



Original

## Metodología para evaluar la eficiencia biorreproductiva en rebaños vacunos

### Methodology to evaluate bioreproductive efficiency in cattle herds

Roberto Vázquez Montes de Oca \*

José Alberto Bertot Valdés \*\*

Maydier Norman Horrach Junco \*\*

\*Departamento de Morfofisiología, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Camagüey, Cuba.

\*\*Departamento de Veterinaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Camagüey, Cuba.

Autor para la correspondencia (email): [roberto.vazquez@reduc.edu.cu](mailto:roberto.vazquez@reduc.edu.cu)

## RESUMEN

**Antecedentes:** Para la evaluación de la eficiencia reproductiva de los rebaños se han utilizado diversos indicadores con severas limitaciones. Objetivo: Obtener un índice global que integre todos los aspectos del proceso biorreproductivo del rebaño con una estructura que facilite su aplicación en cualquier escenario.

**Métodos:** Se construyó un índice global de eficiencia biorreproductiva a partir de dos índices parciales o componentes básicos: hembras en desarrollo y nacimientos en las vacas; todos ellos se interpretan en base a la desviación de los valores con respecto a la unidad (cumplimiento del objetivo) con tres niveles de acreditación para alcanzar la eficiencia reproductiva deseada. Para ilustrar el uso de la metodología propuesta se realizó una simulación en un rebaño compuesto por 117 vacas de estas 54 nulíparas con un nivel de acreditación medio (edad al primer parto e intervalo entre partos de 32 y 16 meses, respectivamente) y periodicidad mensual.

**Resultados:** Los valores obtenidos: para el índice parcial de nacimientos en las vacas fueron (0,82), el índice parcial de hembras en desarrollo (1,19) y el índice global de eficiencia biorreproductiva (1,01) indican que el rebaño mantiene su nivel de acreditación. La evaluación también puede ser agregada transversalmente y en cualquier unidad de tiempo a evaluar o seriada

### Como citar (APA)

Vázquez Montes de Oca, R., Bertot Valdés, J., & Horrach Junco, M. (2020). Metodología para evaluar la eficiencia biorreproductiva en rebaños vacunos. *Revista de Producción Animal*, 32(1). Recuperado a partir de <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e3335>



©El (los) autor (es), Revista de Producción Animal 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), asumida por las colecciones de revistas científicas de acceso abierto, según lo recomendado por la Declaración de Budapest, la que puede consultarse en: Budapest Open Access Initiative's definition of Open Access.

longitudinalmente y representa un sistema de mejoramiento continuo de la eficiencia biorreproductiva del rebaño hasta alcanzar los límites biológicamente permisibles.

**Conclusiones:** Se brinda una metodología para construir un índice global personalizado que evalúe la eficiencia biorreproductiva del rebaño y el desempeño del productor.

**Palabras clave:** comportamiento reproductivo, ganado, control de la reproducción, parto, reproducción (*Fuente: AIMS*)

## ABSTRACT

**Background:** Several indicators have been used to evaluate herd reproductive efficiency with serious limitations. **Objective:** To achieve a global index that integrates all the aspects of herd biorreproductive process, using a structure that facilitates application in any scenario.

**Methods:** A global index of reproductive efficiency was created based on two partial indexes or basic components in cattle: growing females and births of cows, all interpreted thorough deviation of values in relation to the unit (accomplished goal), using three levels of accreditation of desired reproductive efficiency. A simulation was performed to illustrate the utilization of the methodology suggested, in a 117-cow herd, of which 54 were nulliparous, with a mid accreditation level (age at first calving and calving intervals of 32 and 16 months, respectively), and monthly periodicity.

**Results:** The values achieved in partial cow births (0.82), partial index of growing females (1.19), and global index of biorreproductive efficiency (1.01) indicated that the herd kept its levels of accreditation. This evaluation may also be added transversally and at any time unit used, or be seriated longitudinally, establishing a system of continuous improvement of herd biorreproductive efficiency, until reaching biologically permissible limits. **Conclusions:** A methodology is suggested to build a customized global index to evaluate herd biorreproductive efficiency and farmer performance.

**Key words:** *reproductive performance, cattle, reproduction control, calving, reproduction* (*Source: AIMS*)

Recibido: Septiembre, 2019;

Aceptado: Octubre, 2019;

Publicado: Enero, 2020

## INTRODUCCIÓN

En cualquier sistema de organización de la reproducción las acciones encaminadas al control del proceso sólo son efectivas si se acompañan de la evaluación sistemática de su eficiencia. Se han utilizado de forma invariable indicadores tales como los días abiertos, los servicios por concepción y el intervalo entre partos, entre otros, que presentan limitaciones severas señaladas desde hace varios años (Plaizier y King, 1996; Weigel, 2004), pues reflejan eventos pasados y, por tanto, no son efectivos para medir dinámicamente la eficiencia real del manejo reproductivo.

