

Dos décadas de revolución en genética enmarcan el futuro para crear una ventaja competitiva en su negocio



M.V. Mónica Ávila Sarmiento
 Universidad de la Salle
 Gerente Técnico IAGENETICA
 310-235.1409 / monica@iagenetica.com

A inicios de 2001 surge uno de los descubrimientos médicos más importantes en la humanidad, se presenta el primer borrador del genoma humano. Desde este descubrimiento se revoluciona la genética y empieza la era de la *genómica*.

La *genómica* es una parte de la ciencia relacionada con el desarrollo y la utilización de secuencias de ADN y mapas genéticos. Cada marcador en la secuenciación del ADN (*cadena de ADN*) se denomina *Polimorfismo de Nucleótido Único* (*SNP* por sus siglas en

inglés); estos marcadores ocurren dentro de la cadena de ADN o adyacentes a los genes.

Comprenderlo mejor es imaginar que las cadenas de ADN de los cromosomas se entienden como un gran libro formado por 25.000 páginas o genes compuestos por 4 proteínas: *adenina*, *guanina*, *timina* y *citosa*; cada unión de estas proteínas genera un *SNP*.

Para los campos de la genética y la *genómica* durante esta década, el objetivo genético molecular se centró en dar sentido a la gran cantidad de

información que los *SNP* han generado. A medida que se ha difundido la tecnología de la secuenciación, los investigadores han identificado con mayor facilidad una gran variedad de enfermedades.

Cómo lo relaciona el reconocido genetista *Aravinda Chakravarti*, presidente de la Sociedad de Genética Humana en los Estados Unidos: “*Vivimos en un tiempo de gran avance tecnológico en genómica e informática, en una época en que la genética es una palabra familiar con un*

Cuadro 1: segmentación realizada en la población sobre la base evaluada.

| Animal ID | Official ID | Sex | Status | Birth Date | Breed | DWPS |
|-----------|-------------------|--------|--------|------------|----------|------|
| 2318 | HOU5A000057628386 | Hembra | Activo | 2020-11-20 | Holstein | 499 |
| 2286 | HOU5A000057608609 | Hembra | Activo | 2020-02-20 | Holstein | 373 |
| 2319 | HOU5A000057628387 | Hembra | Activo | 2020-11-20 | Holstein | 312 |
| 2320 | HOU5A000057628388 | Hembra | Activo | 2020-11-20 | Holstein | 251 |
| 2288 | HOU5A000057608619 | Hembra | Activo | 2020-02-24 | Holstein | 235 |
| 2287 | HOU5A000057608606 | Hembra | Activo | 2020-02-29 | Holstein | 141 |
| 2316 | HOU5A000057628384 | Hembra | Activo | 2020-11-06 | Holstein | 131 |
| 2290 | HOU5A000057608611 | Hembra | Activo | 2020-02-25 | Holstein | 58 |
| 2293 | HOU5A000057608604 | Hembra | Activo | 2020-04-02 | Holstein | -9 |
| 2291 | HOU5A000057608613 | Hembra | Activo | 2020-02-28 | Holstein | -26 |
| 2294 | HOU5A000057608607 | Hembra | Activo | 2020-04-03 | Holstein | -206 |

FIV - Semen Sexado

Descarte

público cada vez más adepto a comprender su relevancia para sus propias vidas”.

A partir del año 2003 se inicia el estudio en bovinos con la secuenciación de una vaca *Hereford*. En 2008 cuando se termina este estudio se descubre que el 95% del genoma de la vaca es igual entre sí, que contiene 22.000 genes y que comparte la misma información que el genoma de los humanos, el cual contiene 25.000 genes.

Al día de hoy se han identificado más de 12.000.000 de *SNP* que pueden ser valorados. Esto ha ayudado a la industria, tanto de la leche como de la carne a encontrar *marcadores económicos* y *productivos* que impactan en el óptimo retorno económico, así como la salud de las vacas con avances en fertilidad y longevidad en las ganaderías.

Hoy están disponibles análisis genómicos muy completos que marcan índices económicos, características fenotípicas y, sobre todo, marcadores de enfermedad que son económicamente relevantes para el ingreso neto de la finca. Tenemos la capacidad de diagnosticar con *genómica* animales que son sensibles a sufrir enfermedades importantes, las cuales afectan el día a día de los ganaderos.

