por edad de la madre al parto.



**Peso al nacimiento.**

**Peso ajustado a los 4 meses.**

**Peso ajustado a los 7 meses.**

**Peso ajustado a los 12 meses.**

**Peso ajustado a los 18 meses.**

**Habilidad Materna a los 4 meses.**

**Habilidad Materna a los 7 meses.**

**Los criterios de análisis de cada una de las características incluidas en la EVG-G son el resultado del análisis de una mesa técnica interdisciplinaria que componen los comités técnicos.**



**Edad de ajuste para los pesos de acuerdo a la edad del animal en el momento de pesaje.**

Rango de Edad (días)	Edad de Ajuste
80 – 159	4 meses
160 – 250	7 meses
320 – 410	12 meses
505 – 595	18 meses

**Factores de ajuste para los pesos en Kg de acuerdo a la edad de la vaca al parto.**

EVP (años)	FA4M (Kg)		FA7M (Kg)	
	Macho	Hembra	Macho	Hembra
2	+ 8.0	+ 7.1	+ 13.5	+ 12.15
3	+ 5.3	+ 4.7	+ 9.0	+ 8.1
4	+ 2.6	+ 2.3	+ 4.5	+ 4.0
5 a 12	+ 0	+ 0	+ 0	+ 0
> 12	+ 2.6	+ 2.3	+ 4.5	+ 4.0

EVP: edad de la vaca al parto; FA4M: factor de ajuste por edad de la madre sobre el peso a los 4 meses; FA7M: factor de ajuste por edad de la madre sobre el peso a los 7 meses.

**Fórmulas de ajuste para los pesos de acuerdo a la edad del animal al momento del pesaje y a la edad de la vaca al parto.**

Rango de Edad (días)	Edad de Ajuste
Peso ajustado a los 4 meses (PA4M)	$\frac{(\text{Peso actual} - \text{Peso nacimiento})}{(\text{Edad en días})} * 120 + \text{PN} + \text{FA4M}$
Peso ajustado a los 7 meses (PA7M)	$\frac{(\text{Peso actual} - \text{Peso nacimiento})}{(\text{Edad en días})} * 205 + \text{PN} + \text{FA7M}$
Peso ajustado a los 12 meses (PA12M)	$\frac{(\text{Peso actual} - \text{Peso nacimiento})}{(\text{Edad en días})} * 365 + \text{PN} + \text{FA7M}$
Peso ajustado a los 18 meses (PA18M)	$\frac{(\text{Peso actual} - \text{Peso nacimiento})}{(\text{Edad en días})} * 550 + \text{PN} + \text{FA7M}$

PN: peso al nacimiento; FA4M: factor de ajuste por edad de la madre sobre el peso a los 4 meses; FA7M: factor de ajuste por edad de la madre sobre el peso a los 7 meses.

**Rangos de pesos establecidos para la participación de animales en el análisis.**

Peso	Sexo	
	M	H
PN	20-50	20-50
PA4M	92-227	85-192
PA7M	161-266	143-237
PA12M	210-340	205-325
PA18M	282-461	257-380

# Composición Corporal



» **LOS FENOTIPOS SON OBTENIDOS MIDIENDO ANIMALES VIVOS POR MEDIO DE LA TÉCNICA DE ULTRASONIDO.**

» **Área de ojo de lomo (AOL):** Es una característica indicadora de la cantidad de músculo y producto magro en la canal. Se mide a través de una ecografía transversal del músculo larguísimo dorsal tomada entre la 12ª y 13ª costilla, y es expresada en centímetros cuadrados. (1).

» **Espesor de Grasa Dorsal (GD):** Es una medida indicadora del espesor de grasa en el exterior en la canal, necesaria para protegerla durante el proceso de enfriamiento. Se mide a través de una ecografía transversal del músculo larguísimo dorsal entre la 12ª y 13ª costilla, a partir de un punto de tres cuartos de la longitud del ojo del lomo desde el extremo más cercano a la columna vertebral del animal y se expresa en milímetros. (1)

» **Espesor de Grasa del Anca (GA):** La grasa del anca es una medida adicional de la grasa externa de la canal animal. Está correlacionada con pubertad en las hembras. Se mide a través de una ecografía a nivel del anca entre las tuberosidades coxal e isquiática, y se expresa en milímetros. (2)



## Desempeño Reproductivo

» **Edad al primer parto (EPP):** Refleja el tiempo que tarda una novilla en alcanzar la madurez sexual, su aptitud para aparearse y desarrollar una primera gestación exitosa. Esta característica se obtiene a través de la diferencia entre la fecha registrada de ocurrencia del evento (primer parto) y la fecha de su nacimiento, y es expresada en días.

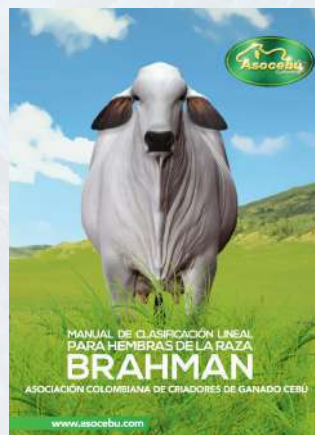
» **Intervalo entre partos (IEP):** Abarca el periodo de tiempo que ocurre entre un parto y el siguiente. Esta característica se obtiene a través de la diferencia entre las fechas registradas de ocurrencia de los eventos (partos) y es expresada en días.