También han sido objeto de críticas los índices integrados o combinados (González, 2001). En la actualidad se siguen utilizando alternativas, por ejemplo, Stevenson y Britt (2017) expresan que como parte del índice de comportamiento total del Holstein se incluye un índice de fertilidad que combina varios rasgos reproductivos de las novillas y las vacas.

Dada la complejidad de la evaluación de la eficiencia biorreproductiva, ningún indicador por sí solo y por complejo que sea, podría hacerlo integralmente; por otra parte, un índice compuesto por varios indicadores necesariamente incurriría en solapamientos y repetición parcial de algún contenido; o partición de este en más de un indicador.

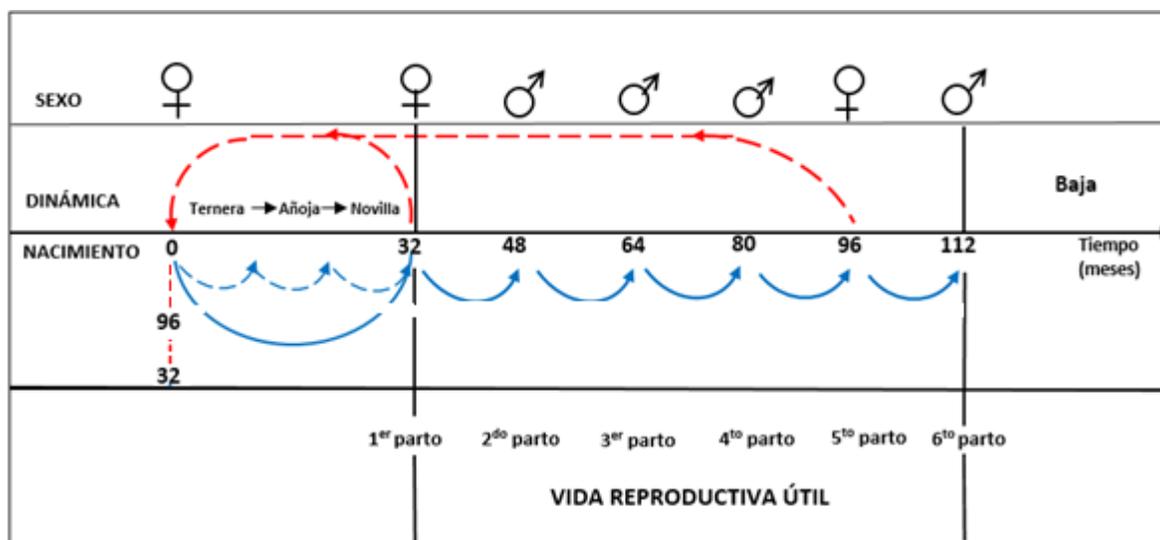
Por lo anterior surge la interrogante de cuál es la vía que podría utilizarse para evaluar dinámicamente el comportamiento reproductivo del rebaño. Para lograrlo es necesario un índice global que abarque de forma integral todas sus facetas, con una estructura o métrica que supere los inconvenientes planteados y que, a su vez, sea sencillo de calcular e interpretar y aplicable en cualquier tipo de explotación, desde una ganadería con bajos insumos hasta en rebaños élitos basados en la excelencia, con recursos humanos calificados y la aplicación de tecnologías avanzadas. Consecuentemente el objetivo del trabajo fue proponer una nueva metodología para evaluar la eficiencia biorreproductiva en rebaños vacunos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La metodología propuesta se centra en los *nacimientos*, variable que constituye la principal salida en el sistema de organización y control de la reproducción (Bertot *et al.*, 2011), con lo que impide que el hombre manipule momentos de la vida reproductiva de la hembra. La metodología consta de tres fases: división de la vida reproductiva útil de la hembra, establecimiento de categorías de acreditación para los rebaños y definición de los índices. Se explican seguidamente.

### **I. División de la vida reproductiva útil de la hembra**

El ciclo de vida útil de la hembra bovina fue dividido en un punto inequívoco de continuidad reproductiva (Fig. 1); por tanto, se ha seleccionado convenientemente la edad al primer parto (EPP).



**Fig. 1.** Dinámica de la vida reproductiva de una hembra con seis partos en un rebaño con eficiencia reproductiva media (primer parto a los 32 meses de edad e intervalos entre partos promedio de 16 meses)

De esta forma se evita a propósito la partición en un punto confuso, relacionado con la incorporación activa de la hembra a la reproducción o a su primer celo fértil, cuya continuidad, ya sea prospectiva o retrospectivamente, es incierta dada su relación con la influencia genética de la madurez sexual (Corvisón y Vázquez, 2005). Por otra parte, el manejo nutricional y la tasa de crecimiento, tanto en novillas lecheras (Akins, 2016) como de carne (Larson, White y Laflin, 2016; D'Occhio, Baruselli y Campanile, 2018) son determinantes en el desarrollo de la novilla y en la edad al primer parto, como reflejo del trabajo del hombre.