Hacienda Pinar Verde y su trabajo con genómica

Aprovechando este espacio se presentan estos marcadores cómo evidencia en una ganadería colombiana. Hace tres años se inició el trabajo en una reconocida ganadería de Antioquia llamada *Hacienda Pinar Verde*; el enfoque del uso de la *genómica* se ha orientado a mejorar

los índices económicos, productivos y reproductivos. *Pinar Verde* está ubicada en Belmira sobre 2.578 msnm; el trabajo es realizado en terneras, novillas y vacas de la raza Holstein, Jersey y Pardo Suizo.

El programa consiste en tomar una muestra de sangre de las hembras en una tarjeta especial, la cual se manda a un laboratorio en Estados Unidos. Los resultados son la base de información para la toma de decisiones, se divide o segmenta el grupo de animales con el percentil superior para el índice económico de importancia y para otras características genéticas; además se enfoca la estrategia en aumentar la población a partir de tecnologías como la fertilización *In Vitro* y el uso del semen sexado.

Durante el periodo de tres (3) años se han evaluado genómicamente 105 hembras.

De la raza Holstein se evaluaron 75 hembras; al seleccionar sobre un índice económico que tiene en cuenta tanto la *producción*, el *fenotipo* y los *valores de enfermedad*, con este se ha evidenciado cómo es el progreso genético de acuerdo con la edad de nacimiento de los animales (ver gráfico 2). Se puede ver que, entre el 2017 y 2018, hubo detrimento del mejoramiento genético para este índice, lo que sugiere que la toma de decisiones en la selección “*sin información confiable*” muchas veces no tiene un efecto positivo hacia la genética, perdiendo tiempo y eficiencia, tanto productiva como reproductiva. Desde que se inicia el trabajo con *genómica*, el mejoramiento genético se incrementa año tras año y la expectativa es poder duplicar los resultados en los próximos años.



Gráfico 2: El gráfico de tendencia genética muestra la evolución del índice económico en la finca.

Tener la certeza de mejorar el futuro desempeño de los animales, es la garantía de un hato más promisorio en el desafiante mundo de producir leche, donde factores externos como el clima, precio de los *commodities* alimenticios, de la leche e importaciones generan incertidumbre y temor del negocio.

Es claro que este índice económico aporta notoriamente al mejoramiento de la producción de leche y a disminuir la incidencia de enfermedad. Poder predecir enfermedades como mastitis, metritis, retención de placenta, abortos, hipocalcemia y, otras más, al tener la capacidad de seleccionar la población más resistente, garantiza generaciones más longevas y menor riesgo de enfermedad en el futuro del hato.

A continuación se relaciona un trabajo validado en los Estados Unidos donde se muestra la incidencia de enfermedades analizadas tanto con *genómica* como en campo. Al seleccionar sobre estos marcadores de salud, segmentando al mejor y peor grupo, el beneficio es palpable en la incidencia.

Medio marginal, incidencia de enfermedad y SEM de los grupos genéticos cuando los animales son ranqueados por índice económico de bienestar DWPS para retención de placenta, metritis, cetosis, desplazamiento de abomaso, mastitis y cojeras.

| Evento de salud | DWPS Del grupo genético | Df | Incidencia enfermedad Medio Marginal % | SEM | P-valor |
|---------------------------|----------------------------|-----|---|------|---------|
| Ret. de Placenta | Peor 25 | 5.7 | 2.5a | 1.2 | 0.59 |
| | 26-50 | 5.1 | 2.4a | 1.1 | |
| | 51-76 | 5.9 | 1.7a | 0.8 | |
| | Mejor 25 | 5 | 2.3a | 1 | |
| Metritis | Peor 25 | 4.0 | 10.5a | 6.2 | <0.0001 |
| | 26-50 | 4.0 | 6.4a | 3.9 | |
| | 51-76 | 4.0 | 5.3a | 4.2 | |
| | Mejor 25 | 4.0 | 1.1a | 3.3 | |
| Cetosis | Peor 25 | 3.5 | 1.1 ab | 1.9 | 0.16 |
| | 26-50 | 3.5 | 0.9 ab | 1.6 | |
| | 51-76 | 3.5 | 1.1a | 1.9 | |
| | Mejor 25 | 3.5 | 0.8b | 1.5 | |
| Desplazamiento de abomaso | Peor 25 | 3.5 | 1.4a | 0.2 | 0.08 |
| | 26-50 | 2.9 | 1.1abc | 1.3 | |
| | 51-76 | 2.9 | 1.2 ab | 1.7 | |
| | Mejor 25 | 3.3 | 0.6c | 1.4 | |
| Mastitis | Peor 25 | 4.7 | 42.4a | 8.2 | <0.0001 |
| | 26-50 | 4.5 | 37.4a | 7.8 | |
| | 51-76 | 4.5 | 28.2b | 6.7 | |
| | Mejor 25 | 4.5 | 27.5b | 6.6 | |
| Cojeras | Peor 25 | 4.0 | 37.5a | 27.2 | <0.0001 |
| | 26-50 | 4.0 | 30.0ab | 24.4 | |
| | 51-76 | 4.0 | 22.9be | 20.5 | |
| | Mejor 25 | 4.0 | 21.6e | 20 | |