## Clasificación Lineal

Apreciación visual de un animal en un total de 27 características. Los fenotipos para cada una de ellas se obtienen a través de asignación de puntajes en una escala de 1 a 9 y para la variable de clasificación de 1 a 100.

Todas las características se encuentran descritas en el **MANUAL DE CLASIFICACIÓN LINEAL PARA HEMBRAS DE LA RAZA BRAHMAN**



# ¿CÓMO INICIÓ LA PLATAFORMA GENÓMICA DE LA RAZA BRAHMAN



## Ganaderías participantes

Como punto de partida fueron seleccionadas 35 empresas ganaderas registradas ante ASOCEBÚ, distribuidas uniformemente en las tres regiones naturales, así:

- » Valles Interandinos: 14
- » Región Caribe: 11
- » Llanos Orientales: 10

## Población inicial

A partir de análisis estadísticos se estimaron valores promedio de consanguinidad poblacional y valores promedio de intervalo generacional en los últimos 30 años.

Así se identificaron animales informativos para conformar la **población de referencia** que fue constituida inicialmente por un total de **3.100 ejemplares**.



# LAS ETAPAS DE LA PLATAFORMA GENÓMICA DE LA RAZA BRAHMAN

## 1. Colecta de muestras de material biológico

La toma de muestras es realizada durante las visitas técnicas. Para el procedimiento se utilizan muestras de **sangre, semen o pelo**.



Las muestras de pelo son almacenadas en sobres de papel debidamente sellados y rotulados.



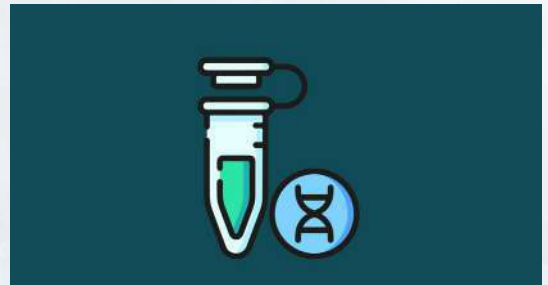
Cuando se reciben muestras de semen, las pajillas congeladas son almacenadas en tanques de nitrógeno.



Las muestras de material biológico se envían al Laboratorio de Genética Molecular de Agrosavia, sede Tibaitatá.

## 2. Extracción de ADN

El ADN contenido en las células nucleadas (de las muestras de material biológico enviadas), es extraído a través del uso de diversos reactivos químicos y procedimientos moleculares en el Laboratorio de Genética Molecular de Agrosavia, sede Tibaitatá.



## 3. Genotipificación

Este proceso consiste en determinar los genotipos que posee la muestra de ADN previamente extraída, para un conjunto de SNPs, usando arreglos comerciales que pueden contener miles de estos marcadores





## 4. Procesamiento de datos y control de calidad

Se realiza una edición y descarte, tanto de marcadores como de muestras que hayan presentado parámetros de calidad muy bajos.

- » SNP's que no tengan posición definida en el genoma
- » SNP's ubicados en los cromosomas sexuales
- » SNP's con alelos de menor frecuencia inferior a 0.01
- » SNP's y muestras con más de 10% de datos perdidos: SNP's para los cuales no se hayan podido determinar los genotipos con alta confiabilidad, o muestras que contengan un gran número de marcadores con genotipos indeterminados.

## 5. Imputación de genotipos

La Plataforma Genómica de la raza Brahman fue construida considerando dos arreglos comerciales diferentes de SNP's:

» **Chip GGP-HD 80K indicus** con información de 74.000 SNPs

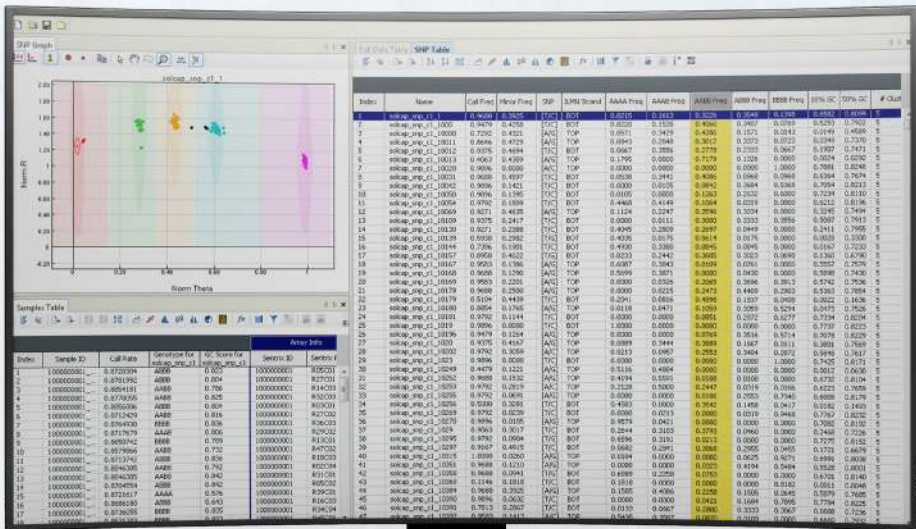
» **Chip GGP-LD** con información de 26.151 marcadores (GeneSeek, Lincoln, NE).

**Actualmente los análisis de la Plataforma Genómica de la Raza Brahman, son realizados usando un total de 77.446 SNPs efectivos después de la imputación y control de calidad.**

La **imputación de genotipos** consiste en predecir o inferir genotipos no observados.

Este procedimiento se puede realizar cuando se tiene una cantidad de animales genotificados con un determinado arreglo comercial (de 74.000 SNPs) y otro conjunto de animales genotificados con un arreglo comercial con menos SNPs (de 26.151), que están presentes en el primer arreglo.