## II. Establecimiento de niveles o categorías de acreditación para los rebaños

Se establecieron tres niveles o categorías de acreditación (Tabla 1) según los objetivos propuestos en cada uno de ellos con respecto a la EPP, el intervalo entre partos (IPP), la tasa de reemplazo (TR) y la media de todos los nacimientos ocurridos (promedio de partos) en el rebaño para alcanzar la eficiencia reproductiva deseada. Las metas u objetivos, en cada nivel o categoría, se incluyen en el cálculo del índice como constantes transitorias (CT) y representan un sistema de mejoramiento continuo de la eficiencia biorreproductiva del rebaño hasta alcanzar los límites permisibles biológicamente.

**Tabla 1.** Niveles o categorías de acreditación propuestos para el rebaño

Indicador	Nivel o categoría de acreditación*		
	Bajo	Medio	Alto
EPP (meses)	36	32	28
IPP (meses)	20	16	13
TR (%)	20	16	12
Promedio de partos	3,5	4,0	4,5

### III. Definición del índice global, sus componentes y contribución relativa

#### *Índice global de eficiencia biorreproductiva (IgEBR)*

Se construye un IgEBR, usando cualquier unidad de tiempo para la evaluación, calculado según el promedio de dos índices parciales o componentes básicos como sigue:

*Índice parcial de hembras en desarrollo (IpHD)*. Evalúa a las hembras desde su nacimiento hasta el primer parto.

*Índice parcial de nacimientos en las vacas (IpNV)*. Evalúa toda la vida reproductiva útil de las hembras adultas hasta su baja de la reproducción. Siempre que se haga referencia a los partos o nacimientos como eventos que ocurren al unísono, debe entenderse con la condición de que los partos conduzcan a nacimientos sencillos y viables.

Todo lo anterior, de la siguiente forma:

$$\text{IgEBR} = \left( \frac{\text{IpHD} + \text{IpNV}}{2} \right) = (0,5 * \text{IpHD}) + (0,5 * \text{IpNV})$$

0,5 = Impacto o contribución relativa de cada uno de los componentes al valor del índice parcial.

#### *Índice parcial de hembras en desarrollo (IpHD)*

El trabajo con la hembra en desarrollo es el más exigente; es el elemento fundamental el cual determina que, en el futuro, el rebaño como empresa productiva, se deprima, establezca o se desarrolle.

$$\text{IpHD} = \frac{\text{NON}}{\text{NEN}}$$

Siendo:

IpHD = Hembras en desarrollo (EPP como indicador clásico subyacente).

NON = Nacimientos observados en las novillas en la UTE.

NEN = Nacimientos esperados del total de nulíparas en existencia inicial para la UTE.

En este punto se hace necesario aclarar o definir conceptualmente algunos términos:

La *unidad de tiempo a evaluar* (UTE) se refiere a la sistematicidad o periodicidad con que se desean realizar las autoevaluaciones: Comúnmente esto se debe hacer mensual, es decir con una periodicidad igual a 12 pero pudiera ser bimestral, trimestral, con periodicidad igual a seis y cuatro, respectivamente.

Teniendo en cuenta que la cantidad de hembras en la reproducción es variable en los rebaños, se recomienda que la UTE se ajuste según la Tabla 2, ya que cuando el rebaño es muy pequeño, suele suceder que en determinadas UTE no ocurran nacimientos en las novillas, en las vacas o en ambas, lo que resultaría en un valor cero para el cálculo de los índices parciales. Esta situación, independientemente de que se compense en el transcurso del tiempo, podría desestimular momentáneamente a los productores.

**Tabla 2.** Recomendaciones para la periodicidad a utilizar en dependencia de las hembras en la reproducción existentes en el rebaño.

N (Hembras en la reproducción)	UTE	Periodicidad
> 119	Mensual	12
90-119	Bimestral	6
60-89	Trimestral	4
30-59	Cuatrimestral	3
< 30	Semestral	2

Esta propiedad adaptativa del índice le permite lidiar con el fenómeno de estacionalidad, ya sea natural (Mendoza *et al.*, 2019) o provocada artificialmente mediante la sincronización del estro o técnicas más avanzadas como la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) (Oosthuizen *et al.*, 2018).