**las medias marginales dentro de los superíndices de columna difieren (P<0.05)
gPTA= Habilidad de transmisión predicha genómica mejorada.

| RCS | RCS DHI | Z MAST |
|------|----------|--------|
| 2.83 | 1,011.14 | 108.00 |
| 2.87 | 67.33 | 101.00 |
| 2.97 | 329.75 | 105.00 |
| 2.99 | 64.29 | 104.00 |
| 2.99 | 146.80 | 106.00 |
| 3.02 | 53.78 | 109.00 |
| 3.02 | 458.59 | 97.00 |
| 3.02 | 238.57 | 103.00 |
| 3.02 | 46.61 | 99.00 |
| 3.03 | 88.00 | 95.00 |
| 3.08 | 218.00 | 104.00 |
| 3.09 | 257.50 | 105.00 |
| 3.1 | 414.14 | 101.00 |
| 3.11 | 41.31 | 91.00 |
| 3.11 | 87.70 | 102.00 |
| 3.11 | 52.71 | 102.00 |
| 3.12 | 113.00 | 95.00 |
| 3.13 | 36.10 | 97.00 |
| 3.13 | 81.50 | 87.00 |
| 3.13 | 277.13 | 92.00 |
| 3.14 | 21.80 | 91.00 |
| 3.14 | 908.38 | 99.00 |
| 3.14 | 232.63 | 90.00 |
| 3.17 | 33.00 | 102.00 |
| 3.17 | 568.90 | 95.00 |
| 3.18 | 80.19 | 98.00 |
| 3.18 | 199.64 | 98.00 |
| 3.18 | 522.20 | 96.00 |
| 3.19 | 145.08 | 90.00 |
| 3.2 | 349.83 | 93.00 |
| 3.22 | 214.75 | 99.00 |
| 3.26 | 15.00 | 94.00 |

Gráfico 3: Muestra cómo es la evolución en la incidencia de enfermedad con selección genómica, referencia *Journal Dairy Science*.

Para IA Genética, con el rol de asesores en las auditorías genéticas, poder correlacionar los marcadores genómicos con la realidad del hato será el principal desafío. Es conocido que el ambiente tiene un impacto importante en el fenotipo; lo que se ha visto con análisis de campo en los clientes es que en realidad estos marcadores se hacen muy evidentes y que también existen factores como la herencia, los cuales juegan un papel decisivo en la transmisión de enfermedades.

¿Qué mejor que poder identificar cuáles animales generan el mayor confort y bienestar para el hato? En Pinar Verde ya ha comenzado una nueva etapa de análisis donde está disponible

la realidad del mapa genético de cada una de las hembras que componen el 100 % de la hacienda. Se ha segmentando el hato teniendo en cuenta estos marcadores y estando seguros del progreso que obtendrá al futuro, y que se reflejará en un hato más sano.

Hoy en día el fenómeno de resistencia a antibióticos es un gran dolor de cabeza para médicos veterinarios especializados en calidad de leche. Como productores, es imperioso buscar proveer un alimento inocuo, razón por la cual este tipo de marcadores crea una ventaja y una leche más sana para el mundo.

Desde el año 2020 la industria láctea cuenta con uno de los *marcadores*

Gráfico 4: Cuadro análisis genómico RCS (recuento de células somáticas), Zmastitis marcador para mastitis y RCS del control lechero. Se presenta la oportunidad de seleccionar por resistencia a mastitis en la finca.

genómicos más sobresalientes en las evaluaciones genómicas disponibles, como lo es el *marcador para abortos*, evento que se sufre en el día a día de los hatos del mundo. Variados estudios han demostrado que hay un componente hereditario en esta condición.