La **ventaja principal de la imputación, es aumentar el número de SNPs de arreglos de baja densidad (bajo número de SNPs), maximizando los recursos financieros disponibles para la selección genómica.**



## 6. Análisis estadístico

El análisis comienza con el cálculo de parámetros genéticos, tales como la heredabilidad y correlaciones genéticas, para cada una de las características. Para este análisis se utiliza la metodología conocida como **Máxima Verisimilitud Restringida (REML)**.

En las tablas a continuación, se describen los factores de ambiente que son tenidos en cuenta en el modelo estadístico de cada característica.

Descripción de efectos incluidos en el modelo de cada característica		
Característica	Modelo	
Crecimiento	PN PA4M PA7M PA18M	<b>Año</b> nacimiento + época + sexo + zona
	PA12M *	<b>Año</b> nacimiento + época + sexo + zona + efecto del color del pelaje *
Habilidad Materna	HM4 HM7	<b>Año</b> nacimiento + época + sexo + zona
Reproducción	EPP	<b>Finca</b> + concepción + año nacimiento + región
	IEP	<b>Finca</b> + concepción + año nacimiento + región + N parto
Ultrasonido	AOL GD GA	<b>Zona</b> + sexo + covariable edad + efecto del color del pelaje *

Característica	Modelo
Cabeza ( <b>CAB</b> )	año clasificación + época + zona + efecto del color del pelaje *
Pigmento ( <b>PIG</b> )	
Giba ( <b>GIB</b> )	
Arco de costilla y capacidad corporal ( <b>AYC</b> )	
Amplitud de pecho ( <b>AMP</b> )	
Nivelación de dorso ( <b>NID</b> )	
Estructura ( <b>EST</b> )	
Pierna ( <b>MPI</b> )	
Aplomos anteriores ( <b>APA</b> )	
Ángulo de corvejón (> <b>COR</b> )	
Tamaño de pezuña ( <b>TPZU</b> )	
Ángulo de pezuñas (> <b>PZU</b> )	
Inserción anterior ( <b>UIAN</b> )	
Profundidad de ubre ( <b>UPUB</b> )	
Tamaño de pezón ( <b>UTPZ</b> )	
Ombiligo ( <b>OMB</b> )	

Característica	Modelo
Balance hormonal ( <b>BAH</b> )	año clasificación + época + zona
Altura al sacro ( <b>ALS</b> )	
Longitud corporal ( <b>LOC</b> )	
Nivelación de anca ( <b>NIVA</b> )	
Amplitud de isquiones ( <b>AMI</b> )	
Lomo ( <b>MLO</b> )	
Brazo ( <b>MBR</b> )	
Ángulo de cuartillas (> <b>CUA</b> )	
Ligamento central ( <b>ULIC</b> )	
Colocación de pezón ( <b>UCPZ</b> )	
Clasificación ( <b>CLF</b> )	

**\*Brahman Rojo o Gris**



## PREDICCIÓN DE VALORES GENÉTICOS — Genómicos —

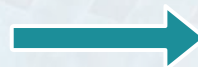
El paso a seguir, es el calculo de los valores genéticos genómicos que se expresan en forma de DEP´s genómicas. Estos valores se calculan con base en en los **MEJORES PREDICTORES LINEALES INSECADOS (BLUP)**, por sus siglas en inglés), en un sistema de ecuaciones que permite incluir la información proporcionada por los marcadores moleculares de tipo SNP. Esta metodología es conocida como:

▶ **BLUP Genómico de paso único (ssGBLUP por sus siglas en inglés)** |



La metodología **ssGBLUP**, es similar a la trabajada en la Evaluación Genética de Toros Brahman. La diferencia, es que en el **ssGBLUP** se incluye información genómica, para identificar de manera más precisa las relaciones de parentesco entre los animales de la población evaluada (genealogía genómica).

Los SNP's funcionan como una especie de marca en el genoma. Ellos permiten identificar la fracción del ADN que es compartido por los todos los animales de la población.



Veamos un ejemplo



A continuación se ilustra la genealogía de 3 hermanos completos.