Así, por ejemplo, si se aspira a que el primer parto de las novillas ocurra a los 30 meses de edad y se pretende hacer las autoevaluaciones con una periodicidad de cuatro, es decir trimestralmente, mediante una simple regla de tres se obtiene un valor de  $3/30 = 0,1$  partos trimestrales esperados por nulíparas (hembras desde el primer día de nacidas hasta el día anterior al parto). Finalmente, el valor NEN se obtiene multiplicando (0,1) por el número de nulíparas existentes en el rebaño al inicio del trimestre o al final del trimestre anterior.

### Índice parcial de nacimientos en las vacas (IpNV).

$$IpNV = \frac{NR}{NE}$$

Siendo:

IpNV = Nacimientos en las vacas (IPP como indicador clásico subyacente)

NE = Nacimientos esperados del total de vacas en existencia inicial en la UTE.

NR = Nacimientos reales observados en las vacas en la UTE.

Una vez establecido el objetivo de IPP en meses que se desea alcanzar para obtener un nacimiento por vaca, es muy fácil calcular el valor correspondiente en la UTE utilizada, el cual multiplicado por el total de vacas en existencia inicial devolverá finalmente el valor de NE.

Ejemplo: En un rebaño con un total de 80 vacas para alcanzar la meta de un ternero por vaca cada 20 meses, y si se desea hacer una autoevaluación o control bimensual, el número equivalente de terneros esperados bimensualmente sería igual a:

$$NE = \left(\frac{2}{20}\right) = 0,1 \text{ por vaca}$$

$$NE = 0,1 * 80 = 8 \text{ nacimientos totales en la UTE}$$

Alternativas o *variantes* a estos dos índices parciales reproductivos básicos, pudieran obtenerse a partir de la tasa de reemplazo y el promedio de partos o nacimientos en las vacas del rebaño como indicadores clásicos subyacentes, lo cual por el momento está fuera del alcance deseado en este trabajo.

### **Indicadores parciales opcionales**

Es posible expandir el IgEBR con la inclusión de otros componentes relacionados con la gestión del productor y el propósito del rebaño. En este caso se incluyen los siguientes:

#### **Índice parcial de crecimiento de la masa hembra (IpCM)**

Este es un índice parcial temporal que tiene la función de evaluar el incremento de tamaño del rebaño, controlar su estabilidad y, sobre todo, la indeseada tendencia al decrecimiento. Se calcula de la siguiente forma:

$$IpCM = \frac{EF}{EI}$$

Siendo:

EF = Existencia final de hembras en el rebaño en la UTE.

EI = Existencia inicial de hembras en el rebaño en la UTE.

Este componente se expresa sencillamente en base a los controles clásicos de existencia inicial y final en el movimiento del rebaño; al igual que los anteriores mantiene la misma métrica, pero sin CT. Se considera temporal porque una vez cumplido el objetivo de estabilizar de forma sostenible el tamaño deseado del rebaño puede removerse para no complicar el índice global innecesariamente.

Este índice se puede calcular también con la adición de los machos, que constituye una variante no incluida en este trabajo.

### **Índice parcial de desarrollo del macho (IpDM)**

Este índice es opcional y complementario; tiene como objetivo evaluar el desarrollo del macho tanto en ganado de carne, leche o doble propósito. En el ganado lechero generalmente la cría y desarrollo del macho se valora como un subproducto de la producción de leche, pero a los efectos de construir un índice biorreproductivo global, como el que se propone, debe considerarse porque su crianza representa una actividad más en el manejo integral del rebaño y son, en definitiva, resultado de la actividad reproductiva de sus madres. Se calcula de la siguiente forma:

$$IpDM = \frac{BVMO}{BVME}$$

Siendo:

BVMO = Al número observado de bajas por ventas de machos en la UTE por cumplir los requisitos de salida en el tiempo establecido.

BVME (El número de bajas por ventas esperadas por la misma razón) = Total de nacimientos de machos ocurridos en la UTE con un retardo igual al tiempo establecido para cumplir los requisitos de salida o baja definitiva del rebaño.

Observación: Para determinar las BVME prestar especial atención a la relación entre la UTE y el tiempo establecido para cumplir los requisitos de salida.

### **Impacto o contribución relativa de cada índice parcial al índice global**

El impacto o *contribución relativa* de cada índice parcial es expresado por el coeficiente de cada uno de los componentes al valor del índice global, por ejemplo, en este caso es 0,5 pues está formado por dos índices parciales (y relativa porque su suma es igual a la unidad). Si se expandiera el índice global para incluir tres o cuatro índices parciales es fácil comprender entonces que, por las mismas razones, el valor de este coeficiente sería 0,33 y 0,25 respectivamente, si se mantiene equivalente la contribución relativa.