Igualmente, para marcadores productivos se han realizado análisis de

El marcador Z abortos tiene un impacto importante para la reproducción. Se seleccionan los animales superiores de color azul, se preñan con semen sexado. Los animales del segmento inferior se descartan o se dejan para cruzar con razas de carne o con Gyr.

| Animal ID | Animal Name | Sex | Status | Birth Date | DWPS | Z_ABRT |
|-----------|-------------|--------|--------|------------|------|--------|
| 2318 | BAHIA | Hembra | Activo | 2020-11-20 | 499 | 106 |
| 2286 | | Hembra | Activo | 2020-02-20 | 373 | 104 |
| 2293 | | Hembra | Activo | 2020-04-02 | -9 | 104 |
| 2290 | | Hembra | Activo | 2020-02-25 | 58 | 103 |
| 2288 | | Hembra | Activo | 2020-02-24 | 235 | 101 |
| 2319 | BELANA | Hembra | Activo | 2020-11-20 | 312 | 100 |
| 2291 | | Hembra | Activo | 2020-02-28 | -26 | 100 |
| 2287 | | Hembra | Activo | 2020-02-29 | 141 | 99 |
| 2316 | AMELIA | Hembra | Activo | 2020-11-06 | 131 | 92 |
| 2320 | BELEN | Hembra | Activo | 2020-11-20 | 251 | 92 |
| 2294 | CASTANA | Hembra | Activo | 2020-04-03 | -206 | 92 |



estos datos genómicos y se han complementados con los datos del control lechero. Teniendo en cuenta los mejores y peores grupos para el porcentaje de grasa y el porcentaje proteína, comparándolos con los resultados de campo del control lechero que realiza la pasteurizadora que compra la leche de Pinar Verde, encontrando lo siguiente:

Figura 2: Análisis mejor y peor grupo o por percentiles analizado para grasa. Fuente: Datos propios finca Pinar Verde.

| | Grasa | Grasa DHI |
|----|-------|-----------|
| 1 | 0.17 | 3.84% |
| 2 | 0.1 | 4.21% |
| 3 | 0.09 | 3.72% |
| 4 | 0.09 | 3.71% |
| 5 | 0.08 | 3.88% |
| 6 | 0.06 | 3.25% |
| 7 | 0.05 | 3.99% |
| 8 | 0.03 | 3.26% |
| 25 | -0.08 | 2.76% |
| 26 | -0.08 | 3.64% |
| 27 | -0.09 | 2.67% |
| 28 | -0.09 | 3.75% |
| 29 | -0.1 | 3.42% |
| 30 | -0.11 | 3.49% |
| 31 | -0.12 | 3.04% |
| 32 | -0.12 | 3.67% |

- Los mejores y peores grupos genéticos para porcentaje de grasa fueron 0.17% +/- (0.08%) y - 0.09 +/- (-0.12%) respectivamente en los valores del control lechero con lactancias terminadas a 305 días. El mejor percentil promedió 3.73% con respecto al peor, el cual promedió 3.31%; una diferencia de 0.4%.

Figura 3: Análisis mejor y peor grupo o por percentiles analizado para proteína. Fuente: datos propios finca Pinar Verde.

| | Proteína | Proteína DHI |
|--|----------|--------------|
| | 0.05 | 3.24% |
| | 0.03 | 3.38% |
| | 0.02 | 3.06% |
| | 0.02 | 3.18% |
| | 0.01 | 3.08% |
| | 0.01 | 3.07% |
| | 0 | 3.29% |
| | -0.04 | 2.91% |
| | -0.04 | 3.74% |
| | -0.04 | 3.09% |
| | -0.04 | 3.07% |
| | -0.05 | 3.20% |
| | -0.05 | 3.16% |
| | -0.05 | 2.90% |
| | -0.06 | 3.08% |

- Con respecto a la proteína, los mejores y peores grupos genéticos para porcentaje de proteína fueron 0.05% +/- (0.02%) y - 0.06 +/- (-0.04%), respectivamente, en los valores del control lechero con lactancias terminadas a 305 días. El mejor percentil promedió 3.19% con respecto al peor, el cual promedió 3.14%; una diferencia de 0.05%.

Teniendo en cuenta que los sólidos totales juegan una parte importante en el precio de la leche en Colombia, se puede garantizar un mayor ingreso por litro si se continúa implementando la estrategia de la genómica, año tras año. La empresa Pinar Verde está segura del impacto que se tendrá en la composición de la leche y por lo tanto en el ingreso neto en finca.

En estos tres años de trabajo con auditorías genéticas, IA Genética ha podido evidenciar que los marcadores genómicos tienen una confiabilidad importante, se muestran en un alto porcentaje y garantizan animales con mejor desempeño. Esta tecnología empieza a tener una gran importancia para los ganaderos de Colombia en la medida en que los índices de selección son un componente crítico de muchos de los programas de cría.

El mensaje, empiece a crear ventajas competitivas e invierta para su tranquilidad y la de su negocio. ■

Bibliografía disponible en geneticabovina.fe@gmail.com