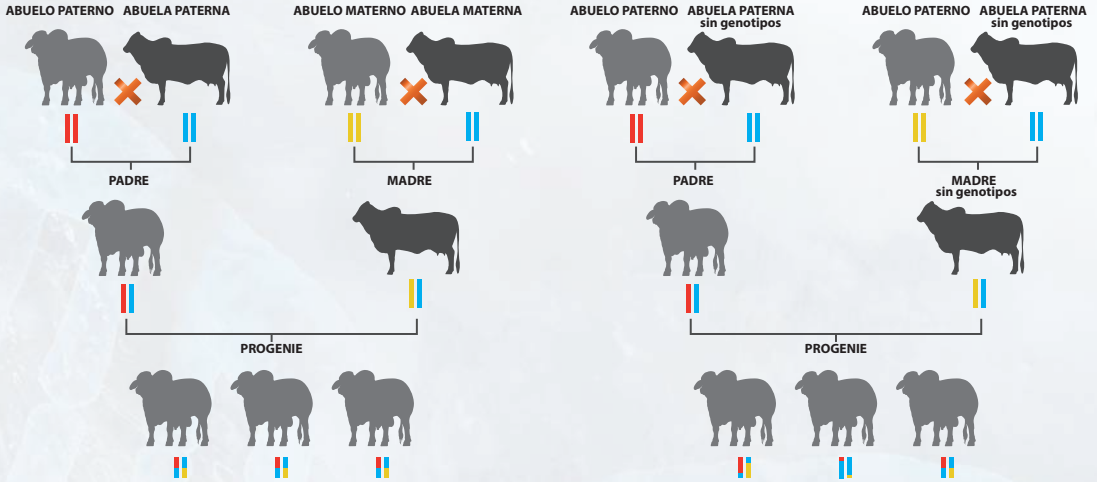
## GENEALOGÍA TRADICIONAL

## GENEALOGÍA GENÓMICA

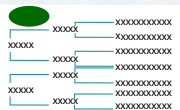
↓  
Esperado

VS

↓  
Observado



De acuerdo a las leyes de la herencia, cada padre transmite aleatoriamente el 50% de su material genético a su progenie. Como es un proceso aleatorio, el paquete de genes contenido en ese 50% transmitido a cada hijo, no necesariamente será el mismo.



Cuando utilizamos la **información de los libros genealógicos** para calcular las relaciones de parentesco, asumimos que los 3 hermanos heredaron exactamente el mismo paquete de genes de sus padres, y que ellos comparten el 50% de su ADN: **GENEALOGÍA TRADICIONAL**.



Cuando utilizamos **información de SNP's**, podemos identificar, con mayor precisión, cuál es el paquete de genes que cada uno de los hermanos heredó. De esta manera, obtenemos un mejor entendimiento de las diferencias existentes entre ellos que son de origen genético: **GENEALOGÍA GENÓMICA**.

Una vez que los SNP's son heredables y fácilmente rastreables, su uso permite determinar la cantidad de genes comunes entre todos los animales de la población y evaluar los patrones de la herencia de generación en generación para un mejor cálculo de las DEP's.



# EN RESUMEN:

Genealogía



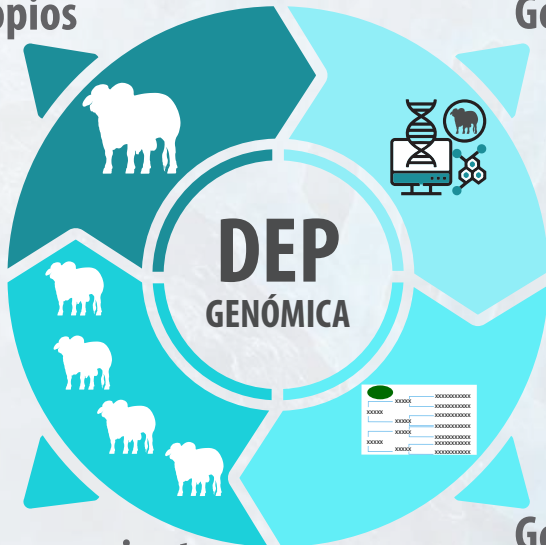
Fenotipos propios



Fenotipos de sus parientes

Fenotipos propios

Genotipos



Fenotipos de sus parientes

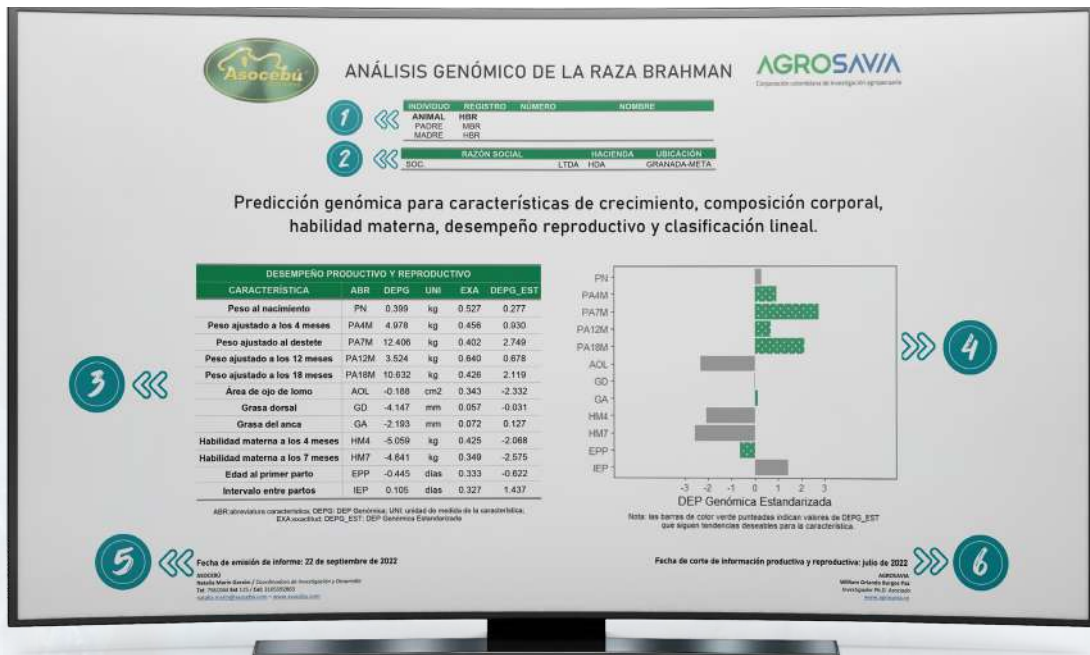
Genealogía



# INFORME DEL SERVICIO, ANÁLISIS GENÓMICO DE LA RAZA BRAHMAN:



**RESULTADOS INDIVIDUALES  
ENTREGADOS AL GANADERO**



**PÁGINA 1 INFORME ANÁLISIS GENÓMICO DE LA RAZA BRAHMAN**

- 1** Información genealógica del animal evaluado.
- 2** Información del propietario del animal evaluado.
- 3** Resultados de la **Predicción Genómica** para características de crecimiento, composición corporal, habilidad materna y desempeño reproductivo.

días menos (porque el valor es negativo), comparadas con el promedio de las hijas del resto de los animales evaluados.