Para demostrar la utilidad del método se realizó una simulación en un rebaño compuesto por 117 vacas y 54 nulíparas (terneras, añojas y novillas) de las cuales se obtuvieron 6 y 2 partos respectivamente. Se utilizó para el cálculo del IgEBR un nivel o categoría de acreditación medio (EPP e IPP de 32 y 16 meses respectivamente) para calcular los dos índices parciales básicos y una periodicidad mensual.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis de los resultados de la simulación (**Tabla 3**) puede inferirse que el rebaño no ha alcanzado las metas para cambiar de categoría puesto que el área de nacimientos en vacas aun es deficiente, por lo que debe recomendarse mantener el trabajo en las novillas y enfocarse en alcanzar la regularidad de los ciclos reproductivos en las vacas, por ejemplo, la implementación de programas nutricionales y de salud que reduzcan el riesgo de alteraciones metabólicas y los cambios en la condición corporal (Barletta *et al.*, 2017).

**Tabla 3.** Resultados de la simulación en un rebaño y una sola UTE.

Existencia de hembras		Nacimientos		Componentes		IgEBR
Nulíparas	Vacas	Novillas	Vacas	IpHD	IpNV	
		54	117			

Este resultado puede obtenerse además con datos agregados de varios rebaños pequeños o acumulados con más de una UTE. Después de alcanzar valores próximos a la unidad, como promedio estable, para el IgEBR durante un periodo de tiempo prolongado (por ejemplo, un año), se sugiere abandonar el nivel actual (medio) y cambiar hacia las CT del nivel superior.

En este mismo caso, si se quiere ser más riguroso en la selección para la mejora genética de las vacas, se aspira finalmente a acelerar el tránsito a niveles excelentes de eficiencia biorreproductiva, pero presenta dificultades para cumplir con el contrato de venta de los machos, debe mantener la unidad de tiempo de las autoevaluaciones, comenzar utilizando las CT correspondientes al nivel medio y optar por un IgEBR completo de la siguiente forma:

$$\text{IgEBR} = 0,25 (\text{IpDM} + \text{IpHD} + \text{IpNV} + \text{IpCM})$$

Siendo:

IgEBR = Índice global de eficiencia biorreproductiva

IpDM = Índice parcial de desarrollo del macho

IpHD = Índice parcial de hembras en desarrollo

IpNV = Índice parcial de nacimientos en las vacas

IpCM = Índice parcial de crecimiento de la masa básica

Cuando el productor lo considere oportuno, solicita una evaluación externa, que, mediante una comisión de especialistas, hará la auditoría de los controles y registros que evidencian las autoevaluaciones y emitirá el certificado de acreditación para el nivel que corresponda.

Es conveniente aclarar que, aunque el índice global tiene una connotación eminentemente zootécnica, no aborda directamente nada relacionado con el manejo, la alimentación, la salud y la selección genética, sino que, por el contrario, todo lo anterior se asume incluido indirectamente en conceptos mucho más amplios, tales como: el sistema de explotación y las buenas prácticas ganaderas de todo tipo, las cuales dependen más de la gestión del hombre para el desarrollo exitoso de un rebaño.

Además de las propuestas o sugerencias hechas, vale la pena aclarar que las CT pueden establecerse a la medida, aunque una forma más rigurosa de ajustarlas sería, utilizar el primer cuartil, la mediana y el tercer cuartil o la media  $\pm$  la desviación típica, a partir de experiencias previas, con lo que se demuestra una vez más la flexibilidad del método.

Para la aplicación de este método es necesario un análisis previo para fijar metas realistas que estimulen al productor a mejorar sus resultados teniendo en cuenta los factores locales y los aspectos sociales que afectan a los técnicos inseminadores y, en general, a todo el personal que trabaja en la ganadería, aspectos señalados en Brasil por Russi, Costa-e-Silva, Zúccari, Recalde y Cardoso, (2010) y en Cuba por Horrach *et al.* (2017).

### **Máxima eficiencia reproductiva**

Cuando ya los rebaños alcanzan la categoría de eficiencia reproductiva alta, para medir el posterior mejoramiento se proponen tres opciones:

1. Dejar todo igual hasta la categoría de eficiencia alta (lo más sencillo) y evaluar la mejora posterior por la magnitud del índice global ¿cuánto más es mayor que la unidad?
2. Adicionar otra categoría utilizando CT cercanas al umbral biológico permisible por la especie (por ejemplo, IPP = 12, EPP = 24 y promedio de partos = 5). En este caso, no se tiene en cuenta la TR porque a estos niveles de eficiencia no es de interés monitorearla. En este sentido, Chebel y Ribeiro (2016) han expresado que los rebaños con un manejo reproductivo eficiente que no se están expandiendo no necesitan comprar novillas de reemplazo para mantener un número constante de vacas lactantes en el rebaño.
3. Utilizar componentes o indicadores más exigentes que tiendan a eliminar la diferencia entre la venta real de machos y los nacimientos en novillas con los nacimientos esperados de sus madres en la UTE, integrando la componente de nacimientos en las vacas (IpNV) con la de desarrollo de la hembra (IpHD) o del macho (IpDM) en un solo índice, ya que en todos estos casos no se necesita el índice parcial (IpCM) pues a estos niveles de eficiencia su monitoreo no debe constituir una preocupación.

En la primera opción, se debe utilizar una escala a partir de la unidad con un punto de corte, para asignar las categorías de eficiencia muy alta y de élite o máxima eficiencia.

En la segunda opción, la eficiencia se mide por la magnitud del índice, con un punto de corte, pero en sentido contrario (en qué medida su valor se acerca a la unidad) ya que, en las metas de la segunda opción, o los requisitos de la tercera se hace prácticamente imposible alcanzar el valor de la unidad.

Para la tercera opción se hace necesario tener en cuenta el concepto de *reproducibilidad del rebaño* (RR) que definimos como la capacidad que tiene el rebaño de aprovechar todo su potencial reproductivo y de adaptación al medio en función del reemplazo generacional. Este se mide por la relación entre los nacimientos o partos hembras de las vacas adultas y los nacimientos o partos totales de sus hijas (novillas en su primer parto) que aplicado a los machos sería la relación entre los nacimientos o partos machos de las vacas adultas y de ellos los que llegan a venderse.

Lo anterior conduce a la creación de un índice integrado para máxima eficiencia que puede ser *Simple* (ISRR), si se aplica por separado para cada sexo (h y m), o *Compuesto* (ICRR) si se promedian ambos de la siguiente forma:

$$\text{ISRR}(h) = \frac{\text{NON}}{0,5\text{NE}^*}$$

$$\text{ISRR}(m) = \frac{\text{BVMO}}{0,5\text{NE}^*}$$

$$\text{ICRR} = \frac{\text{NON}}{\text{NE}^*} + \frac{\text{BVMO}}{\text{NE}^*}$$

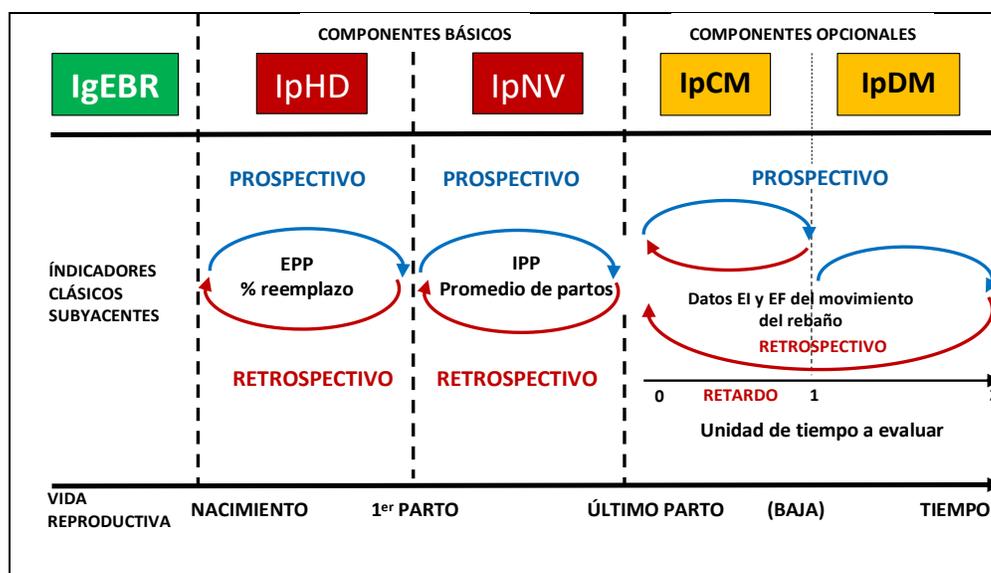
\* Nacimientos esperados en la categoría alta (IPP=13) y en la UTE con un retardo igual al tiempo establecido para cumplir los requisitos del contrato de venta en los machos y de la EPP en las hembras.

Al parecer bastaría con ésta variante de índice integral para resolver el objetivo trazado en el artículo, utilizando tres puntos de corte para establecer cuatro intervalos en una escala de cero a uno y asignarle a cada uno de los intervalos las categorías de baja a muy alta o élite.

Sin embargo, con este proceder no se detecta con exactitud dónde se localiza el problema para enfocarse en él desde el punto de vista del mejoramiento continuo y sistemático; por otra parte, la frecuencia de valores cero o próximos a cero desestimularía al productor, sobre todo en rebaños de pequeño y mediano tamaño y baja o mediana fertilidad. También se tendría que utilizar una UTE de menor periodicidad para las autoevaluaciones sin poder acometer a tiempo las medidas para la mejora. Por tanto, no tiene sentido la aplicación de dicho índice integrado en rebaños de eficiencia reproductiva baja o media; entonces, es necesario metodológicamente transitar paso a paso por las categorías inferiores para llegar a la de máxima eficiencia.