**EXA:** Exactitud de la DEPG. Indica el grado de confianza con que fue calculada la DEPG. Varía de 0 a 1 siendo los más cercanos a 1 los de mayor confiabilidad. Depende en gran medida de la cantidad de información disponible para la evaluación.

**DEPG\_EST:** DEP Genómica Estandarizada. Permite interpretar qué tan positiva o negativa es una DEPG con respecto a la media de la población al estar expresada en una escala estandarizada. Estos valores se pueden visualizar en el gráfico de barras señalado con el número 4.

**4** Gráfico de barras de las DEPG\_EST: Permite visualizar la tendencia de las DEPG's Genómicas en una escala de -3 a 3.

Las barras de color verde punteadas indican las características para las cuales la DEPG\_EST sigue una tendencia deseable, de

**CARACTERÍSTICA:** nombre de cada característica evaluada.

**ABR:** abreviatura de la característica evaluada.

**DEPG:** DEP Genómica. Refleja la diferencia del valor genómico predicho de las progenies de un animal, con respecto a las progenies de todos los animales evaluados.

**UNI:** unidades de medida de cada característica para mejor interpretación de la DEPG.

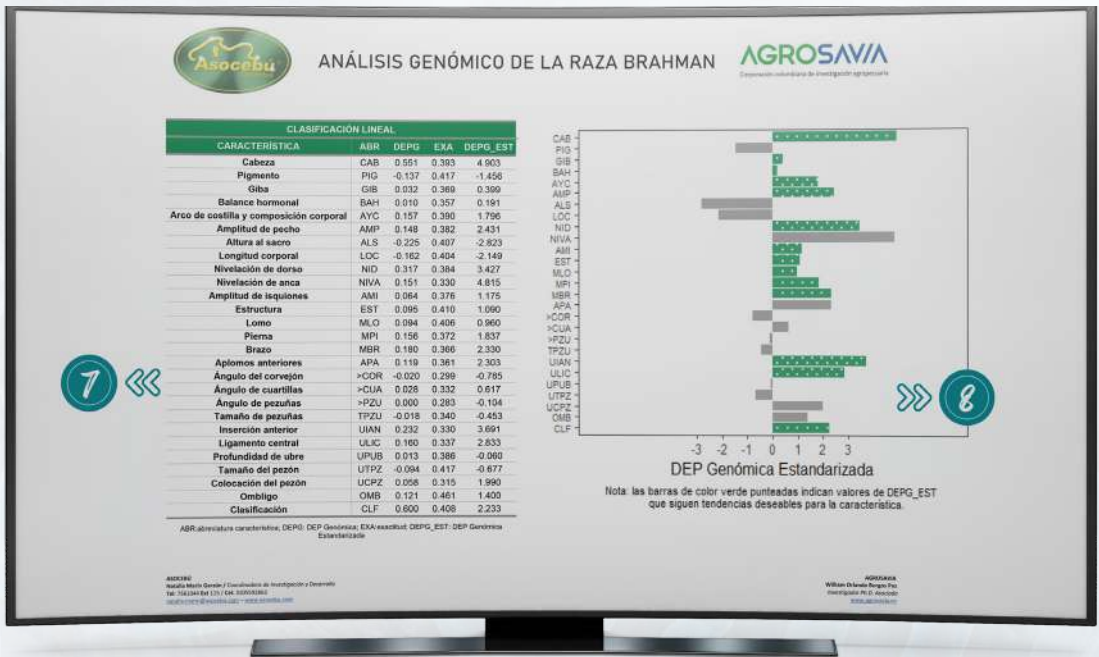
**Ejemplo.** LA EPP se mide en días. La DEPG, indica que, en promedio, las hijas del animal evaluado presentaron una EPP de 0.445

acuerdo a su magnitud y signo (positivo o negativo).

En general, para PA4M, PA7M, PA12M, PA18M, AOL, HM4 y HM7 se desean valores de DEPG\_ EST altos y positivos. Para GA y GD se desean valores positivos y cercanos a cero. Para IEP y EPP se desean valores altos y negativos; y para PN, se desean valores negativos y cercanos a cero.

6 Fecha de corte de la información productiva y reproductiva: el Departamento Técnico de ASOCEBÚ colecta, valida y analiza de la información usada en Evaluación Genómica, con fechas de corte establecidas a julio de cada año. Esto significa que anualmente se actualiza la base de datos haciendo que la Plataforma Genómica de la Raza Brahman sea dinámica.

5 Fecha en que fue emitido el informe con los resultados.



## PÁGINA 2 INFORME ANÁLISIS GENÓMICO DE LA RAZA BRAHMAN

7 Resultados de la Predicción Genómica para las 27 características de clasificación lineal.

**CARACTERÍSTICA:** nombre de cada característica evaluada.

**ABR:**abreviatura de la característica evaluada.

**DEPG:** DEP Genómica. Refleja la diferencia del valor genómico predicho de las progenies de un animal, con respecto a las progenies de todos los animales evaluados.