## Resumen de las características generales del índice global

La principal característica de este índice es que toda su metodología se centra en los *nacimientos*. En esta se evalúa *dinámicamente* la cantidad y calidad del resultado y la velocidad con que se alcanza y moviéndose prospectiva y retrospectivamente a lo largo de todo el ciclo de vida de los animales (**Fig. 2**). Los cálculos se realizan en la misma unidad de tiempo seleccionada y con la continuidad (serie temporal) normal de la variable tiempo.



**Fig. 2.** Representación gráfica de los componentes básicos del índice global de eficiencia biorreproductiva (IgEBR) y su relación con indicadores reproductivos clásicos y la vida reproductiva útil de la hembra. Se destaca el carácter prospectivo y retrospectivo de IpHD y IpNV y la posibilidad de incluir otros componentes (opcionales) como el IpCM e IpDM.

La segunda característica consiste en que, a pesar de resultar complejo y difícil en su concepción teórica, su aplicación resulta muy sencilla en la práctica, tanto para el cálculo como para la interpretación de cada índice parcial o del índice global.

Está formado aditivamente por dos índices parciales básicos que se pueden extender hasta cuatro para incluir un índice parcial de uso temporal relacionado con el tamaño y crecimiento del rebaño (IpCM) y otro opcional concerniente a la cría y desarrollo del macho (IpDM).

Se puede hacer corresponder con el nivel de exigencia deseado (bajo, medio y alto) mediante metas u objetivos de los indicadores clásicos usados frecuentemente, en cualquiera de los sistemas de organización de la reproducción.

Se puede calcular con datos agregados transversalmente con cualquier nivel de agregación (rebaños, empresas, municipios, etc.) y también con datos acumulados longitudinalmente para cualquier UTE.

Es *integral* porque está compuesto por índices parciales que indirectamente toman en cuenta todo el quehacer del manejo reproductivo del rebaño.

Es *flexible* porque propone opciones de componentes que pueden ser incluidos, modificados e incluso eliminados del índice global, con el objetivo de adaptarse a cualquier escenario.

Se adecua a la unidad de tiempo deseada para el registro, control y autoevaluación (mes, bimestre, etc.) y a cualquier tamaño de rebaño (pequeños, medianos y grandes) así como a cualquier sistema de explotación.

Es *sencillo* porque su cálculo se realiza utilizando solamente las cuatro operaciones aritméticas básicas y se construye controlando un número reducido de variables e indicadores clásicos (IPP y EPP) que subyacen en las metas trazadas, pero no es necesario su control y cálculo.

De fácil interpretación, en base a la desviación del valor de cada componente o del índice global con respecto a la unidad que representa el cumplimiento del objetivo; valores menores que uno indican el incumplimiento y mayores el sobrecumplimiento. Tiene la capacidad de detectar, en la *dinámica* del ciclo de vida útil de los animales, dónde se encuentran las principales dificultades.

Durante todo el desarrollo se ha evitado el uso innecesario de nomenclaturas rigurosas científicamente, símbolos como el de sumatoria, subíndices como *i*-ésimo y otros términos y conceptos como el de dimensionalidad, aditividad, pesos o ponderaciones ( $w_i$ ), multicolinealidad, suma ponderada, asíntota, etc. Todo ello con la intención expresa de facilitar la comprensión del productor simple, que usa métodos tradicionales de registros de la información en libretas de campo o tarjetas de identificación y control individual de los animales, en rebaños generalmente pequeños.

Independientemente de lo expresado también puede ser utilizado por empresarios y personal calificado que usan las nuevas tecnologías de la información y comunicación para el control de rebaños generalmente más grandes, con automatización del registro y procesamiento de la información.

## CONCLUSIONES

Para contribuir a resolver un problema científico de larga data, se brinda una metodología para construir un índice global que evalúa la eficiencia biorreproductiva del rebaño, hecho a la medida, que se caracteriza por ser sencillo, dinámico, de fácil interpretación, que detecta con facilidad dónde se centran las mayores dificultades dentro de un proceso biológico extremadamente complejo y sobre todo, de extrema flexibilidad en cuanto a las condiciones para su aplicación.

Esta metodología puede aplicarse en cualquier rebaño y en el momento deseado, lo que le proporciona ventajas en comparación con otros indicadores como el IPP, que tienen una base anual para el cálculo y que además se obtienen transversalmente y no permiten trabajar en la reproducción de forma proactiva, de manera que permite adoptar las medidas para mejorar la dimensión afectada.