**EXA:** Exactitud de la DEPG. Indica el grado de confianza con que fue calculada la DEPG. Varía de 0 a 1 siendo los más cercanos a 1 los de mayor confiabilidad. Depende en gran medida de la cantidad de información disponible para la evaluación.

**DEPG\_EST:** DEP Genómica Estandarizada. Permite interpretar qué tan positiva o negativa es una DEPG con respecto a la media de la población al estar expresada en una escala estandarizada. Estos



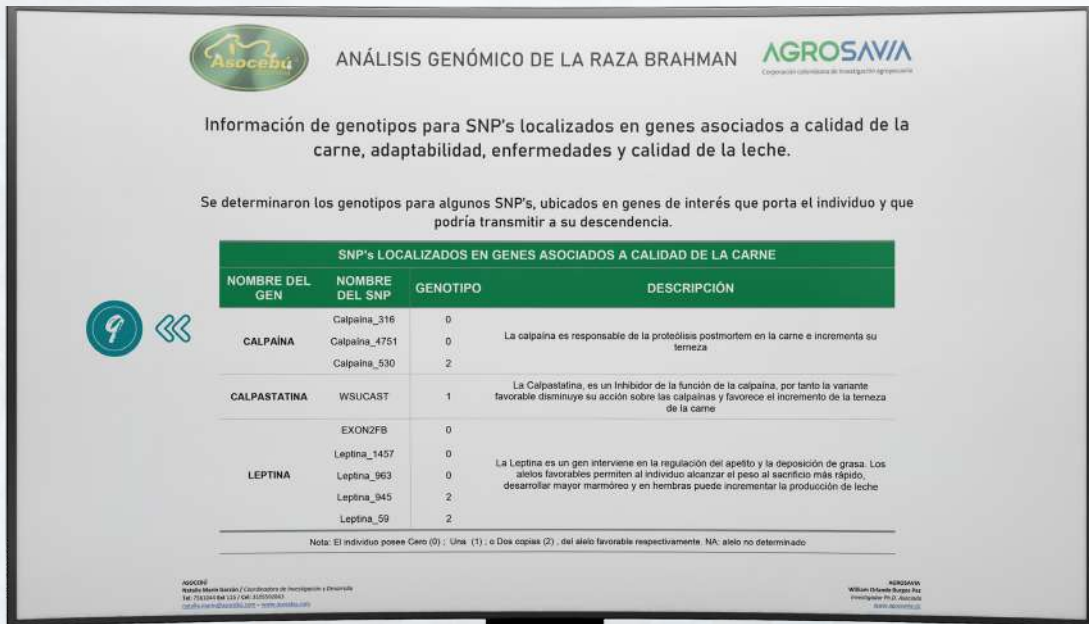
valores se pueden visualizar en el gráfico de barras señalado con el número 8.

**8** Gráfico de barras de las DEPG\_EST: Permite visualizar la tendencia de las DEP´s Genómicas en una escala de -3 a 3.

Las barras de color verde y punteadas indican las características para las cuales la DEPG\_EST sigue una tendencia deseable, de acuerdo a su magnitud y signo (positivo o negativo).

Para aquellas características cuya clasificación ideal es 9, se desean valores de DEPG\_EST altos y positivos (ejemplo: CAB, PIG, GIB, CLF, etc.). Para características cuya clasificación ideal es 5, los valores de DEPG\_EST deseables deben ser cercanos a cero (ejemplo: OMB, ALS, etc.)

Para mejor interpretación, ver Manual de clasificación lineal para hembras de la raza Brahman.



**PÁGINA 3 INFORME ANÁLISIS GENÓMICO DE LA RAZA BRAHMAN**

**Información de genotipos para SNP's localizados en genes asociados a calidad de la carne, adaptabilidad, enfermedades y calidad de la leche.**

asociados a calidad de la carne.

**GENOTIPO:** Genotipos identificados para cada SNP. Existen 3 posibles genotipos para los SNP's localizados en los genes descritos: 0, 1 o 2:

**0:** el animal no posee alelos favorables. **1:** el animal posee un alelo favorable. **2:** el animal posee los dos alelos favorables para el rasgo en particular. **NA:** alelos no identificados.

**DESCRIPCIÓN:** breve descripción de la función biológica de los genes asociados a la calidad de la carne.

**9** SNP's localizados en genes asociados a calidad de la carne.

**NOMBRE DEL GEN:** nombre de los genes asociado a calidad de la carne y que cargan SNP's.

**NOMBRE DEL SNP:** nombre de los SNP's localizados en los genes que han sido

**10** <<<

**11** >>>

SNP's LOCALIZADOS EN GENES ASOCIADOS A ADAPTABILIDAD			
NOMBRE DEL GEN	NOMBRE DEL SNP	GENOTIPO	DESCRIPCIÓN
RECEPTOR DE LA PROLACTINA	Slick_Gene_SNP1	0	Gen que confiere ventajas de adaptación en climas tropicales
	Slick_Gene_SNP2	0	

Nota: 0: Individuo posee Cero (0) ; Una (1) ; o Dos copias (2) , del alelo favorable respectivamente. NA: alelo no determinado

SNP's LOCALIZADOS EN GENES ASOCIADOS A ENFERMEDADES			
ENFERMEDAD ASOCIADA	GENOTIPO	DESCRIPCIÓN	
ARACNOMELIA	0	Nalimortos, anomalías esqueléticas (miembros de araña), adelgazamiento de la diáfisis, cráneo anormal	
CARDIOMIOPATÍA DILATADA	0	Desorden del músculo cardíaco	
CITRULINEMIA	0	Muerte de los terneros con sintomatología clínica de intoxicación por exceso de amoníaco y depresión del sistema nervioso	
DEFICIENCIA DE ADHESIÓN LEUCOCITARIA	0	Defectos en respuesta inmune	
MANOSIDIOSIS	0	Deficiencia de la actividad beta-manoisidasa en el tejido cerebral y los linfocitos, riñones de color verde pálido	
POMPE	Pompes_1057	0	Trastorno genético hereditario letal que se ha diagnosticado en ganado Brahman. Animales afectados carecen de actividad de la enzima esencial $\alpha$ -glucosidasa ácida (AAG). Como resultado de esta deficiencia, el glucógeno se acumula dentro de las células musculares y nerviosas, afectando la función normal de los tejidos
	Pompes_1763	0	

Nota: Libre(0), el individuo no posee variantes alélicas relacionadas con la condición; Portador(1): El individuo porta un alelo asociado con la condición; Afectado(2): el individuo transmite alelos asociados a la condición; NA: alelo no determinado

ASOCEBÚ  
Asociación de Criadores de Bovinos de Carne y Derivados  
Tel: 02222 444 1111 Fax: 02222 444 1111  
WWW.ASOCEBU.COM.VE

AGROSAVIA  
William Orlando Rangel Paz  
Investigador del Área de Genética  
WWW.AGROSAVIA.VE

## PÁGINA 4 INFORME ANÁLISIS GENÓMICO DE LA RAZA BRAHMAN

**10** SNP's localizados en genes asociados a adaptabilidad a las condiciones del trópico.

**NOMBRE DEL GEN:** nombre de los genes asociado a adaptabilidad y que cargan SNP's.

**NOMBRE DEL SNP:** nombre de los SNP's localizados en los genes que han sido asociados a adaptabilidad.

**GENOTIPO:** Genotipos identificados para cada SNP:

**0:** el animal no posee alelos favorables.

**1:** el animal posee un alelo favorable.

**2:** el animal posee los dos alelos favorables para el rasgo en particular. NA: alelos no identificados.

**DESCRIPCIÓN:** breve descripción de la función biológica de los genes asociados a adaptabilidad.

**11** SNP's localizados en genes asociados a enfermedades recesivas.

**ENFERMEDAD ASOCIADA:** nombre de la enfermedad causada la mutación (SNP).

**GENOTIPO:** Genotipos identificados para cada SNP causante de la enfermedad:

**0:** el animal no posee alelos causantes de la enfermedad (libre).

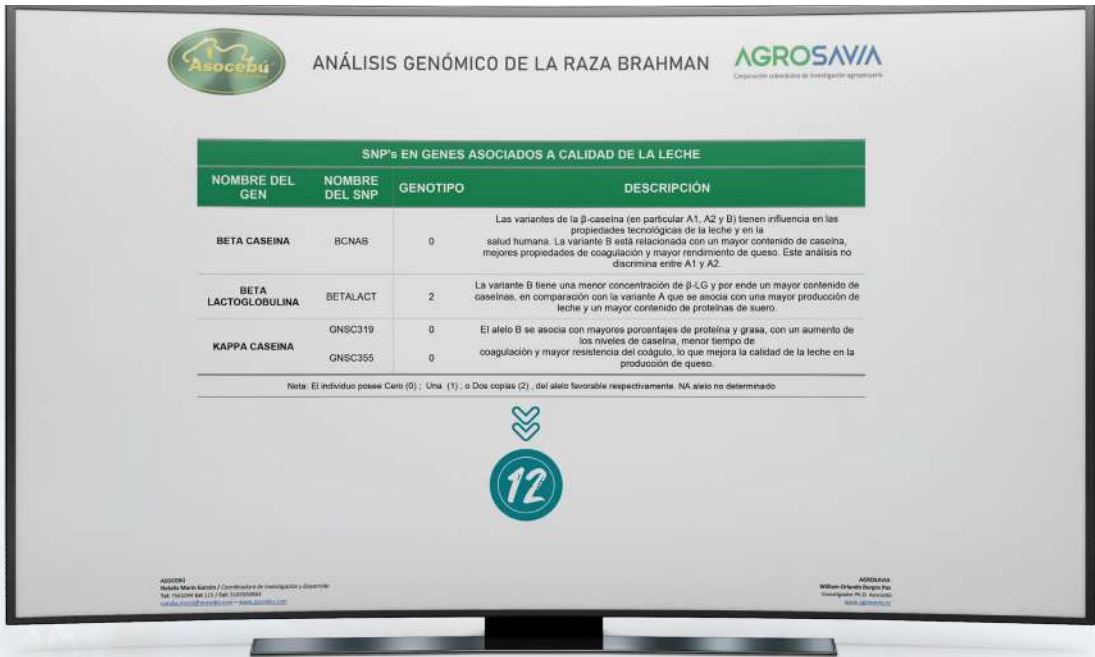
**1:** el animal posee un alelo relacionado con la enfermedad (portador).

**2:** el animal posee los dos alelos causantes de la enfermedad (afectado).

**NA:** alelos no identificados.

**DESCRIPCIÓN:** breve descripción de los síntomas y signos causados por la enfermedad recesiva.





**PÁGINA 5 INFORME ANÁLISIS GENÓMICO DE LA RAZA BRAHMAN**

**Información de genotipos para SNP's localizados en genes asociados a calidad de la carne, adaptabilidad, enfermedades y calidad de la leche.**

**12** SNP's localizados en genes asociados a calidad de la leche.

**NOMBRE DEL GEN:** nombre de los genes asociado a calidad de la leche y que cargan SNP's.

**NOMBRE DEL SNP:** nombre de los SNP's localizados en los genes que han sido asociados a calidad de la leche.

**GENOTIPO:** Genotipos identificados para cada SNP. Existen 3 posibles genotipos para los SNP's localizados en los genes descritos: 0, 1 o 2:

- 0:** el animal no posee alelos favorables.
- 1:** el animal posee un alelo favorable. **2:** el animal posee los dos alelos favorables para

el rasgo en particular.  
**NA:** alelos no identificados.

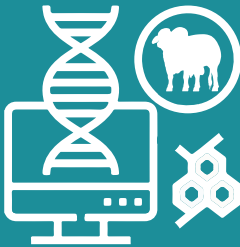
**DESCRIPCIÓN:** breve descripción de la función biológica de los genes asociados a la calidad de la leche.





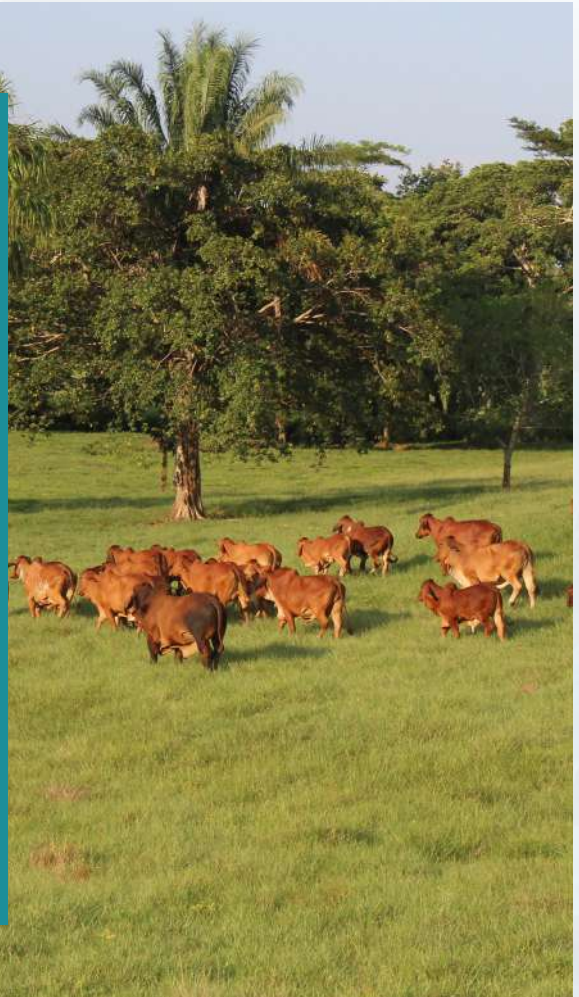
La plataforma de información genómica Brahman es un trabajo realizado con información de **Colombia**.

Esto significa que los resultados arrojados por esta herramienta son reflejo del comportamiento productivo de los animales en el país y constituye un punto de comparación real para la definición de los objetivos de selección a alcanzar.



Los ganaderos interesados en la evaluación genómica de sus ejemplares, deben entrar en contacto con la coordinación de investigación y desarrollo de ASOCEBÚ.

Allí, les brindaremos orientación en todo el proceso, desde la toma de muestra de material biológico, hasta la interpretación de los resultados.



# PARA CONOCER EL COSTO DEL SERVICIO PLATAFORMA GENÓMICA DE LA RAZA BRAHMAN, ACCEDA:



## CONTACTO:

[www.asocebu.com](http://www.asocebu.com)

Natalia Marín Garzón.  
Coordinadora de investigación y desarrollo.

[natalia.marin@asocebu.com](mailto:natalia.marin@asocebu.com)

TELÉFONO: 756 10 44 Ext. 115 / CELULAR: 310 559 28 63





# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Aguilar I, Misztal I, Johnson DL, Legarra A, Tsuruta S & Lawlor TJ, 2010. Hot topic: A unified approach to utilize phenotypic, full pedigree, and genomic information for genetic evaluation of Holstein final score. *J. Dairy Sci.* 93, 743-752.
- Aguilar I, Fernandez EN, Blasco A, Ravagnolo O & Legarra A. 2020. Effects of ignoring inbreeding in model-based accuracy for BLUP and SSGBLUP. *Journal of Animal Breeding and Genetics.* 137(4), 356-364.
- Falconer DS & Mackay TFC. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics* 4th ed. Longmans Green, Harlow, UK.
- Hansen PJ. 2004. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Anim. Reprod. Sci.* 82–83:349–360.
- Jiménez A, Manrique C & Martínez CA. 2010. Parámetros y valores genéticos para características de composición corporal, área de ojo del lomo y grasa dorsal medidos mediante ultrasonido en la raza Brahman. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 57(3), 159-167.
- Meuwissen T, Hayes B & Goddard M. 2016. Genomic selection: A paradigm shift in animal breeding. *Anim. Front.* 6(1), 6-14.
- Montaldo HH & Meza-Herrera CA. 1998. Use of molecular markers and major genes in the genetic improvement of livestock. *Electronic Journal of Biotechnology.* 1(2), 15-16.
- Singh U, Deb R, Alyethodi RR, Alex R, Kumar S, Chakraborty S..., & Sharma A. 2014. Molecular markers and their applications in cattle genetic research: A review. *Biomarkers and Genomic medicine.* 6(2), 49-58.