## RECOMENDACIONES

Continuar ampliando el alcance de la metodología propuesta ya que con pequeñas modificaciones el índice global puede adaptarse para tener en cuenta relaciones con indicadores productivos o económicos a través de bonificaciones y penalizaciones en base a los coeficientes de contribución relativa y aplicarse a otras especies de ganado mayor o menor, uníparas e incluso multíparas, siempre utilizando la misma estructura y métrica.

Desarrollar un proyecto para que todo el contenido de esta metodología, incluida la primera recomendación, forme parte de un *software* específico para la evaluación general de la eficiencia reproductiva y una gestión digitalizada del rebaño.

## REFERENCIAS

- Akins, M. S. (2016). Dairy Heifer Development and Nutrition Management. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 32(2), 303-317. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2016.01.004>
- Barletta, R. V., Maturana, M., Carvalho, P. D., Del Valle, T. A., Netto, A. S., Rennó, F. P.,... & Sartori, R. (2017). Association of changes among body condition score during the transition period with NEFA and BHBA concentrations, milk production, fertility, and health of Holstein cows. *Theriogenology*, 104, 30-36. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.07.030>
- Bertot J. A., Vázquez, R., de Armas, R., Garay, M., Avilés, R., Loyola, C. y Horrach, M. (2011). Utilización de patrones de estacionalidad e impactos de variables con retardo en el tiempo para la planificación de los nacimientos en sistemas vacunos lecheros. *Revista de Producción Animal*, 23(1), 57-60. <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/19>
- Chebel, R. C. & Ribeiro, E. S. (2016). Reproductive Systems for North American Dairy Cattle Herds. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 32(2), 267-284. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2016.01.002>

- Corvisón, R. y Vázquez, R. (2005). El crecimiento como premisa para incorporar la novilla lechera a la reproducción. *Revista de Producción Animal*, 17(1), 73-78.  
<https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/3124>
- D'Occhio, M. J., Baruselli, P. S. & Campanile, G. (2018). Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review, *Theriogenology*. 125(Febrero), 277-284 doi: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.11.010>
- Russi, D. S., Costa-e-Silva, V. D., Zúccari, S. N., Recalde, S. & Cardoso, N. G. (2010). Impact of the quality of life of inseminators on the results of artificial insemination programs in beef cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(7), 1457-1463. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S151635982010000700010>
- González, C. (2001). *Reproduccion bovina. Fundacion grupo de investigaciones de reproduccion animal en la region zuliana* (Primera Edición). Maracaibo, Venezuela: Fundación Girarz,
- Horrach, M.; Bertot, J.; Vázquez, R.; Garay, M.; Avilés, R. y Loyola, C. (2017). Eficiencia técnica de la inseminación artificial en empresas lecheras vacunas de la provincia de Camagüey, Cuba. *Revista de Producción Animal*, 29(1), 45-49.  
<https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/283>
- Larson, R. L., White, B. & J., Laflin, S. (2016). Beef Heifer Development. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 32(2), 285-302 doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2016.01.003>
- Mendoza, I.; Bertot, J.; Horrach, M., Vázquez, R.; Garay, M.; Soto, S.; y Avilés Balmaseda, R. (2019). Patrón estacional de los nacimientos en ganado lechero durante el período 1982-2017 en Camagüey, Cuba. *Revista de Producción Animal*, 31(3). Recuperado de <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e2965>
- Plaizier, C. B. & King, G. J. (1996). *Measuring reproductive performance in dairy cattle*. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency.
- Oosthuizen, N., Fontes, L. P., Sanford, C. D., Ciriaco, F. M., Henry, D. D., Canal, L. B. ... & DiLorenzo, N. (2018). Estrus synchronization and fixed-time artificial insemination alter calving distribution in *Bos indicus* influenced beef heifers. *Theriogenology*, 106, 210-213. doi: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.10.028>
- Stevenson, J. S. & Britt, J. H. (2017). A 100-Year Review: Practical female reproductive management. *Journal Dairy Science*, 100(12), 10292–10313. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12959>
- Weigel, K. A. (2004). Improving the Reproductive Efficiency of Dairy Cattle through Genetic Selection. *Journal Dairy Science*, 87(E. Suppl.), E86-E92. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70064-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70064-8)

### **CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES**

Roberto Vázquez Montes de Oca concibió y diseñó la investigación a partir de las limitaciones y críticas a los índices utilizados tradicionalmente para la evaluación de la eficiencia reproductiva de los rebaños bovinos. Participó en el análisis e interpretación de los datos y en la redacción del artículo.

José Alberto Bertot Valdés participó en el análisis e interpretación de los datos y en la redacción del artículo.

Maydier Norman Horrach Junco participó en el análisis e interpretación de los datos y en la redacción del artículo.

### **CONFLICTO DE INTERESES**

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses.