

# Pecuarios.com

## *Biblioteca Digital*



Avicultura.mx



Ganaderia.com



Porcicultura.com

## VOLUMEN 1 | MAYO - JUNIO 2023

### COMITÉ EDITORIAL

**Director:**

**Luis Felipe Islas Guerra**

[luis@pecuarios.com](mailto:luis@pecuarios.com)

**Director Adjunto:**

**David Israel Huitrón Mendoza**

[david@pecuarios.com](mailto:david@pecuarios.com)

**Editores:**

**Dra. María Elena Trujillo Ortega**

**Dr. Miguel Ángel Alonso Díaz**

**Dr. Juan Carlos del Río García**

---

Pecuarios.com Biblioteca Digital Año 1, Vol. 1, Núm 3, Mayo - Junio 2023, es una publicación bimestral editada por Pecuarios.com, calle León Guzmán #305-8, Colonia Centro, Teziutlán, Puebla, C.P. 73800, Tel. (231) 312-4060, <https://www.pecuarios.com>, [editorial@pecuarios.com](mailto:editorial@pecuarios.com), Editor responsable: Luis Felipe Islas Guerra, [luis@pecuarios.com](mailto:luis@pecuarios.com). Reserva de Derechos al Uso Exclusivo, género publicaciones periódicas en la especie de revista 04-2022-072116542700-102, ISSN-e 2992-7293, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Los artículos y fotografías son responsabilidad exclusiva de los autores. Los derechos de autor están reservados conforme a la Ley y a los convenios de los países signatarios de las Convenciones Panamericana e Internacional de Derechos de Autor. La reproducción parcial o total de este número solo podrá hacerse previa autorización escrita del Editor de la publicación. Derechos Reservados © 2022-2023, Pecuarios.com Última actualización: 19 de Julio de 2023.

CONTENIDOS:

**Avicultura.mx** \_\_\_\_\_

**El Romaneo en las plantas de faena avícola** **5**

**Autores:** / *Ricardo Hume*

**Retos en la producción de huevo criollo en el valle de Oaxaca** **14**

**Autores:** / *Erineo Castellanos  
Antonio*

**Ganaderia.com** \_\_\_\_\_

**Depresión y Dieta: La relevancia del consumo de la carne roja en una dieta saludable**

**20**

**Autores:** / *Andrea Braña  
Barbosa* / *Diego Braña  
Varela*

**Producción in vitro de embriones sexados, mediante aspiración de ovocitos por laparoscopia, a partir de becerras de 3 meses de edad**

**26**

**Autores:** / *Horacio Álvarez  
Gallardo*

**Porcicultura.com** \_\_\_\_\_

**Días no productivos como costo de oportunidad**

**34**

**Autores:**

*Óscar Fernando  
Huerta Alva*

**Uso de aditivos seminales en la inseminación  
artificial de las cerdas**

**37**

**Autores:**

*Merith Vizcaíno  
Ríos*

# El Romaneo en las plantas de faena avícola

Las empresas avícolas medianas y grandes tienen una diversidad de clientes que requieren distintas categorías de pollos.

Los clientes tipo KFC, McDonald's, y otras cadenas de comidas rápidas requieren en mayor medida carne de pechuga por lo que se necesita un pollo grande; los destinados a cadenas de Supermercados donde se comercializan como pollos enteros o trozados requieren de un tamaño que armonice con el tamaño de las bandejas y las cadenas de pollo rostizado (Trak, etc.) categorías de pollos chicos ya que se venden por unidad y no por peso.

A esta distribución de requerimientos de categorías de pesos en las plantas de faena se la denomina "*romaneo*". Las plantas luego transmiten estos requerimientos al área de la empresa encargada de la producción a campo quienes, por experiencia, programan que granjas irán a faena para poder cumplir con las exigencias recibidas.

Lo más sencillo sería faenar pollos grandes, medianos y chicos y así cumplir con los requerimientos de la Planta, pero, por la distribución de pesos alrededor de la media aritmética hace que este proceder lleve como consecuencia a que "sobren" pollos demasiado chicos y demasiado grandes.

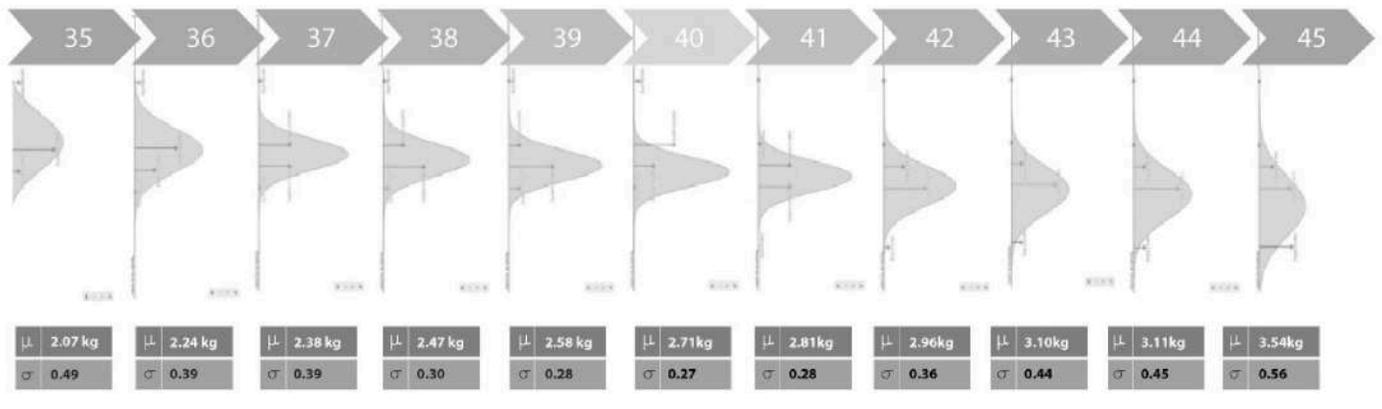
Cómo solucionar entonces el problema que podemos definirlo de la siguiente manera: ¿pollos de que peso y en qué cantidad son necesarios para cumplir lo más ajustadamente posible con la demanda de la planta de faena?, y a esto lo llamaremos "*el romaneo óptimo*".

Para solucionar este problema podemos recurrir a la Programación Lineal que es un sistema de inecuaciones lineales. Esta herramienta matemática permite, mediante un algoritmo y por iteraciones sucesivas, llegar a la solución. Para ello necesitamos hacerlo en dos pasos:

- a)** Primero conocer las curvas de crecimiento de los pollos dentro del rango utilizable (según se trate de lotes mixtos o la crianza se realice por sexos separados).

## Ejemplo 1.

## Distribución del tamaño de los pollos *según edad del lote*



Al principio del rango de pesos los lotes son más homogéneos; a medida que van creciendo el dimorfismo sexual se va manifestando progresivamente lo que se puede comprobar en el ejemplo por un valor creciente de la desviación estándar ( $\sigma$ ).

**b)** En segundo lugar hay que volcar los datos a una matriz que exprese la cantidad de pollos de cada categoría que son necesarios y otros datos más que representen restricciones a tener en cuenta (ej. total de pollos a faenar, proporción de machos y hembras, etc.).

**La Programación Lineal se define de la siguiente manera:**

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \leq = \geq b_j$$

**El funcional a optimizar es:**

$$z(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n c_i x_i$$

El funcional  $z$  puede ser objeto de minimización o maximización.

La ecuación  $x_1$ , a continuación, representa la cantidad de pollos a faenar (se puede definir como una cantidad fija o mínima).

Los coeficientes  $a_{ij}$  de las variables representan el porcentaje de pollos dentro de cada Categoría (variables  $v_1$  a  $v_{11}$ ) y todos los valores  $x_i \geq 0$ .

La ecuación  $x_7$  representa el Peso Promedio de cada Categoría y en la solución, la cantidad de kilos que se obtendrán.

En este caso, el funcional a minimizar  $\sum C_i x_i$  representa el costo del pollo de cada categoría por la

cantidad correspondiente y, en el caso de buscar una maximización, la función objetivo podría ser el Margen Bruto o Neto según qué tipo de costos se contemplen.

## Ejemplo 2. Matriz

ROMANEO OPTIMO															
Premisas:															
Lote mixto															
CV = 9%															
ds = 0.198															
Edad del lote en días															
		v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11			
		35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	Restricción	Cantidad	Solución
x1	Total pollos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	=	1000	1000
x2	Cat <2.0	0.16	0.07	0.02	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0	≥	0	85
x3	Cat 2.0 - 2.4	0.68	0.62	0.48	0.30	0.16	0.07	0.02	0	0	0	0	≥	100	413
x4	Cat 2.4 - 2.8	0.16	0.30	0.48	0.62	0.67	0.62	0.48	0.30	0.16	0.16	0.02	≥	400	400
x5	Cat 2.8 - 3.2	0	0.01	0.02	0.06	0.16	0.30	0.48	0.63	0.69	0.68	0.48	≥	100	100
x6	Cat >3.2	0	0	0	0	0	0.01	0.02	0.07	0.15	0.16	0.5		0	2
x7	kg de pollo	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3	3.1	3.2		0	2410
	Funcional Z (min) costo kg PV	30	31	32	33	34	35	36	37	0	39	40			32103
	Resultado por PHPSimplex	514	0	0	0	327	159	0	0	38	0	0			

Solución: faenando 514 pollos de 35 días, 327 de 39 días y 159 de 40 días es la mejor manera de cumplir con el romaneo al menor costo.

La solución expresa la cantidad de pollos de cada edad/peso vivo que se ajusta mejor a la necesidad de la Planta de Faena. Para implementar la solución pueden tomarse las cantidades en valores absolutos como así en porcentaje de cada categoría, según se ajuste mejor a la logística de la distribución de granjas por localidad y tamaño.

**Si quisiéramos visualizarlo de una manera gráfica se vería así:**

### Ej.3 Matriz con gráfico

ROMANEO OPTIMO														
Premisas:														
Lote mixto														
CV = 9%														
ds = 0.198														
	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11			
Edad del lote en días	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	Restriccion	Cantidad	Solución
x1 Total pollos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	≤	1000	1000
x2 Cat <2.0												≥	0	85
x3 Cat 2.0 - 2.4												≥	100	413
x4 Cat 2.4 - 2.8												≥	400	400
x5 Cat 2.8 - 3.2												≥	100	100
x6 Cat >3.2												≥	0	2
x7 kg de pollo	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3	3.1	3.2		0	2410
Funcional Z (min) costo kg PV	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40			32103
Resultado por PHPSimplex	514	0	0	0	327	159	0	0	0	0	0			
	x1				x5	x6								

Solución: faenando 514 pollos de 35 días, 327 de 39 días y 159 de 40 días es la mejor manera de cumplir con el romaneo al menor costo.

## Conclusiones y comentarios:

- La Programación Lineal es una herramienta que permite encontrar una solución al problema del Romaneo Óptimo.
- Permite integrarse a un modelo mayor que abarque varias áreas de la Empresa y diferentes tipos de productos (pollo entero, trozado, etc.).
- El software PHP Simplex se encuentra en Internet y es posible, probablemente, utilizar el mismo software de formulación con el que cuentan los nutricionistas.
- El presente es un artículo que desarrolla un ejemplo sencillo para validar el método de Programación Lineal para resolver el problema de ajustar el romaneo y al cual se le pueden agregar todas las restricciones reales de una Planta de faena en particular.

Sin embargo, existen otras limitantes para que este sector no produzca la demanda de huevo que exige el mercado. Empezaremos describiendo las dificultades para la producción de huevo criollo desde el nacimiento de las gallinas.

**La producción de gallinas criollas es todo un maratón**, empieza con la selección de los huevos antes de la incubación, se eligen los huevos de un tamaño intermedio, que no sean deformes, se sabe que los huevos de mayor tamaño no llegan a eclosionar. Una vez seleccionados se hace el nido, generalmente con arena y se coloca en un corredor donde se tenga un pequeño espacio. Para empollar los huevos se utiliza a una gallina o una guajolota clueca, o culeca como generalmente le dice la gente en la población, se colocan entre 10 y 15 huevos.

Una vez **iniciado el período de incubación hay que esperar alrededor de 20 a 25 días para ver los recién nacidos**, y sobre todo esperar que en estos días no transcurra un sismo, ya que mucha gente cree que si esto ocurre los pollitos no eclosionarán. Generalmente llegan a eclosionar alrededor de 10 a 12 pollitos. Una vez que la parvada de recién nacidos empieza a caminar las personas los dejan salir al patio de la casa, donde empieza la lucha por la sobrevivencia y la selección natural de los recién llegados.



Una vez que los pollitos salen al patio, guiados por la gallina o guajolota que los empolló, se enfrentan a los primeros obstáculos en su sobrevivencia. Como se mencionó anteriormente, los patios son grandes y despejados, por lo que **muchos pollitos son amenazados por el gavián o águilas**. Estos los vigilan desde las alturas y al seleccionar a su víctima se lanzan sobre ellos, tienen una gran precisión y generalmente siempre son certeros en sus ataques. Esto provoca que la población original de pollitos disminuya en las primeras semanas de vida.

Para que las gallinas obtengan todos los nutrientes necesarios de su dieta, en el transcurso del día salen a buscar insectos, hierva o pastos frescos a las calles o terrenos baldíos. En estos lugares son perseguidos y emboscados por perros callejeros para alimentarse de ellos, disminuyendo aún más su población.

**Una vez acabado el día, empieza otra lucha por la sobrevivencia de los recién nacidos, durante la noche un sin número de animales los vigilan y acechan para alimentarse de ellos.** La gallina o guajolota que tiene a los pollitos, selecciona algún rincón del patio para pasar la noche, sin embargo, en ningún lugar se encontraran a salvo.

Dentro de los principales cazadores nocturnos encontramos a los cacomixtles, o mejor conocido por los pobladores como coludos, debido a su extensa cola con franjas negras que tienen. Estos animales están muy bien adaptados para sobrevivir como fauna urbana, son ágiles y tienen gran destreza para desplazarse sobre las paredes de las casas. Viven entre pequeños espacios de las paredes de las casa-habitación o entre las rocas o los troncos de los árboles, incluso dentro del mismo patio de las personas.

Al entrar la noche se pueden observar a los cacomixtles como recorren casa por casa sobre los techos de las casas en busca de su alimento. Estos mamíferos se caracterizan por llevarse a los pollitos, por alimentarse de su sangre o de su cavidad craneal. Por si fuera poco, al igual que el cacomixtle también existen otros predadores de pollitos, entre los más conocidos encontramos a los tlacuaches y ratas, que tienen el mismo éxito en la caza que el cacomixtle.

**Así pasan las semanas y los primeros meses, los que han sobrevivido, todavía les falta un largo camino para**

**Llegar a su primera postura.** Estas aves tienen la característica que generalmente no están vacunadas contra ninguna enfermedad y por lo tanto son susceptibles a enfermarse y morir. Estas enfermedades acaban con el 80 % de las aves y son transmitidas principalmente por la ingesta de agua o productos sólidos infectados. Esto se debe principalmente a que las aves no tienen un lugar específico para tomar agua y lo hacen en cualquier lugar donde la encuentren disponible.

Las enfermedades en las aves generalmente son transmitidas por vectores como los perros y moscas; los perros salen al campo a buscar comida y generalmente encuentran aves muertas que son arrojadas por las personas; entonces los perros llegan a las casas a consumir agua en el mismo lugar que las aves, lo que desencadena la enfermedad y mortalidad de las gallinas. Un brote como estos es muy común que ocurra una vez al año y provoca que las personas pierdan la mayoría de sus aves de traspatio.

De esta manera, **a la etapa de postura solo llegan de dos a cuatro aves.** Estas son las dificultades más generales con las que se encuentran los productores de huevo criollo en esta población, que sin duda se repiten en otros lugares y dificultan la producción de huevo criollo y también la producción de carne.



Hay otros hogares o productores en esta población que llegan a tener de 30 a 50 gallinas en postura, sin embargo, se enfrentan a otras dificultades. Al tener un número considerable de gallinas, las personas optan por hacer corrales pequeños y encierran sus aves. Esto les genera estrés, debido al cambio de hábitat, además, solo las alimentan con maíz, lo que les genera sobrepeso y disminuyen la postura. Otra de las consecuencias que ocasiona encerrar las aves en corrales pequeños es que rompen los huevos en los nidos, muchas veces inadecuados, y se alimentan de ellos, por lo que los productores llegan a desalentarse y abandonar la producción.

**Estas dificultades en la producción de huevo criollo provocan que el producto llegue a tener una demanda considerable en los mercados locales.** Cabe mencionar que en los mercados el huevo criollo se utiliza principalmente para elaborar pan de yema y también para la elaboración de antojitos regionales. Además, como se mencionó al inicio, el huevo criollo es muy utilizado en la cocina tradicional, en los valles centrales de Oaxaca.

**Con estas consideraciones se decidió construir una granja para la producción de huevo criollo,** con gallinas libres de jaula, con suficiente espacio, que además de la producción de huevo también se destinen para la producción de carne. Por lo tanto, el primer punto para considerar es contar con un terreno suficientemente grande para la crianza de gallinas.

En seguida se tiene que elegir el material para hacer los galpones o gallineros, sin duda hay muchas opciones, pueden ser de algún material plástico, sin embargo, se consideró que sería poco duradero. **La opción fue construir el galpón con block de concreto en las paredes y lámina galvanizada en la parte superior;** el piso se realizó de concreto y las ventanas y puertas metálicas. La construcción con estos materiales asegura que las aves no serían amenazadas durante la noche, ya que es imposible que los predadores, como ratas, tlacuaches o cacomixtles puedan entrar la Galpón.

Posteriormente el otro punto es cercar una determinada área del terreno para que las gallinas pudieran estar libres y seguras durante el día, esta se realizó con malla ciclónica. Es muy importante la manera de colocar y anclar la malla ciclónica al suelo ya que esto evitará que los perros entren al galpón durante el día. Entonces, la idea fue anclar fuertemente la malla ciclónica al suelo, y se realizó con tejas de arcilla pegadas con barro. Con esto se logró tener el galpón seguro durante el día y durante la noche.

**Posteriormente se adquirieron las primeras 20 gallinas criollas, de aproximadamente 1 mes de nacidas en la población,** se reprodujeron con gallos criollos de color colorado, debido a que este color tiene mayor demanda en el mercado. Para la incubación se utilizaron alrededor de 30 guajolotas. De esta manera se llegaron a tener aproximadamente 100 gallinas criollas. La reproducción se realizó de manera tradicional, como ya se describió anteriormente.

Cuando los pollitos llegan a eclosionar no se dejaron salir al aire libre, se les construyó un corral donde permanecen alrededor de un mes aproximadamente. Durante este periodo son vacunados contra el virus de newcastle, una dosis al nacer y otra a los 10 días. Para completar la vacunación también se vacunan con Triple Aviar a los 30 días de nacidos,

Otro punto importante a considerar en la crianza de gallinas es la disponibilidad del agua, en este caso, no había agua potable, por lo cual la única opción fue elaborar un pozo tipo noria. Este se realizó de manera tradicional, a 18 metros de profundidad y de esta manera fue posible extraer el vital líquido para las aves.

Una vez que se tenía la disponibilidad del agua el nuevo reto fue distribuirla en los gallineros, se inició con recipientes de plástico de 6 litros aproximadamente, sin embargo, este método no fue factible por que el agua se terminaba muy rápido y en ocasiones los recipientes se caen. Para esta situación se decidió realizar una base de cemento de 2 metros de altura y en ella colocar un contenedor de agua de 700 litros, enseguida se colocaron mangueras y se anexaron bebederos automáticos de campana, lo que fue más eficiente.



Con esto ya se tienen instalaciones seguras durante el día y durante la noche, de igual manera se cuenta con agua limpia en cualquier momento que las aves lo requieran.

**Al inicio las gallinas solo se alimentaban de maíz, sin embargo, debido a su alto contenido de carbohidratos solo provocaba que las gallinas aumenten de peso y la postura disminuya.** Por esta razón se optó por utilizar concentrados comerciales para equilibrar la dieta y nutrientes

que necesitan las gallinas para la producción de huevos. El plan posterior es buscar capacitación y elaborar el concentrado alimenticio de manera tradicional, principalmente por los altos costos que estos tienen.

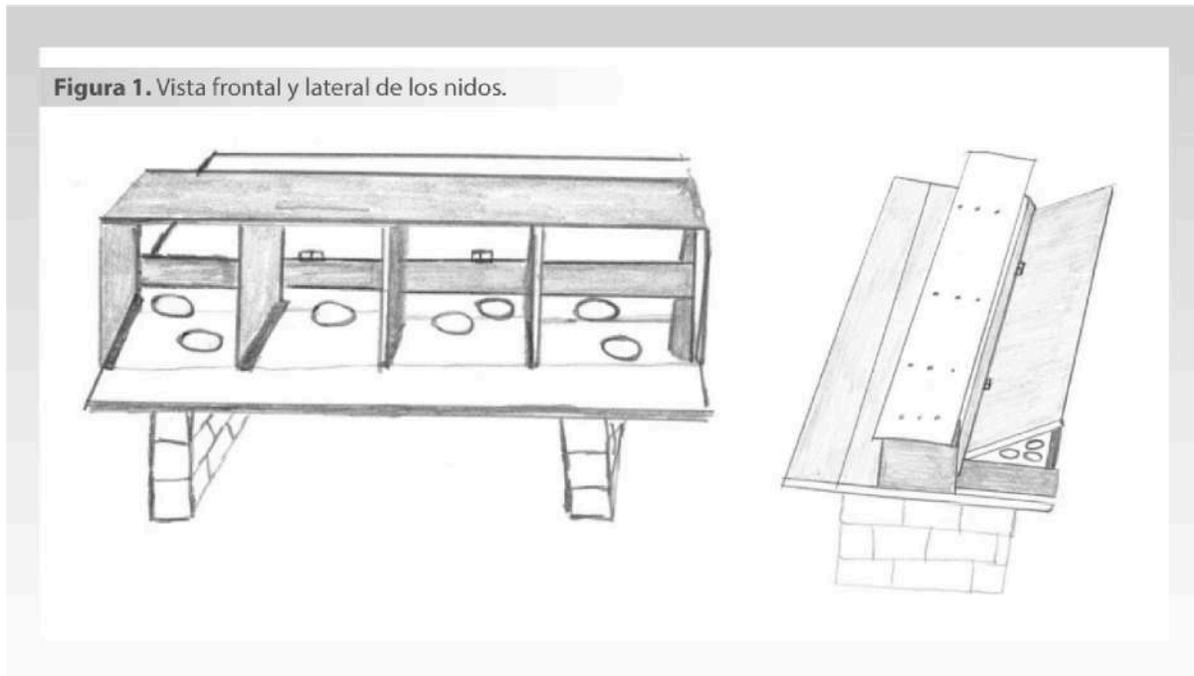
Para complementar la alimentación de las aves se utilizaron hierbas y pastos en las épocas de lluvia. Y para la época de estiaje se realizó la siembra de alfalfa, seleccionado por su alto contenido en proteínas. Para esto se destinó una fracción de terreno, se preparó la tierra y se sembró la semilla; actualmente las gallinas se alimentan con este forraje por la mañana y por la tarde. Es importante mencionar que en esta región el suelo es árido y el cultivo de alfalfa se dificulta. Para mejorar las características del suelo se realizó una composta con las excretas de las gallinas, mejorando el crecimiento y contenido nutricional de la alfalfa.

**Cuando las gallinas llegaron a la etapa de postura el principal problema que se enfrentó fue que las gallinas empezaron a romper y consumir los huevos.** Se propuso que el punto clave era la elaboración de los nidos, ya que las gallinas al poner los huevos se agrupaban en uno o dos nidos, lo que ocasionaba que los huevos se aplasten, agrietaran y rompieran y eran consumidos por las aves.

Al inicio los nidos de postura se elaboraron con neumáticos de automóviles, rellenas con barro en el centro, funcionaban muy bien porque las gallinas al poner los huevos se rodaban hacia las partes huecas de los neumáticos, lo que los protegía de las demás gallinas cuando se aglomeraban en la postura. El inconveniente fue que en el barro empezaron a llegar ratones y destruyeron este prototipo de nido.

Después los nidos se elaboraron con botes de plástico de 20 litros, en el fondo se colocó cubetas también de plástico, de tal manera que tuvieran dos compartimentos, y evitar la rotura de los huevos. Este prototipo de nido también no llegó a funcionar porque no evitaban que los huevos se rompieran.

Finalmente los nidos se realizaron con madera, de igual manera la idea fue contar con dos compartimentos, uno cumpliría la función de ser nido, en el cual la gallina depusiera los huevos y el otro compartimento donde se almacenarán los huevos de forma segura, (**fig. 1**) fuera del alcance de las gallinas. Este prototipo de nido fue muy eficiente ya que evita casi en su totalidad la rotura y consumo de huevo por las aves, además que permite recolectar los huevos de una manera más práctica.



Este prototipo se elaboró con madera en su totalidad, y se pueden colocar de 4 a 5 nidos separados por una pequeña tabla también de madera. El compartimento donde se recolectan los huevos está cubierto por una tabla con bisagras, que permitan abrirla y cerrarla de manera sencilla.

De esta manera **es factible tener de 100 a 150 gallinas libres de jaula**, con alimentación balanceada y con suficiente espacio para estar libres durante el día y seguras durante la noche.

## Referencias

Carlos R. Lara Macias. Pedro Jurado Guerra. Paquete tecnológico para sembrar alfalfa en el estado de chihuahua. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Sitio Experimental La Campana Aldama, Chihuahua, Septiembre 2014. Folleto Técnico Núm. 52. ISBN: 978-607-37-0277-5.

Téllez Flores, José Ariel. Manual Gallinas de Patio/ José Ariel. Téllez Flores.-1a ed. Managua: UNA, 2011, 43 p.: il.-(Guía Técnica ;No.16). disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/2421/1/nl70t275m.pdf>.

Juárez, A. y Gutiérrez, E. Control de cloquez y comportamiento productivo de guajolotas criollas. Revista de

investigación y difusión científica agropecuaria. 2009. Disponible en:  
<http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2009/enero/5.pdf>.

Angarita Leiton, Arlex. Producción agroecológica de gallinas criollas / Arlex Angarita Leiton, Fernando Castrillón Zapata. Bogotá : Corporación Universitaria Minuto de Dios. UNIMINUTO, 2020. Disponible en:  
[https://semillas.org.co/apc-aa-files/5d99b14191c59782eab3da99d8f95126/sin-prueba\\_compressed-1.pdf](https://semillas.org.co/apc-aa-files/5d99b14191c59782eab3da99d8f95126/sin-prueba_compressed-1.pdf).

# Retos en la producción de huevo criollo en el valle de Oaxaca

Nada más sabroso que un huevo al comal, con tortillas hechas a mano y con una salsa de chile verde. Estos son uno de los platillos preferidos cuando se visita a los abuelos en el rancho. En Oaxaca esta comida es bastante común y para otros es una escapadita al campo, sin embargo, en la producción de huevo criollo en las zonas rurales se presentan muchas dificultades, desde el nacimiento de las gallinas hasta su edad adulta.

Cerca de la capital del estado de Oaxaca **existen municipios que se han dedicado por décadas a la producción de huevo criollo a pequeña escala.** Estos huevos se comercializan en los mercados tradicionales en la mayoría de las regiones del Estado, en los llamados días de plaza. Tan solo en los valles centrales se encuentran los mercados del valle de Etlá, el mercado de Ocotlán, el de Zimatlán, Cuilapam de Guerrero y sobre todo en el municipio de Zaachila. En este último, el día de plaza es el jueves, día que llegan las señoras de las zonas rurales aleñañas, con sus canastos de huevo criollo que producen en sus hogares.



El municipio de Trinidad Zaachila se encuentra ubicado muy cerca del municipio de Zaachila, por lo que el intercambio comercial entre los dos municipios es histórico y el comercio el día de plaza no pasa desapercibido. **Muchas personas del municipio de Trinidad Zaachila tienen sus gallinas de traspatio y se ven beneficiadas económicamente al poder comercializar huevo criollo en el mercado de Zaachila.**

En Trinidad Zaachila la mayoría de las personas viven en casas con patios grandes, lo que les facilita el cuidado de gallinas. Las personas en su mayoría son campesinos que se dedican principalmente al cultivo de maíz criollo. El maíz se utiliza para el autoconsumo, para alimentar a las aves y también se utiliza para alimentar al ganado bovino, caprino y porcino. Para estos animales las personas elaboran pequeñas galeras construidos con láminas galvanizadas, por lo que las gallinas aprovechan los residuos de desecho de todos ellos. Este sistema de vida se puede decir que es sustentable, donde nada se desperdicia, todos los productos o residuos de la agricultura son aprovechados en su totalidad.

En estos sistemas de producción **las gallinas se encuentran todo tiempo de manera libre y aprovechando cualquier residuo orgánico que se encuentre en el patio ya sea que provenga de la agricultura, ganadería o residuos de la alimentación humana.** Es decir, las gallinas no se alimentan con algún concentrado alimenticio comercial. Su dieta la completan con insectos de todo tipo que encuentran, además, el calcio lo obtienen alimentándose de pequeñas piedras que encuentran en el suelo.

Este sistema de producción, aunque es un sistema eficiente, tiene la principal limitación que no se puede tener demasiadas aves, debido principalmente a los escasos nutrientes. Esto se refleja en la postura de las gallinas, que generalmente solo llegan a poner un huevo cada dos o tres días, además, en los mercados tradicionales las gallinas criollas son bien cotizadas si se destinan para la producción de carne.

Sin embargo, existen otras limitantes para que este sector no produzca la demanda de huevo que exige el mercado. Empezaremos describiendo las dificultades para la producción de huevo criollo desde el nacimiento de las gallinas.

**La producción de gallinas criollas es todo un maratón**, empieza con la selección de los huevos antes de la incubación, se eligen los huevos de un tamaño intermedio, que no sean deformes, se sabe que los huevos de mayor tamaño no llegan a eclosionar. Una vez seleccionados se hace el nido, generalmente con arena y se coloca en un corredor donde se tenga un pequeño espacio. Para empollar los huevos se utiliza a una gallina o una guajolota clueca, o culeca como generalmente le dice la gente en la población, se colocan entre 10 y 15 huevos.

Una vez **iniciado el período de incubación hay que esperar alrededor de 20 a 25 días para ver los recién nacidos**, y sobre todo esperar que en estos días no transcurra un sismo, ya que mucha gente cree que si esto ocurre los pollitos no eclosionarán. Generalmente llegan a eclosionar alrededor de 10 a 12 pollitos. Una vez que la parvada de recién nacidos empieza a caminar las personas los dejan salir al patio de la casa, donde empieza la lucha por la sobrevivencia y la selección natural de los recién llegados.



Una vez que los pollitos salen al patio, guiados por la gallina o guajolota que los empolló, se enfrentan a los primeros obstáculos en su sobrevivencia. Como se mencionó anteriormente, los patios son grandes y despejados, por lo que **muchos pollitos son amenazados por el gavián o águilas**. Estos los vigilan desde las alturas y al seleccionar a su víctima se lanzan sobre ellos, tienen una gran precisión y generalmente siempre son certeros en sus ataques. Esto provoca que la población original de pollitos disminuya en las primeras semanas de vida.

Para que las gallinas obtengan todos los nutrientes necesarios de su dieta, en el transcurso del día salen a buscar insectos, hierva o pastos frescos a las calles o terrenos baldíos. En estos lugares son perseguidos y emboscados por perros callejeros para alimentarse de ellos, disminuyendo aún más su población.

**Una vez acabado el día, empieza otra lucha por la sobrevivencia de los recién nacidos, durante la noche un sin número de animales los vigilan y acechan para alimentarse de ellos.** La gallina o guajolota que tiene a los pollitos, selecciona algún rincón del patio para pasar la noche, sin embargo, en ningún lugar se encontraran a salvo.

Dentro de los principales cazadores nocturnos encontramos a los cacomixtles, o mejor conocido por los pobladores como coludos, debido a su extensa cola con franjas negras que tienen. Estos animales están muy bien adaptados para sobrevivir como fauna urbana, son ágiles y tienen gran destreza para desplazarse sobre las paredes de las casas. Viven entre pequeños espacios de las paredes de las casa-habitación o entre las rocas o los troncos de los árboles, incluso dentro del mismo patio de las personas.

Al entrar la noche se pueden observar a los cacomixtles como recorren casa por casa sobre los techos de las casas en busca de su alimento. Estos mamíferos se caracterizan por llevarse a los pollitos, por alimentarse de su sangre o de su cavidad craneal. Por si fuera poco, al igual que el cacomixtle también existen otros predadores de pollitos, entre los más conocidos encontramos a los tlacuaches y ratas, que tienen el mismo éxito en la caza que el cacomixtle.

**Así pasan las semanas y los primeros meses, los que han sobrevivido, todavía les falta un largo camino para**

**Llegar a su primera postura.** Estas aves tienen la característica que generalmente no están vacunadas contra ninguna enfermedad y por lo tanto son susceptibles a enfermarse y morir. Estas enfermedades acaban con el 80 % de las aves y son transmitidas principalmente por la ingesta de agua o productos sólidos infectados. Esto se debe principalmente a que las aves no tienen un lugar específico para tomar agua y lo hacen en cualquier lugar donde la encuentren disponible.

Las enfermedades en las aves generalmente son transmitidas por vectores como los perros y moscas; los perros salen al campo a buscar comida y generalmente encuentran aves muertas que son arrojadas por las personas; entonces los perros llegan a las casas a consumir agua en el mismo lugar que las aves, lo que desencadena la enfermedad y mortalidad de las gallinas. Un brote como estos es muy común que ocurra una vez al año y provoca que las personas pierdan la mayoría de sus aves de traspatio.

De esta manera, **a la etapa de postura solo llegan de dos a cuatro aves.** Estas son las dificultades más generales con las que se encuentran los productores de huevo criollo en esta población, que sin duda se repiten en otros lugares y dificultan la producción de huevo criollo y también la producción de carne.



Hay otros hogares o productores en esta población que llegan a tener de 30 a 50 gallinas en postura, sin embargo, se enfrentan a otras dificultades. Al tener un número considerable de gallinas, las personas optan por hacer corrales pequeños y encierran sus aves. Esto les genera estrés, debido al cambio de hábitat, además, solo las alimentan con maíz, lo que les genera sobrepeso y disminuyen la postura. Otra de las consecuencias que ocasiona encerrar las aves en corrales pequeños es que rompen los huevos en los nidos, muchas veces inadecuados, y se alimentan de ellos, por lo que los productores llegan a desalentarse y abandonar la producción.

**Estas dificultades en la producción de huevo criollo provocan que el producto llegue a tener una demanda considerable en los mercados locales.** Cabe mencionar que en los mercados el huevo criollo se utiliza principalmente para elaborar pan de yema y también para la elaboración de antojitos regionales. Además, como se mencionó al inicio, el huevo criollo es muy utilizado en la cocina tradicional, en los valles centrales de Oaxaca.

**Con estas consideraciones se decidió construir una granja para la producción de huevo criollo,** con gallinas libres de jaula, con suficiente espacio, que además de la producción de huevo también se destinen para la producción de carne. Por lo tanto, el primer punto para considerar es contar con un terreno suficientemente grande para la crianza de gallinas.

En seguida se tiene que elegir el material para hacer los galpones o gallineros, sin duda hay muchas opciones, pueden ser de algún material plástico, sin embargo, se consideró que sería poco duradero. **La opción fue construir el galpón con block de concreto en las paredes y lámina galvanizada en la parte superior;** el piso se realizó de concreto y las ventanas y puertas metálicas. La construcción con estos materiales asegura que las aves no serían amenazadas durante la noche, ya que es imposible que los predadores, como ratas, tlacuaches o cacomixtles puedan entrar al Galpón.

Posteriormente el otro punto es cercar una determinada área del terreno para que las gallinas pudieran estar libres y seguras durante el día, esta se realizó con malla ciclónica. Es muy importante la manera de colocar y anclar la malla ciclónica al suelo ya que esto evitará que los perros entren al galpón durante el día. Entonces, la idea fue anclar fuertemente la malla ciclónica al suelo, y se realizó con tejas de arcilla pegadas con barro. Con esto se logró tener el galpón seguro durante el día y durante la noche.

**Posteriormente se adquirieron las primeras 20 gallinas criollas, de aproximadamente 1 mes de nacidas en la población,** se reprodujeron con gallos criollos de color colorado, debido a que este color tiene mayor demanda en el mercado. Para la incubación se utilizaron alrededor de 30 guajolotas. De esta manera se llegaron a tener aproximadamente 100 gallinas criollas. La reproducción se realizó de manera tradicional, como ya se describió anteriormente.

Cuando los pollitos llegan a eclosionar no se dejaron salir al aire libre, se les construyó un corral donde permanecen alrededor de un mes aproximadamente. Durante este periodo son vacunados contra el virus de newcastle, una dosis al nacer y otra a los 10 días. Para completar la vacunación también se vacunan con Triple Aviar a los 30 días de nacidos,

Otro punto importante a considerar en la crianza de gallinas es la disponibilidad del agua, en este caso, no había agua potable, por lo cual la única opción fue elaborar un pozo tipo noria. Este se realizó de manera tradicional, a 18 metros de profundidad y de esta manera fue posible extraer el vital líquido para las aves.

Una vez que se tenía la disponibilidad del agua el nuevo reto fue distribuirla en los gallineros, se inició con recipientes de plástico de 6 litros aproximadamente, sin embargo, este método no fue factible por que el agua se terminaba muy rápido y en ocasiones los recipientes se caen. Para esta situación se decidió realizar una base de cemento de 2 metros de altura y en ella colocar un contenedor de agua de 700 litros, enseguida se colocaron mangueras y se anexaron bebederos automáticos de campana, lo que fue más eficiente.



Con esto ya se tienen instalaciones seguras durante el día y durante la noche, de igual manera se cuenta con agua limpia en cualquier momento que las aves lo requieran.

**Al inicio las gallinas solo se alimentaban de maíz, sin embargo, debido a su alto contenido de carbohidratos solo provocaba que las gallinas aumenten de peso y la postura disminuya.** Por esta razón se optó por utilizar concentrados comerciales para equilibrar la dieta y nutrientes

que necesitan las gallinas para la producción de huevos. El plan posterior es buscar capacitación y elaborar el concentrado alimenticio de manera tradicional, principalmente por los altos costos que estos tienen.

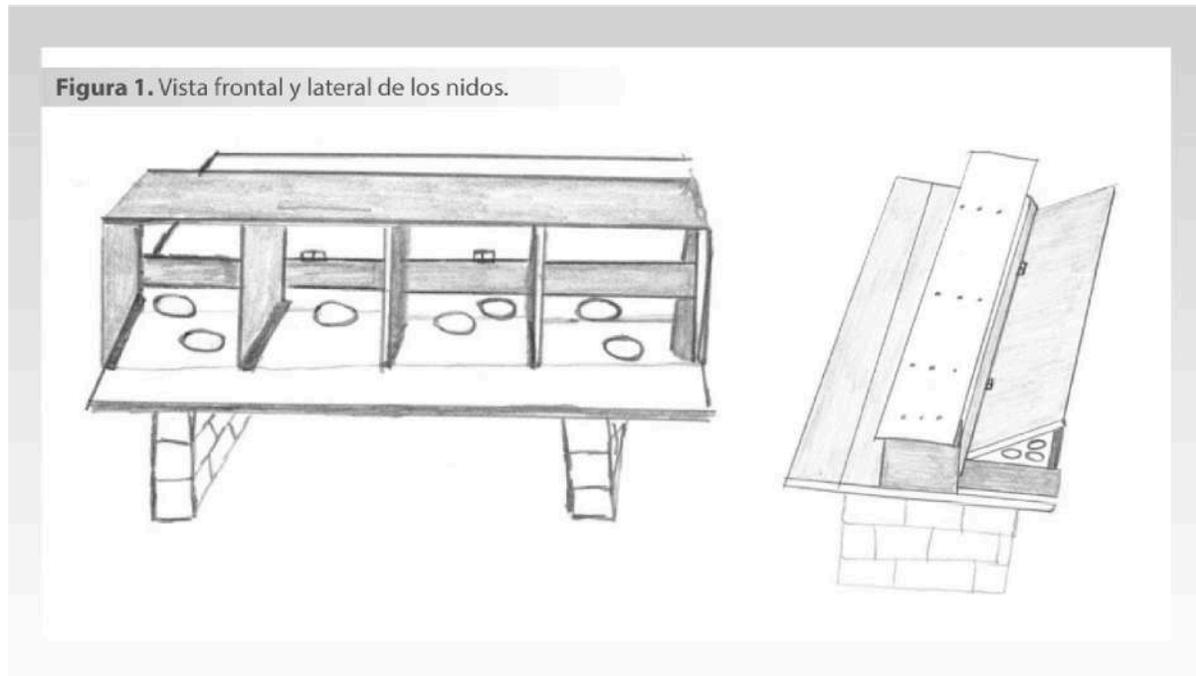
Para complementar la alimentación de las aves se utilizaron hierbas y pastos en las épocas de lluvia. Y para la época de estiaje se realizó la siembra de alfalfa, seleccionado por su alto contenido en proteínas. Para esto se destinó una fracción de terreno, se preparó la tierra y se sembró la semilla; actualmente las gallinas se alimentan con este forraje por la mañana y por la tarde. Es importante mencionar que en esta región el suelo es árido y el cultivo de alfalfa se dificulta. Para mejorar las características del suelo se realizó una composta con las excretas de las gallinas, mejorando el crecimiento y contenido nutricional de la alfalfa.

**Cuando las gallinas llegaron a la etapa de postura el principal problema que se enfrentó fue que las gallinas empezaron a romper y consumir los huevos.** Se propuso que el punto clave era la elaboración de los nidos, ya que las gallinas al poner los huevos se agrupaban en uno o dos nidos, lo que ocasionaba que los huevos se aplasten, agrieten y rompan y eran consumidos por las aves.

Al inicio los nidos de postura se elaboraron con neumáticos de automóviles, rellenas con barro en el centro, funcionaban muy bien porque las gallinas al poner los huevos se rodaban hacia las partes huecas de los neumáticos, lo que los protegía de las demás gallinas cuando se aglomeraban en la postura. El inconveniente fue que en el barro empezaron a llegar ratones y destruyeron este prototipo de nido.

Después los nidos se elaboraron con botes de plástico de 20 litros, en el fondo se colocó cubetas también de plástico, de tal manera que tuvieran dos compartimentos, y evitar la rotura de los huevos. Este prototipo de nido también no llegó a funcionar porque no evitaban que los huevos se rompieran.

Finalmente los nidos se realizaron con madera, de igual manera la idea fue contar con dos compartimentos, uno cumpliría la función de ser nido, en el cual la gallina depusiera los huevos y el otro compartimento donde se almacenarán los huevos de forma segura, (**fig. 1**) fuera del alcance de las gallinas. Este prototipo de nido fue muy eficiente ya que evita casi en su totalidad la rotura y consumo de huevo por las aves, además que permite recolectar los huevos de una manera más práctica.



Este prototipo se elaboró con madera en su totalidad, y se pueden colocar de 4 a 5 nidos separados por una pequeña tabla también de madera. El compartimento donde se recolectan los huevos está cubierto por una tabla con bisagras, que permitan abrirla y cerrarla de manera sencilla.

De esta manera **es factible tener de 100 a 150 gallinas libres de jaula**, con alimentación balanceada y con suficiente espacio para estar libres durante el día y seguras durante la noche.

## Referencias

Carlos R. Lara Macias. Pedro Jurado Guerra. Paquete tecnológico para sembrar alfalfa en el estado de chihuahua. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Sitio Experimental La Campana Aldama, Chihuahua, Septiembre 2014. Folleto Técnico Núm. 52. ISBN: 978-607-37-0277-5.

Téllez Flores, José Ariel. Manual Gallinas de Patio/ José Ariel. Téllez Flores.-1a ed. Managua: UNA, 2011, 43 p.: il.-(Guía Técnica ;No.16). disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/2421/1/nl70t275m.pdf>.

Juárez, A. y Gutiérrez, E. Control de cloquez y comportamiento productivo de guajolotas criollas. Revista de

investigación y difusión científica agropecuaria. 2009. Disponible en:  
<http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2009/enero/5.pdf>.

Angarita Leiton, Arlex. Producción agroecológica de gallinas criollas / Arlex Angarita Leiton, Fernando Castrillón Zapata. Bogotá : Corporación Universitaria Minuto de Dios. UNIMINUTO, 2020. Disponible en:  
[https://semillas.org.co/apc-aa-files/5d99b14191c59782eab3da99d8f95126/sin-prueba\\_compressed-1.pdf](https://semillas.org.co/apc-aa-files/5d99b14191c59782eab3da99d8f95126/sin-prueba_compressed-1.pdf).

# Depresión y Dieta: La relevancia del consumo de la carne roja en una dieta saludable

## La relevancia del consumo de la carne roja en una dieta saludable.

La depresión es un trastorno mental muy común que, como indicó la OMS, afecta a más de 300 millones de personas en el mundo (4.4% de la población global, WHO, 2017). Llega a causar problemas en la vida cotidiana de una persona y puede volverse en un problema de salud muy serio, por lo cual es importante acudir con profesionales y obtener ayuda. Por su relevancia social y económica, este escrito explora literatura científica reciente, analizando estudios que muestran una alta correlación entre la depresión y la falta de carne roja en la dieta de las personas.

### 1. ¿Qué es la depresión?

El Manual Diagnóstico y Estadístico de Trastornos Mentales (DSM5®) publicado por la American Psychological Association (APA, 2013), es utilizado por médicos e investigadores para diagnosticar y clasificar enfermedades mentales, incluye los siguientes criterios diagnósticos de la depresión: pérdida de interés y/o placer, insomnio, agitación/retraso psicomotor, fatiga, dificultad en toma de decisiones, trastornos alimentarios, sentimientos de inutilidad y culpabilidad, entre otros.

Sin embargo, es importante notar que otros trastornos pueden comprender síntomas de depresión; por lo cual es importante recibir un diagnóstico preciso de parte de un profesional para recibir el diagnóstico y tratamiento adecuado. Contrario a lo que sucede en los estados depresivos, la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2019) define la salud mental como “El estado de bienestar en el que cada individuo alcanza su propio potencial, lidiando con el estrés normal de la vida, puede trabajar productiva y eficientemente, y es capaz de contribuir a su comunidad”

### 2. Estudios en México

En México, se estima que al menos 15 de cada 100 mexicanos sufren de depresión (UNAM 2019). Un estudio reciente entre adolescentes de 15.5 años promedio, provenientes de Ciudad Guzmán, en el Estado de Jalisco, México (Díaz-Andrade *et al.*, 2022) reporta que el 51% de la muestra padece depresión; de estos, el 54% depresión leve; el 25.4% moderada y el 12.3% depresión severa. De los casos de depresión severa, el 81% corresponde al sexo femenino.

Otro estudio en México (Teruel *et al.*, 2021), muestra datos de la encuesta Nacional de Salud y Nutrición de México (Ensanut) y de la encuesta mensual recolectada por el Instituto de Investigación para el Desarrollo con Equidad (Equide) de la Universidad Iberoamericana. El estudio detectó que, en abril de 2020, en México, la prevalencia de depresión fue del 27.3% (IC:24.1, 30.4). Además, encontraron un claro gradiente de depresión por nivel socioeconómico. Mientras en el nivel económico de mayor ingreso se reporta una prevalencia de 9%, en el más

bajo alcanza 39%. Y de la misma manera que en otros estudios, se observó en las mujeres casi el doble de depresión que los varones. Este estudio deja en manifiesto que las desigualdades socioeconómicas ponen en seria desventaja a los grupos con el menor nivel socioeconómico.

Aquí es relevante observar que particularmente en México, existe una importante correlación negativa entre el ingreso familiar y el consumo de carne, donde a menores ingresos, menor consumo de carne (Téllez *et al.*, 2018). Lo cual se soporta en el estudio de la FAO (2020) en México, donde se reporta que, a mayor inseguridad alimentaria, aumenta el consumo de alimentos calóricos de bajo costo (cereales, tubérculos) y se reduce el consumo de carne y lácteos. La misma FAO (2021) en su reporte sobre el estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo, indica que México tiene más del 47% de la población bajo un cierto nivel de inseguridad alimentaria.

### **3. Vegetarianismo y trastornos mentales**

Existen múltiples estudios que muestran alta correlación entre el vegetarianismo y los trastornos mentales. Por ejemplo, un estudio realizado en China (Lavallée, *et al.*, 2019) indica que la abstención de carne se relaciona con aumentos en la depresión y ansiedad de los estudiantes. En comparación con los consumidores de carne, los vegetarianos son más propensos a sufrir o ser diagnosticados con depresión y ansiedad, y es más probable que intenten autolesionarse. Varios científicos han mostrado un nexo innegable entre la mala alimentación y el veganismo, con la depresión. Por ejemplo, Jacka (*et al.*, 2012 y 2017) mostraron que mujeres que consumían menor cantidad de carne, eran más propensas a sufrir distimia (trastorno depresivo persistente) y que mejorando la dieta mejoraba también el estado de ánimo.

En París, un estudio realizado entre la Sorbona y el hospital Pitié-Salpêtrière (Matta *et al.*, 2018, *Nutrients*) analizó la presencia de rasgos depresivos en más de 90 mil personas que fueron distribuidas por hábitos alimenticios (omnívoros, pesco-vegetariano, lacto-ovo-vegetarianos y veganos) y concluyen que las dietas, mientras más excluyentes, más se asocian a estados depresivos.

De manera más reciente Bakian (*et al.*, 2020) analizaron la relación entre dieta y depresión en más de 22 mil personas mayores de 20 años de edad y encontraron que particularmente entre mujeres de entre 20 y 39 años de edad, hay una relación inversa entre el consumo de creatina y depresión. Así, las que comen menos carne, tienen el doble de riesgo de deprimirse, comparadas con las que comen más creatina a partir de carne.

Dobersek (*et al.*, 2021) realizaron un metaanálisis que incluyó 18 artículos científicos y más de 160 mil personas, de 4 continentes. Ellos observaron que cuando se estudia la relación entre el consumo o no de carne y su relación con la salud mental, los resultados dependen mucho del rigor científico empleado en los estudios analizados. Pero consistentemente, en los trabajos bien realizados, es consistente el hecho de aquellas personas que evitan el consumo de carnes, tienen significativamente mayores tasas o riesgos de depresión, ansiedad y o mayor riesgo de causarse daño.

Estos patrones de depresión y dietas restrictivas también se observan en adultos mayores. Gomes (*et al.*, 2018) observaron que el riesgo de depresión era 2 a 3 veces mayor en adultos mayores que tenían la menor calidad de dieta (el menor consumo de productos de origen animal). De igual manera, al analizar la relación entre depresión y dieta en receptores de trasplante renal (Vuckovic *et al.*, 2021), el porcentaje de pacientes deprimidos fue menor entre los que consumían carnes (roja, blanca y pescado).

El término vegetariano incluye a muy diversas prácticas de alimentación, que generalmente se caracterizan por los alimentos que omiten, pero en general se acepta que entre otros nutrientes es muy fácil que incurran entre otras, en deficiencias nutricionales de vitaminas (B-12), D, ácidos grasos omega 3, calcio, hierro y zinc (Craig 2010). Pero independientemente de las deficiencias nutricionales y sus patologías específicas, desde el punto de vista clínico, se ha incluso propuesto el uso del término vegetariano, como un indicador médico para enfermedades mentales (Dobersek *et al.*, 2020). Y es que existen reportes científicos (Zuromoski *et al.*, 2015) que exhiben al vegetarianismo como una estrategia para enmascarar trastornos alimenticios patológicos.

Hasta ahora la ni la medicina, ni la nutrición han sido capaces de describir la liga específica (proteína, aminoácidos, vitaminas, creatina, omega-3, microbioma, etc.) para una causalidad directa entre el veganismo y la depresión, pero es claro que existen relaciones muy fuertes y que el consumo de carne roja debe ser promovido como extremadamente relevante y parte esencial de una dieta variada y saludable.

#### **4. Proteína como fundamento nutricional**

Particularmente, la proteína y grasa de la carne son pilares fundamentales de la nutrición, de la cultura y, por ende, de nuestra salud. La carne forma parte esencial de una dieta mixta y balanceada y ayuda a lograr un equilibrio en el cuerpo al asegurar el consumo de micronutrientes altamente digestibles, necesarios para el adecuado funcionamiento cerebral.

Además de la relevancia social y de los aspectos hedónicos, la importancia del consumo de carnes rojas estriba en su alto valor biológico que resulta, por una parte, del contenido de macronutrientes altamente digestibles: proteína (aminoácidos indispensables); grasas (principalmente monoinsaturadas como el ácido graso oleico (omega 9), polinsaturadas como los ácidos orgánicos linoleico y alfa linoleico (omega 6 y 3), saturadas como el palmítico y esteárico. Pero también por su contenido de micronutrientes de alta disponibilidad: vitaminas (A, B-1 (riboflavina), B-2 (ácido pantoténico), folato, B-3 (niacina), B-6 (piridoxina), B-12 (Cobalamina), D y E); así como de minerales (Calcio, Fosforo, Hierro, Zinc, Magnesio, Selenio, Cobre, Cobalto, Cromo y Níquel). La deficiencia de cualquiera de estos nutrientes en las dietas de los humanos es incompatible con la vida y por eso cada uno de estos nutrientes tiene definido un requerimiento nutricional específico.

Pero además de estos nutrientes, existen una serie de macromoléculas derivadas del consumo de carnes rojas, que se absorben a nivel intestinal y que hoy sabemos tienen alto impacto en la funcionalidad del cuerpo humano, como son entre otros muchos, la creatina (Kanekar *et al.*, 2021), la carnosina (Turner *et al.*, 2021), el sulfato de condroitina (Xiao *et al.*, 2014), y el colágeno (Osawa *et al.*, 2018).

Como ejemplo del impacto que tienen estos nutrientes de la carne en la salud humana, podemos mencionar el caso de la vitamina B-12. Desde el siglo pasado se sabe que la falta de carne en la dieta crea deficiencias de vitaminas como la B-12, creando primero anemia y posteriormente daños neurológicos, incluida fatiga, falla de memoria, depresión, dolores de cabeza, etc. En 1997 (Lovblad *et al.*), mostró radiológicamente como el cerebro de una niña hija de padres veganos, sufría graves retardos (atrofia por falta de mielinización inducida por deficiencia de B-12) en el desarrollo cerebral, lo cual se pudo corregir con vitaminas y cambio de dieta.

Funcionalmente, se sabe que el consumo de proteínas y grasas de origen animal son críticas para mantener la funcionalidad del cerebro, según lo demostraron Ramirez-Carillo (*et al.*, 2021), quienes estudiaron con encefalogramas la actividad y conectividad entre hemisferios cerebrales cerebral en niños indígenas del Estado de Guerrero en Mexico. Encontraron que en aquellos con bajo consumo de productos de origen animal, tenían relaciones negativas entre los nodos izquierdo y derecho y anteriores con posteriores, lo que implicó en los niños

una menor capacidad de enfrentar a su ambiente.

## **5. ¿Qué tanta carne roja deberíamos comer?**

La carne roja, cuando es fresca y cruda, tiene en promedio de 20 a 24% de proteína, pero dependiendo de la forma en que se cocine, aumenta a un 27 a 35%, lo que se asocia a la pérdida de agua y a la consecuente mayor concentración de nutrientes (Wyness *et al.*, 2011). Este dato es muy relevante, ya que facilita a la gente el poder estimar su requerimiento diario de proteína. Según el panel conjunto de expertos (WHO/FAO/UNU, 2007) y Wu (2016), el requerimiento diario de proteína para un adulto sano es de 0.8g por kg de peso vivo. Sin embargo, para que una persona pueda promover la deposición de masa muscular y mantener su fuerza física considerando si su actividad física es mínima, moderada o intensa, el consumo recomendado cambia respectivamente a 1.0, 1.3 ó 1.6 gramos de proteína por día, por cada kg de peso vivo.

Así, de manera muy laxa pudiéramos hablar, por ejemplo, de una persona que pesa 80kg, si tiene actividad física moderada, deberá consumir 100 gramos de proteína al día. Si normalmente el consumo de cárnicos representa el 40% del aporte diario de proteína, esto implica un consumo de 40 gramos de proteína animal, lo que equivale aproximadamente a 130 gramos de carne cocinada al día o a 180 gramos de carne fresca al día.

Por supuesto, todo en exceso es dañino para el cuerpo, por lo que en la revisión de Bilsborough y Mann (2006) se sugiere que el consumo máximo diario, considerado seguro para una persona sana de 80 kg de peso vivo, con una dieta de 2,900 Kcal al día, no exceda el rango de 2 a 2.5 gramos de proteína al día, lo que da un total de 160 a 200g/d. Esto equivale a un límite máximo de 550 gramos de carne fresca al día, o cerca de 400 gramos de carne cocinada (considerando que el 60% de la proteína consumida viene de la carne).

## **Conclusión**

La asociación actual entre la depresión y la dieta continúa siendo un área abierta de investigación, pero se han tenido avances. Como se mencionó, se ha identificado una relación entre la depresión y la creatina (un ácido orgánico nitrogenado que se encuentra en los músculos y el cerebro); varios ensayos sugieren que esta puede influir en la disponibilidad y uso de la energía en el cerebro y el estado de ánimo de la persona de una manera positiva. Además, varios otros nutrientes de la carne acompañan a la creatina que, de la misma manera, podrían reducir el riesgo de depresión.

La información aquí presentada resulta relevante, en particular, para aquellos que nos dedicamos a los ámbitos de la producción animal y la salud. Es siempre reconfortante el sustentar la relevancia del fruto de nuestro trabajo (Ganadería) como parte de la buena y sana alimentación de la humanidad. A todos aquellos que hasta ahora han sufrido de alguna inquietud y han tratado de eliminar el consumo de carnes rojas por cuestiones de salud, los conminamos a corregir el camino, y a darse la oportunidad de disfrutar una sana alimentación que incluya carnes rojas. A las autoridades médicas y políticas de nuestro País, los conminamos a promover políticas públicas que promuevan el consumo de carnes rojas para lograr una población sana, capaz de expresar su potencial y productividad, pero principalmente, para que podamos ser felices.

## **Bibliografía**

APA. 2013. Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5®). Quinta Edición. Arlington, VA: American Psychiatric Association.

Bakian A., Huber R., Scholl L., Renshaw P. 2020. Dietary creatine intake and depression risk among U.S. adults. *Translational Psychiatry* 10(1).

Bilsborough S., y Mann N. 2006. A review of issues of dietary protein intake in humans. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, 16, 129–152

Craig W. 2010. Nutrition concerns and health effects of vegetarian diets. *Nutr Clin Practice*: 25(6): 613-620.

Díaz-Andrade E., García-Ramírez J., López-Nava A., Michel-Jiménez S., Ramos-Trujillo E. 2022. Depresión en adolescentes de Ciudad Guzmán, Jalisco México. *Salud Jalisco* 9(2): 93-101.

Dobersek U., Wy G., Adkins J., Altmeyer S., Krout K., Lavie C., y Archer E. 2021. Meat and mental health: a systematic review of meat abstinence and depression, anxiety, and related phenomena. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*: 61:4, 622-635.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2020. The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. Transforming food systems for affordable healthy diets. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9692en>

FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2021. The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4474en>

Gomes A.P, Oliveira I., Bierheals, Goncalves A.L., Helliwig N., Tomasi E., Formoso M., Assuncao, Goncalves H. 2018. Interrelationship between diet quality and depressive symptoms in elderly. *J Nutr Health Aging* 22(3):387-39

Jacka F., Pasco J., Williams L., Mann N., Hodge A., Brazionis L., Berk M. 2012. Red Meat Consumption and Mood and Anxiety Disorders. *sychother Psychosom* 81:196–198

Kanekar S., Ettaro R., Hoffman M.D., Ombach H., Brown J., Lynch C., Sheth C., y Renshaw F. 2021. Sex-Based Impact of Creatine Supplementation on Depressive Symptoms, Brain Serotonin and SSRI Efficacy in an Animal Model of Treatment-Resistant Depression. *Int. J. Mol. Sci.* 22, 8195.

Lavallee K., Chi Zhang X., Michalak J., Scheneider S., y Margraf J. 2019. Vegetarian diet and mental health: Cross-sectional and longitudinal analyses in culturally diverse samples. *J Affective Disorders* 1(248):147-154.

Lovblad K., Ramelli G., Remonda L., Ozdoba C., Schroth G. 1997. Retardation of myelination due to dietary vitamin B12 deficiency: cranial MRI findings. *Pediatr Radiol* 27: 155-158.

Matta J., S. Czernichow, E. Kesse-Guyot, N. Hoertel, F. Limosin, M. Goldberg, M. Zins, y C. Lemogne. 2018. Depressive symptoms and vegetarian diets: Results from the constances cohort. *Nutrients* 10 (11):1695

Osawa Y., Mizushige T., Jinno S., Sugihara F., Inoue N., Tanaka H., Kabuyama Y. 2018. Absorption and metabolism of orally administered collagen hydrolysates evaluated by the vascularly perfused rat intestine and liver in situ. *Biomedical Research*: 39(1)1-11.

Ramirez-Carrillo E., G-Santoyo, López-Corona, Rojas R., Falcón L., Gaona O., Cerqueda G., Sánchez Q., Fuente R., Hernández A., y Nieto J. 2021. We think what we eat: Animal-based diet influences cerebral and microbiota networks connectivity in early ages. A study case of an indigenous community in Mexico. <https://doi.org/10.1101/2020.07.25.221408>; 08/07/2022.

- Téllez D., Mora F., Martínez D., Hernández C., García M. 2018. Characterization of factors determining the consumption of pork in the Metropolitan Area of the Valley of Mexico. *R. Bras. Zootec.* 47:e20170217.
- Teruel B.G, Gaitán R., Leyva P., y Perez H. 2021. Depresión en México en tiempos de pandemia. *Coyuntura Demográfica*: (19): 63-69
- Turner M., Sale C., Garner A., Hipkiss A. 2021. Anti-cancer actions of carnosine and the restoration of normal cellular homeostasis. *Biochim Biophys Acta Mol Res*: 1868 (11):119117
- UNAM: Dirección General de Comunicación Social. Boletín UNAM-DGCS-455. 2019. Ciudad Universitaria. <https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2019>
- Vuckovic M., Radic J., Gelemanovic A., Nenadic B., Kolak E., y Radic M. 2021. Associations between Depression, Nutritional Status and Mediterranean Diet in Dalmatian Kidney Transplant Recipients. *Nutrients*: 13(12) 4479.
- WHO. 2007. Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation on Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition (Geneva, Switzerland). WHO Technical Report Series # 935.
- WHO. 2017. Depression and Other Common Mental Disorders: Global Health Estimates. Geneva: World Health Organization; Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Wu G. 2016. Dietary protein intake and human health. *Food Funct.* 7, 1251-1265
- Wyness L., Weichselbaum E., O'Connor A., Williams E. B., Benelam B., Riley H. y Stanner S. 2011. Red meat in the diet: an update. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*: 36, 34-77.
- Xiao, Li, Cheng, Zhang, et al., 2014. Enhancing the intestinal absorption of low molecular weight chondroitin sulfate by conjugation with  $\alpha$ -linolenic acid and the transport mechanism of the conjugates. *Int J Pharm*: 465 (1): 143-158.
- Zuromski K., Witte T., Smith A., Goodwin N., Bodell p., Bartlett M., y Siegfried N. 2015. increased prevalence of vegetarianism among women with eating pathology. *Eating Behaviors* 19: 24-27

# Producción *in vitro* de embriones sexados, mediante aspiración de ovocitos por laparoscopia, a partir de becerras de 3 meses de edad

Álvarez-Gallardo H<sup>1</sup>, Velázquez-Roque A<sup>2</sup>, Martínez-Sandoval JR<sup>3</sup>, Ochoa-Estrada E<sup>3</sup>, Arenas-Sánchez LJ<sup>3</sup>, Villaseñor-González F<sup>4</sup>, Kjelland ME<sup>5,6</sup>, Romo S<sup>7</sup>.

<sup>1</sup>Centro Nacional de Recursos Genéticos, INIFAP, Tepatitlán, Jalisco, México.

<sup>2</sup>H&A Biotecnologías en Reproducción Animal, Tepatitlán, Jalisco, México.

<sup>3</sup>Práctica Privada, Querétaro, México

<sup>4</sup>Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, INIFAP, Tepatitlán, Jalisco, México.

<sup>5</sup>Conservation, Genetics & Biotech, LLC, Valley City, North Dakota, USA.

<sup>6</sup>Mayville State University, North Dakota, USA.

<sup>7</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, Cuautitlán, México, México.

## Introducción

En la actualidad la producción *in vitro* de embriones (PIV) y la transferencia de embriones (TE) han tenido un gran impacto en la producción animal. Esta tecnología ha tenido tanta aceptación que se está aplicando en escala comercial alrededor del mundo y ha venido creciendo a un porcentaje de alrededor del 12% anual, de acuerdo con las estadísticas de la Sociedad Internacional de Tecnologías de Embriones (Viana, 2021). En el caso del ganado bovino la PIV es ampliamente aplicada y la mayoría de los embriones producidos a nivel mundial son generados por esta tecnología. La PIV ha desplazado de forma importante a la superovulación (producción *in vivo* de embriones) debido a muchos factores, siendo los más importantes el uso del semen sexado de forma más eficiente, así como poder utilizar diferentes toros con ovocitos de la misma donadora al mismo tiempo. Otra de las razones de la amplia aplicación de la PIV, es el avance en otras tecnologías reproductivas como el sexado espermático y la aspiración folicular guiada por ultrasonido (OPU), esta última, ha permitido la colección eficiente de ovocitos a partir de animales vivos, además de ser mínimamente invasiva y altamente repetible sin afectar el bienestar animal de las donantes. Sin embargo, en especies de menor tamaño como los ovinos, caprinos y cérvidos la colección de ovocitos no se puede realizar mediante OPU. Para ello se desarrolló en la década de los 90's la aspiración de ovocitos por laparoscopia (LOPU), desde entonces se ha perfeccionado y adaptado para su aplicación en una gran variedad de animales domésticos y silvestres (Pierson *et al.*, 2004; Locatelli *et al.*, 2006).

La técnica de LOPU tiene muchas ventajas sobre la técnica de OPU, como la visualización del ovario, lo cual permite que se pueda discrepar entre los folículos a aspirar, reduciendo el daño al estroma ovárico. La repetición de los procedimientos LOPU en la misma hembra no causa secuelas con impacto en la vida reproductiva de la hembra, incluso cuando se realiza en animales prepúberes o salvajes (Alecho *et al.*, 2018). Una de las principales aplicaciones de la LOPU es en animales prepúberes, existen reportes de colección de ovocitos de becerras de 2 meses de edad. Mediante la aspiración de hembras prepúberes, se disminuye el intervalo generacional y con esto se acelera el mejoramiento genético (Baldassarre *et al.*, 2018).

El primer reporte de PIV a partir de becerras prepúberes fue reportado en 1992 (Amstrong *et al.*), en este trabajo colectaron ovocitos por LOPU de becerras de 3 a 8 semanas de edad, consiguiendo 1 cría nacida después de las transferencias. Sin embargo, los resultados PIV a partir de ovocitos de becerras prepúberes habían sido bajos, alrededor de 10% de blastocistos (Currin *et al.*, 2017; Velázquez *et al.*, 2019). En la actualidad existen protocolos de estimulación ovárica para la eficiente PIV a partir de hembras prepúberes. Estos tratamientos consisten en la aplicación de gonadotropinas exógenas a diferentes intervalos de tiempo entre aplicaciones. El protocolo que mejores resultados ha tenido requiere de 5 inyecciones de FSH cada 8 horas acompañadas de una dosis de eCG (Baldassarre *et al.*, 2018), este protocolo tiene el inconveniente de requerir muchos manejos, lo que lo hace muy laborioso e incómodo para las donadoras, por lo que se requiere de un protocolo con menor

número de aplicaciones de FSH, lo cual facilitaría la aplicación de la selección genómica de donadoras, la LOPU, la PIV y el sexado espermático para acelerar el mejoramiento genético en el ganado bovino (Currin *et al.*, 2021).

## Objetivo

Evaluar la PIV con semen sexado de última generación, a partir de becerras de 3 meses de edad, mediante la aplicación de 3 protocolos de estimulación ovárica.

## Materiales y métodos

### Animales

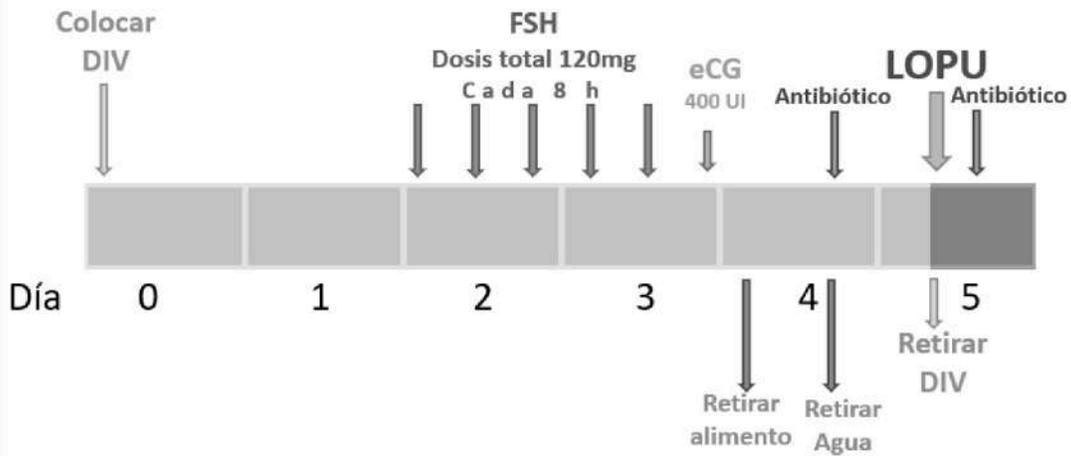
Se utilizaron 15 becerras de 3 meses de edad de la raza Holstein, clínicamente sanas, las cuales se dividieron en tres grupos de 5 becerras cada uno, y fueron marcadas con crayón de diferente color por cada grupo (Imagen 1).



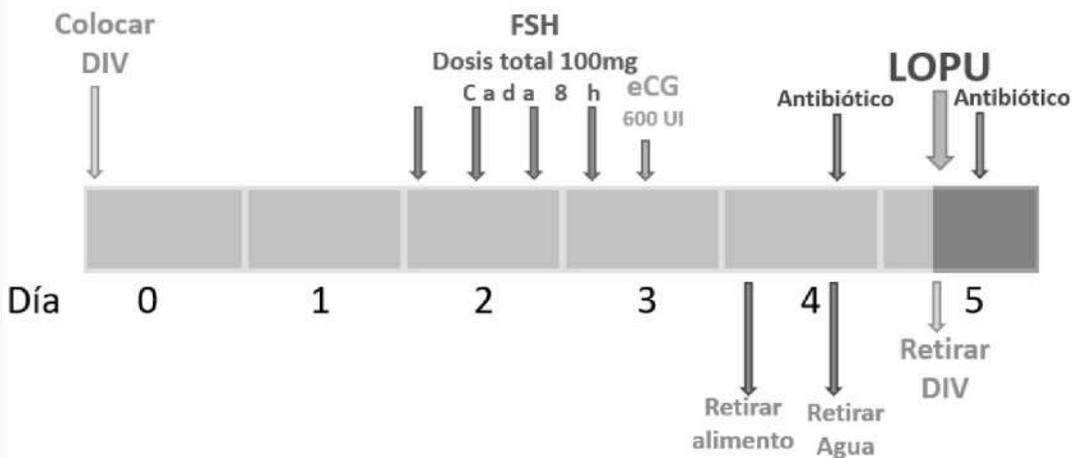
### Estimulación ovárica

Se evaluaron tres protocolos de estimulación (5 hembras por cada protocolo): 1) el día 0 se colocó un dispositivo intravaginal para borregas (DIV) de 0.3 g de progesterona, el día 2 se inició con la aplicación de FSH (purificada) cada 8 horas en 5 aplicaciones + eCG en la sexta aplicación (8 h después de la aplicación 5 de FSH) y en el día 5 se retiró el DIV y se realizó la LOPU; 2) de la misma forma que en el protocolo 1 con la diferencia de que se realizaron 4 aplicaciones de FSH cada 8 horas + eCG en la quinta aplicación; 3) de la misma forma que en el protocolo 1, solo que aquí se realizó una aplicación de FSH + eCG en el día 2. Los protocolos se ejemplifican a continuación:

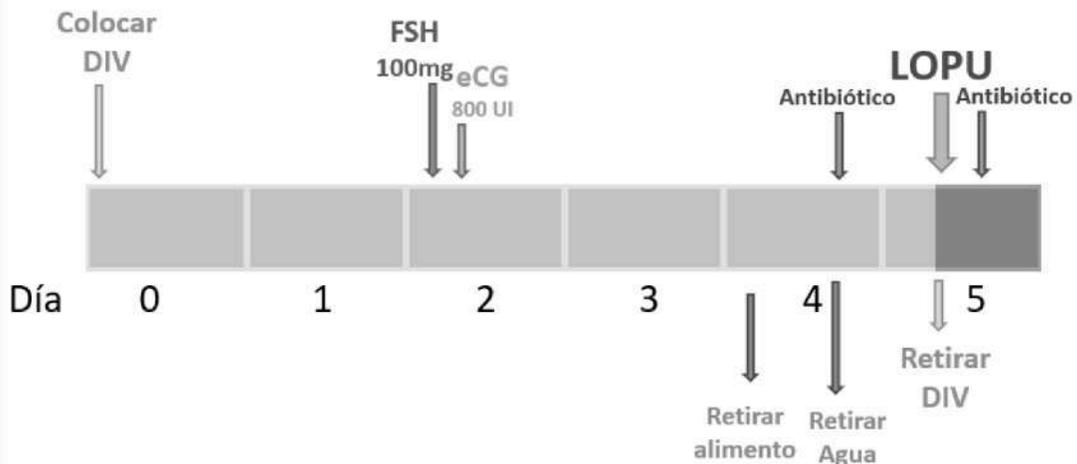
# Protocolo 1



# Protocolo 2



# Protocolo 3



La LOPU se realizó bajo anestesia a nivel de campo, se utilizó ketamina (5 mg/kg IM) más xilazina (0.2 mg/kg IM) previo ayuno de sólidos de 24 horas y agua de 12 horas. Una vez anestesiada, la donadora se colocó en decúbito dorsal en una camilla laparoscópica para rasurar y desinfectar la zona abdominal inmediatamente craneal a la ubre. Posteriormente, se levantó la camilla con la cabeza hacia abajo en un ángulo aproximado de 45-60 grados, de tal modo que los órganos digestivos descansen sobre el diafragma para permitir aislar el útero y los ovarios. Se procedió a colocar un campo quirúrgico dejando un área aproximada de 15 x 15 cm y se colocaron tres trocares de 5 mm cada uno (un trocar para el endoscopio, otro para una pinza atraumática y otro para el mandril de aspiración) (Imagen 2). Se realizó un neumoperitoneo, insuflando la cavidad abdominal con CO<sub>2</sub>. La visualización se llevó a cabo mediante un endoscopio rígido de 5mm y 0°, asociado con el mandril de aspiración de 5 mm de diámetro, unido a una aguja de 20G de bisel corto, la cual se conecta a una manguera siliconada que desemboca en un tubo de colección de 50 mL el que a su vez está conectado con la bomba de vacío (Imagen 3). La presión de vacío se reguló a una velocidad de 50-70 gotas por minuto. La punción folicular se realizó sujetando el ovario con la pinza atraumática y girando en diferentes direcciones para ver toda la superficie del ovario y así puncionar todos los folículos de más de 5 mm de diámetro (Imagen 4). El procedimiento se repitió en ambos ovarios, y al término se lavaron los ovarios con solución salina fisiológica adicionada con 20 UI de heparina sódica por mL.

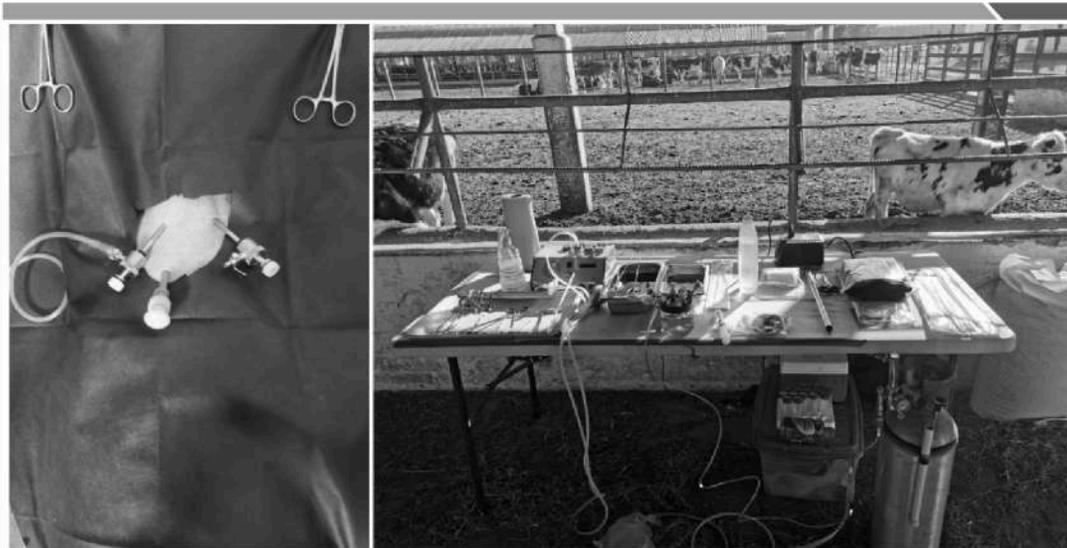


Imagen 2: Posición de los trocares

Imagen 3: Equipo de aspiración folicular por laparoscopia

Imagen 4: Proceso de aspiración folicular por laparoscopia de becerras prepúberes en campo.

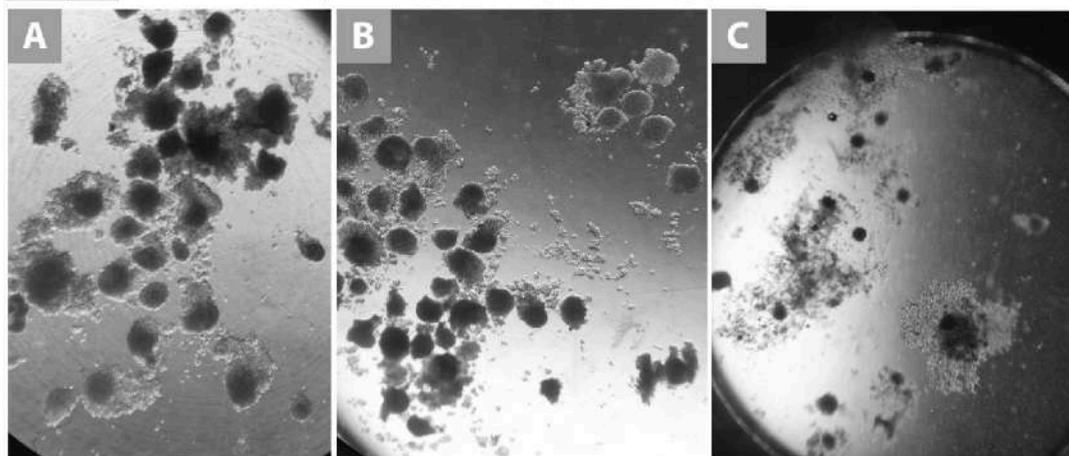


## Producción *in vitro* de embriones (PIV)

### Maduración *in vitro* (MIV).

Los ovocitos colectados (se mezclaron los ovocitos de las donadoras de cada grupo para bloquear el efecto de la hembra) fueron madurados *in vitro* (Protocolo 1 n=120; Protocolo 2 n=115; Protocolo 3 n=96) en un ambiente de 5% de CO<sub>2</sub> en aire, a 38.5°C y humedad de 100% por 24 horas.

Imagen 5: Ovocitos colectados por LOPU: A) Protocolo 1, B) Protocolo 2, C) Protocolo 3



### Fertilización *in vitro* (FIV).

Para la fertilización *in vitro* se utilizó semen sexado de última generación con cromosoma "X" de  $4 \times 10^6$  espermatozoides/mL (SS-4M) del mismo toro, de la raza Holstein probado para PIV. El semen fue separado mediante la técnica de MiniPercoll y

ajustado a una concentración de  $0.5 \times 10^6$  espermatozoides por mL. Para la FIV de los ovocitos madurados se utilizaron gotas de 80  $\mu$ L de medio de fertilización en una caja de Petri para cultivo embrionario en un ambiente de 5% de  $CO_2$  en aire, a 38.5°C y con humedad del 100% por 18 horas. Los ovocitos maduros fueron fertilizados en gotas independientes según el protocolo de estimulación utilizado.

### Cultivo *in vitro* (CIV).

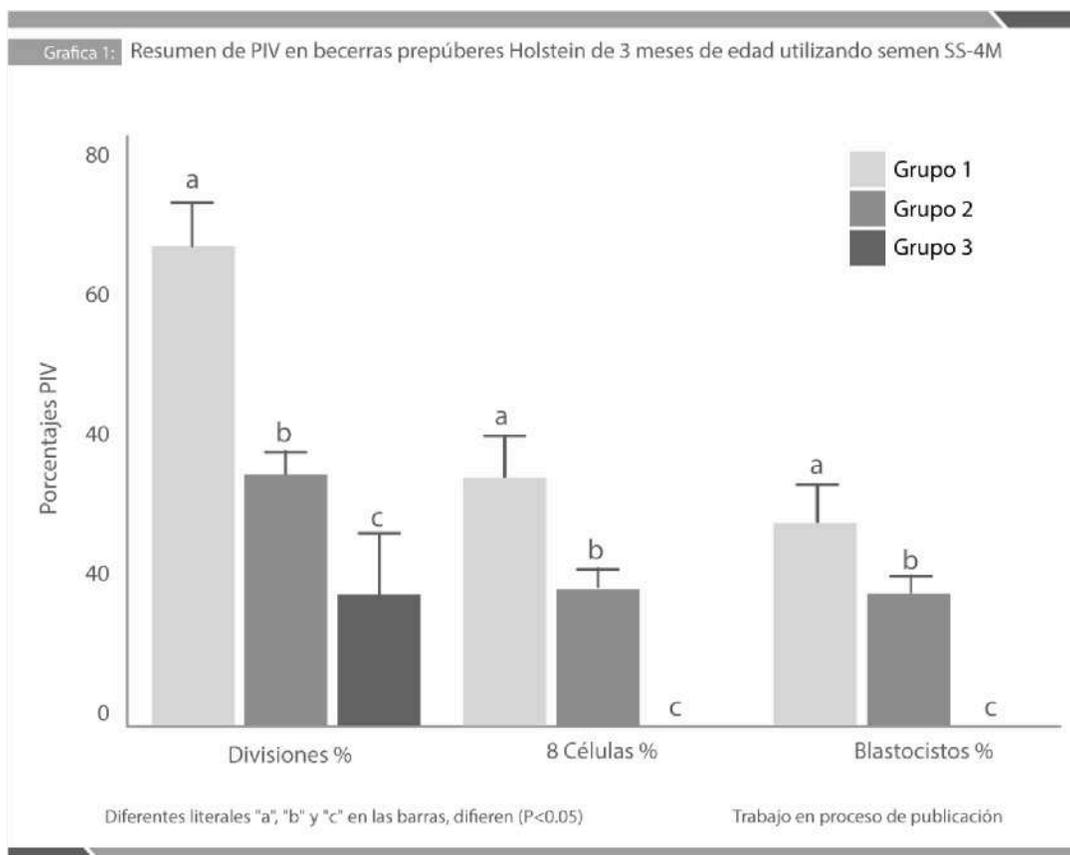
Después de 18 horas de iniciada la FIV, los presuntos cigotos fueron desnudados y cultivados *in vitro* en pozos con 500  $\mu$ L de medio de cultivo en un ambiente de 5% de  $CO_2$ , 5% de  $O_2$ , 90% de  $N_2$  a 38.5°C y con humedad del 100%. A las 56 horas de iniciado el CIV se evaluaron los porcentajes de embriones divididos y de embriones de 8 células y permanecieron hasta el día 7 de CIV donde se evaluó el porcentaje de blastocistos obtenidos.

### Análisis estadístico.

Para cada grupo se evaluaron los porcentajes de divisiones, embriones de 8 células y blastocistos. Los datos fueron evaluados con el procedimiento ANOVA del paquete estadístico SAS versión 9.2. Las diferencias se consideraron significativas con un valor  $P < 0.05$ .

### Resultados

Los porcentajes de divisiones fueron  $63.33\% \pm 2.12$ ,  $38.03\% \pm 2.8$  y  $14.28\% \pm 1.4$  para los grupos 1, 2 y 3 respectivamente. Para los embriones de 8 células los resultados para el grupo 1 fueron del  $33.33\% \pm 1.4$ , para el grupo 2 fue  $19.09\% \pm 0.7$  y para el grupo 3 fue  $0\% \pm 0$ . El porcentaje de blastocistos al día 7 para el grupo 1 fue de  $30\% \pm 2.4$ , para el grupo 2 fue  $19\% \pm 1.06$  y para el grupo 3 fue  $0\% \pm 0$ . Todos los grupos tuvieron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) para todas las variables analizadas (Gráfica 1).



### Discusión

En el caso del protocolo 1 podemos observar cómo al dar una estimulación continua durante dos días es suficiente para que los ovocitos de hembras prepúberes adquieran la competencia y logren resultados similares a los de un animal adulto tanto en el porcentaje de divisiones como en la producción de blastocistos. Esto puede deberse a que si bien las hembras prepúberes presentan ondas foliculares que llegan hasta el folículo antral, no tienen el estímulo de las gonadotropinas endógenas, ya que no tienen activo el eje Hipotálamo-Hipófisis-Ovario (HHO), por lo que al ser estimulados con gonadotropinas exógenas pueden adquirir la competencia ovocitaria para generar blastocistos (Michalovich *et al.*, 2018; Currin *et al.*, 2021).

Con respecto al protocolo 2, se puede observar cómo al quitar una aplicación de FSH repercutió en reducir prácticamente a la mitad la tasa de fertilización del protocolo 2 con respecto al protocolo 1, esto indica que los ovocitos de animales prepúberes requieren de una estimulación continua para adquirir competencia y poder llegar a formar un blastocisto (Currin *et al.*, 2017), pese a cambiar una aplicación de FSH por una dosis más alta de eCG.

El protocolo 3 presenta los peores resultados, aproximadamente la mitad del porcentaje de divisiones con respecto al protocolo 2 y prácticamente la cuarta parte de lo obtenido con el protocolo 1, lo cual repercute directamente en el porcentaje de embriones de 8 células y en el porcentaje blastocistos, que para ambos casos fue de 0%. Estos resultados pueden deberse a que cuando se colectaron los ovocitos, estos se veían expandidos, lo cual indica que esos ovocitos ya habían iniciado el proceso de maduración, tal vez con este protocolo se deba aspirar en el día 4 en vez del día 5.

## Conclusiones

En conclusión, bajo las condiciones de este trabajo, el protocolo 1 utilizando becerras de 3 meses tuvo resultados similares de PIV comparado con lo que se obtiene con animales adultos con SS-4M. Se requiere de más investigación para desarrollar un protocolo de estimulación ovárica con menos aplicaciones, que lo haga más práctico, pero con eficiencia similar a la del protocolo 1.

## Referencias Bibliográficas

- Alecho RA, Nacib JNP, Moreli GR, Baldassarre H. Comparison of commercial results between Ovum Pick-Up (OPU) in angus vs. Laparoscopic Ovum Pick-Up (LOPU) in calves of the same breed and their zebu crosses. ASPRA-VII Congress. SPERMOVA. 2018. 6(1): 111
- Armstrong DT, Holm P, Irvine B, Petersen BA, Stubbings RB, McLean D, Stevens G, Seamark RF. Pregnancies and live birth from in vitro fertilization of calf oocytes collected by laparoscopic follicular aspiration. *Theriogenology*. 1992. 38(4):667-78. doi: 10.1016/0093-691x(92)90029-q.
- Baldassarre H, Currin L, Michalovic L, Bellefleur AM, Gutierrez K, Mondadori RG, Glanzner WG, Schuermann Y, Bohrer RC, Dicks N, Lopez R, Grand FX, Vigneault C, Blondin P, Gourdon J, Bordignon V. Interval of gonadotropin administration for in vitro embryo production from oocytes collected from Holstein calves between 2 and 6 months of age by repeated laparoscopy. *Theriogenology*. 2018. 116:64-70. doi: 10.1016/j.theriogenology.2018.05.005.
- Currin L, Baldassarre H, Bordignon V. In Vitro Production of Embryos from Prepubertal Holstein Cattle and Mediterranean Water Buffalo: Problems, Progress and Potential. *Animals (Basel)*. 2021. 11(8):2275. doi: 10.3390/ani11082275.
- Currin L, Michalovic L, Bellefleur AM, Gutierrez K, Glanzner W, Schuermann Y, Bohrer RC, Dicks N, da Rosa PR, De Cesaro MP, Lopez R, Grand FX, Vigneault C, Blondin P, Gourdon J, Baldassarre H, Bordignon V. The effect of age and length of gonadotropin stimulation on the in vitro embryo development of Holstein calf oocytes. *Theriogenology*. 2017. 104:87-93. doi: 10.1016/j.theriogenology.2017.08.011.
- Locatelli Y, Vallet JC, Huyghe FP, Cognié Y, Legendre X, Mermillod P. Laparoscopic ovum pick-up and in vitro production of sika deer embryos: effect of season and culture conditions. *Theriogenology*. 2006. 66(5):1334-42. doi: 10.1016/j.theriogenology.2006.05.005
- Michalovic L, Currin L, Gutierrez K, Bellefleur AM, Glanzner WG, Schuermann Y, de Macedo MP, Bohrer RC, Dicks N, Lopez R, Taibi M, Madogwe E, St-Yves A, Mondadori RG, Gourdon J, Vigneault C, Baldassarre H, Bordignon V. Granulosa cells of

prepubertal cattle respond to gonadotropin signaling and upregulate genes that promote follicular growth and prevent cell apoptosis. *Mol Reprod Dev.* 2018. 85(12):909-920. doi: 10.1002/mrd.23066.

- Pierson J, Wang B, Neveu N, Sneek L, Côté F, Karatzas CN, Baldassarre H. Effects of repetition, interval between treatments and season on the results from laparoscopic ovum pick-up in goats. *Reprod Fertil Dev.* 2004. 16(8):795-9. doi: 10.1071/rd04066.
- Velázquez RA., Álvarez GH., Kjelland M., Villaseñor GF., Ariza G., Romo S. "In vitro embryo production using prepubertal calf oocytes with conventional semen and sexed semen ULTRA-4M". *Reproduction, Fertility and Development.* 2019. 32(1) 162.
- Viana J.H.M. 2020 Statistics of embryo production and transfer in domestic farm animals. *Embryo Technology Newsletter – IETS.* 2021. 39 (4): 24-38

# Días no productivos como costo de oportunidad

Normalmente la biología la entendemos separada de la parte financiera, pero finalmente la producción pecuaria está obligada a vincularse con ella.

La productividad se mide por medio de índices y estos tienen un impacto económico o financiero que podríamos llamarlo “costo de oportunidad”, es decir: El costo de oportunidad es el retorno de una opción renunciada menor que el retorno de la opción elegida. El análisis de los costos de oportunidad puede guiarlo hacia una toma de decisiones más rentable. Debe evaluar el riesgo relativo de cada opción además de sus posibles rendimientos.

El costo de oportunidad es una palabra económica que asigna el valor de lo que tiene que renunciar para elegir otra cosa y ha sido denominado como expresión de «la relación básica entre escasez y elección». La noción de costo de oportunidad juega un papel fundamental en los intentos de garantizar que los recursos escasos se utilicen de manera eficiente.

Un principio fundamental de la economía es que cada elección tiene un costo de oportunidad. La idea detrás del costo de oportunidad es que el costo de una cosa es la oportunidad perdida de hacer o gastar otra cosa.

Para tomar un ejemplo sobre el costo de oportunidad, partamos que el Ciclo productivo de la cerda está compuesto por los días de la: **Gestación, Lactancia y Destete a 1er. servicio.**

La gestación es un proceso biológico el cual difícilmente podemos variar y normalmente es de 114 días; para cuestiones de proyección le damos 7 días a la cerda para que esta nuevamente sea inseminada con la esperanza de que quede gestante, pero en donde nosotros ELEGIMOS los días que la cerda estará lactando nos dará como resultado una escasez o abundancia.

Si consideramos 114 días de gestación, 7 días de destete a 1er. servicio y la cerda lacta 21 días, en total el Ciclo Productivo de la Cerda será de 142 días; pero si se decide que la lactancia sea de 24 o 28 días por elegir un mejor peso del lechón al destete o con un mejor estatus sanitario, tenemos entre 3 a 7 días por ciclo productivo de Costo de Oportunidad.

Esta decisión hará que la cerda tenga una capacidad productiva diferente. En el cuadro siguiente se muestra la diferencia de la toma de esta elección.

	Dias		
Gestación	114	114	114
Destete a 1er servicio	7	7	7
Lactancia	21	24	28
Ciclo productivo	142	145	149
Partos / Hembra / Año	2.57	2.52	2.45

En un ambiente numérico estricto, que esté aplicado al proceso natural y considerando igualdad de lechones destetados (13 para el ejemplo), tiene un diferencial importante al momento de anualizar la productividad del hato (recordemos que trabajamos con individuos, pero vemos el comportamiento de los grupos).

Tomando como base los Ciclos productos de la Cerda (PHA) y la cantidad de lechones destetados, en una granja de 2,500 cerdas podemos observar el Costo de Oportunidad de que las cerdas lacten a 21, 24 o 28 días.

Ciclos productivos al año			
Partos / Hembra / Año	2.57	2.52	2.45
Lechones destetados por camada	13	13	13
Lechones destetados /hembra/año	33.42	32.72	31.85

Tamaño del hato	Lechones producidos al año.		
2500	83,539	81,810	79,614
Costo de oportunidad		-1,728	-3,925
(Diferencia)			-2,196

El costo de oportunidad entre 21 a 24 y de 21 a 28 días de lactancia varía entre 1,728 y 3,925 lechones y el caso de la lactancia de 24 a 28 días, el costo de oportunidad es de 2,196 lechones.

La decisión de establecer X o Z días de lactancia nos dio un Costo de oportunidad importante que tendríamos que establecer si el diferencial por el peso o sanidad de un lechón más grande (edad) financieramente, cuál es mejor entre ambas alternativas.

Regresando al manejo de las cerdas, sabemos que UN DÍA NO PRODUCTIVO (DNP) es aquel en el que la cerda no está gestando o lactando (retrasadas, repetidoras, vacías, abortadas, muertas). Entonces, para poder calcular el costo de oportunidad de un DNP debemos partir de la capacidad proyectada de nuestro sistema o en su defecto, al resultado actual que se tiene en este momento.

## ¿Cómo podemos saber el valor de un DNP?

Es aquí en donde Costo de Oportunidad se relaciona con el valor de un DNP, es decir, las decisiones que tomemos sobre el manejo zootécnico de las cerdas del hato les dará el Costo de Oportunidad de un DNP. Entre más productiva sea la granja el costo de un DNP será más alto.

En el cuadro siguiente se muestra el Costo de oportunidad de un DNP, con base al nivel de productividad de la granja. Para este ejemplo seguiremos considerando 13 lechones destetados por parto, con la variable de días de

lactancia y más días a 1er. servicio.

Días						
Gestación	114	114	114	114	114	114
Destete a 1er servicio	7	9	11	13	15	17
Lactancia	21	21	21	21	21	21
Ciclo productivo	142	144	146	148	150	152
Partos / Hembra / Año	2.57	2.53	2.50	2.47	2.43	2.40
Lechones destetados / Hembra / Año						
	33.42	32.95	32.50	32.06	31.63	31.22
Costo de oportunidad representado en lechones/día						
	0.092	0.090	0.089	0.088	0.087	0.086

Si consideramos el valor de un lechón en \$50 USD, cada DNP como Costo de oportunidad ve de 0.92 y 0.86 Lechón por día como Costo de oportunidad, el valor en Dólares americanos varía de entre \$4.58 a \$4.28 USD.

Usando el ejemplo anterior de una granja de 2,500 cerdas, el Costo de Oportunidad por un DNP sería de entre \$11,400 y \$10,691 USD.

Costo de oportunidad de un DNP considerando que el valor de un cerdo destetado sea de \$50 USD					
\$4.58	\$4.51	\$4.45	\$4.39	\$4.33	\$4.28
\$11,444	\$11,285	\$11,130	\$10,980	\$10,833	\$10,691

Esto nos debe llevar a recapacitar el manejo que damos en granja con las cerdas del hato reproductor, desde el reemplazo adecuado, la alimentación de las cerdas, las cerdas vacías, etc, etc.

# Uso de aditivos seminales en la inseminación artificial de las cerdas

## Introducción

La utilización de la inseminación artificial (IA) en la industria porcina mundial previene riesgos sanitarios y aumenta la tasa de progreso genético. Sin embargo, presenta algunos problemas durante el proceso como reflujos seminales, baja progresión espermática hacia la región útero-tubárica y fagocitosis de los espermatozoides en el útero, que pueden afectar la fertilidad de la cerda (Domínguez *et al.*, 2017; Ngula *et al.*, 2019). La aplicación de aditivos o estimulantes puede mejorar el efecto del semen sobre la fertilidad de la hembra (Domínguez *et al.*, 2017). Distintos estudios han comprobado que la cafeína (Yamaguchi *et al.*, 2009; Yamaguchi *et al.*, 2013), oxitocina (Romo-Valdez *et al.*, 2017; Hernández-Caravaca *et al.*, 2017), plasma seminal (natural o sintético) (Jalali *et al.*, 2014; Stančić *et al.*, 2020), y análogos de PGF2 $\alpha$  (Horvat y Bilkei, 2003; Kos y Bilkei, 2004), usados como aditivos en dosis seminales (aplicados juntos o solos, previo a la IA) incrementan los indicadores de fertilidad de la cerda. El presente trabajo tiene como objetivo divulgar las ventajas que tiene la utilización de aditivos seminales, durante el proceso de IA, en la mejora de la fertilidad de la cerda y la eficiencia reproductiva de sementales genéticamente superiores.

## La inseminación artificial en la industria porcina.

El uso de la IA para la cría de cerdos ha sido fundamental para facilitar las mejoras globales en la fertilidad, la genética, el trabajo y la salud de la piara. Actualmente, con más granjas alcanzando las metas establecidas para un alto rendimiento reproductivo, las prioridades cambiaron hacia oportunidades para lograr mayores avances genéticos mediante el uso de menos cantidad de espermatozoides y de inseminaciones, lo que podría mejorar los rendimientos económicos de las granjas (Hernández-Caravaca *et al.*, 2012). Hoy en día, los verracos pueden manejarse para la producción de 20 a 40 dosis tradicionales de IA que contienen de  $2.5 \times 10^9$  a  $3 \times 10^9$  de espermatozoides móviles en 75 a 100 mL de diluyente o de 40 a 60 dosis con  $1.5 \times 10^9$  a  $2 \times 10^9$  de espermatozoides en volúmenes similares o reducidos (Knox, 2016). En la actualidad existen distintos tipos de IA como la intra uterina profunda (IAIUP) que permite reducir las dosis seminales a  $0.15 \times 10^9$  espermatozoides viables por 5 mL de diluyente; en la IA intra uterina (IAIU) se pueden utilizar de  $1 - 1.5 \times 10^9$  células espermáticas viables en un volumen de 26 - 40 mL de diluyente (Hernández-Caravaca *et al.*, 2012), que en conjunto con sustancias como los aditivos o estimulantes que, aun no siendo necesarios para la conservación seminal, mejoran el efecto del semen sobre la fertilidad y/o la prolificidad cuando son aplicados a las dosis seminales en el momento inmediatamente anterior a la inseminación de la hembra (Domínguez *et al.*, 2017).

## Uso de aditivos en dosis seminales para IA.

Los estimulantes espermáticos, conocidos también como potenciadores o aditivos seminales, son un grupo de sustancias que añadidas al semen en el momento previo a la IA de las hembras mejoran la fertilidad y/o la prolificidad. Se pueden clasificar en cuatro categorías: 1) estimulantes de la motilidad espermática como lo son las metilxantinas, entre ellas la cafeína; 2) hormonas para la estabilidad uterotónica como la oxitocina o carbetocina; 3) enzimas como la hialuronidasa (principalmente) y otras como catalasa y tripsina y, 4) sustancias de diversa

naturaleza como extractos bacterianos, leucocitos, albúmina sérica bovina (BSA), detergentes para el control de la viscosidad, carnitina, arginina, calicreína, ácido siálico, ácido para-aminobenzoico., antioxidantes (Vitamina E), etc., los cuales actúan sobre las características intrínsecas del semen (por ejemplo, incrementando la movilidad, favoreciendo la capacitación espermática, etc.), o bien provocando en el organismo de la hembra inseminada reacciones favorables para el éxito fecundante de la inseminación (Domínguez *et al.*, 2017); en tanto que, en una dosis seminal, un diluyente se considera a aquella solución acuosa que permite aumentar el volumen del eyaculado, preservando las características funcionales de los espermatozoides manteniendo un nivel de fertilidad adecuado (Cuenca y Avellaneda, 2017).

## **Importancia del plasma seminal en la fertilidad de la cerda y su uso como aditivo.**

El uso de semen de verraco preservado y diluido extensamente para la IA de cerdas a menudo resulta en tasas de fertilidad más bajas, en comparación con el apareamiento natural (Alm *et al.*, 2006). Además, se ha observado que el plasma seminal (PS) sobreextendido reduce la motilidad progresiva de los espermatozoides y aumenta el número de espermatozoides con acrosoma dañado y/o membrana acrosomal desintegrada (Novak *et al.*, 2010). También se ha demostrado que el PS influye en la capacidad de transporte, supervivencia y fecundación de los espermatozoides en el aparato reproductor femenino (Chutia *et al.*, 2014). La evidencia sugiere que las sustancias bioactivas en el PS juegan un papel activo en los procesos fisiológicos importantes para la función de los espermatozoides *in vitro* e *in vivo*, la fertilización y el desarrollo del embrión en el tracto reproductivo femenino (Nasrin y Calogero, 2012; Okazaki *et al.*, 2012). Al respecto, se ha informado que el PS contiene estrógenos, testosterona, prostaglandinas y sustancias señaladoras de glicoproteínas, incluidas varias citoquinas y factores de crecimiento (Maegawa *et al.* 2002). El PS afecta a importantes mecanismos fisiológicos en el útero para las interacciones entre el embrión y la madre y el establecimiento de una gestación exitosa (Robertson, 2005, 2007; Jalali *et al.*, 2014). El PS inhibe la quimiotaxis de neutrófilos *in vitro* (Li *et al.*, 2012) y protege a los espermatozoides de un entorno uterino inflamado, lo que mejora la fertilidad (Alghamdi *et al.*, 2004). Así, el PS suprime la respuesta inmunitaria del útero contra los antígenos de los espermatozoides (O'leary *et al.*, 2004, 2006). Además, algunos componentes del PS adelantan la ovulación y, por lo tanto, mejoran las posibilidades de una fertilización exitosa (Madej *et al.*, 2013). También, se ha detectado una proteína específica en el PS de verraco que ejerce un fuerte efecto inmunosupresor; esta proteína puede estar involucrada en la protección de los espermatozoides, pero también de los embriones tempranos contra el ataque inmunológico en el tracto reproductivo femenino (Claus, 1990). Las espermadhesinas juegan un papel clave en los procesos mencionados (Kaczmarek *et al.*, 2013). En este sentido, se ha encontrado que los eyaculados con los niveles de proteína más altos en el PS exhibieron las tasas de fertilidad más altas, en comparación con los eyaculados con niveles de proteína más bajos (Mogielnicka-Brzozowska y Kordan, 2011). Se ha sugerido, que la adición de estos compuestos específicos a las dosis de IA, en las que se diluye el PS, puede mejorar la prolificidad (Claus, 1990). Se ha descubierto que la sobredilución del PS en dosis de IA, conduce a una reducción significativa de la fertilidad de los espermatozoides (Apić *et al.*, 2016), lo que indica que el uso de dosis de IA sobrediluidas reducen la fertilidad en cerdas (Alm *et al.*, 2006). Además, el hecho de que la eyaculación es fraccionada disminuye la concentración de componentes bioactivos en el PS, lo que influye en los procesos fisiológicos importantes para el transporte y la función exitosa de los espermatozoides, así como para la fertilización y el desarrollo embrionario exitoso en el tracto reproductivo femenino (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2011; Jalali *et al.*, 2014). Así, en comparación con el apareamiento natural, cuando la eyaculación completa se deposita en el tracto reproductivo femenino, la IA implica el depósito de una dosis de semen diluida, con un número de espermatozoides y una cantidad de PS muy reducidos (Okazaki *et al.*, 2012). Se ha demostrado que la infusión intrauterina de PS natural (Okazaki *et al.*, 2012) o sintético (Dimitrov, 2012), previo a la aplicación de dosis de IA convencional, aumenta la tasa de parto y tamaño de camada en cerdas inseminadas artificialmente. Se ha informado que la IA con semen diluido reduce el tamaño de las camadas, pero el apareamiento adicional con un macho vasectomizado o la administración de semen sin espermatozoides viables (sometido a calor) restaura el tamaño de la camada y mejora la tasa de parto (Mah *et al.*, 1985). Recientemente, Stančić *et al.* (2020) informaron que la infusión intrauterina de PS aumenta la tasa de partos (93.8%) y el tamaño de la camada al nacimiento (12.27 lechones) en comparación con cerdas control (83.33% y

10.48 lechones). La información disponible indica que el PS ya no puede considerarse simplemente como un medio de transporte de esperma, sino que, debe reconocerse como un medio de comunicación entre los tejidos reproductivos masculinos y femeninos y como un agente necesario para el acondicionamiento del tracto femenino para permitir el éxito óptimo de la fecundación (Robertson, 2005).

## **Características de los agonistas de PGF2 $\alpha$**

Muchos estudios han demostrado que la PGF2 $\alpha$  es un importante regulador de la función del cuerpo lúteo (CL), contractibilidad uterina, ovulación e implantación del embrión. A partir de 1979 hay disponibles agonistas de PGF2 $\alpha$ ; algunos son químicamente iguales a la PGF2 $\alpha$  de origen uterino (EMEA, sa) y otros son químicamente iguales a su agonista, el cloprostenol sódico (EMEA, 1997). El cloprostenol existe como D y L-cloprostenol o como DL-cloprostenol. Tanto el DL-cloprostenol como el D-cloprostenol puro se utilizan en productos médicos veterinarios; sin embargo, sólo el isómero D-cloprostenol se une a los receptores de PGF2 $\alpha$  en las células miometriales y del CL bovino, exhibiendo actividad luteolítica; el D-cloprostenol es aproximadamente 10 veces más potente que el DL-cloprostenol (Re *et al.*, 1994). En comparación con dinoprost, el cloprostenol tiene una mayor afinidad por los receptores de PGF2 $\alpha$  (Kimball y Lauderdale, 1976) y una vida media más larga en la circulación, 3 h frente a unos pocos minutos (EMEA, 1997).

## **Uso de agonistas de PGF2 $\alpha$ como aditivos seminales**

La infusión transcervical de agonistas de PGF2 $\alpha$  provoca un aumento intrafolicular en la concentración de PGF2 $\alpha$  y adelanta la ovulación en aproximadamente 12 horas (Ainsworth *et al.*, 1975) e influye en la actividad uterina de cerdas multíparas aumentando considerablemente (de 5 a 6 contracciones/h a 14 contracciones/h) a los pocos minutos de la inseminación (Willenburg *et al.*, 2003). La suplementación de dosis de semen con cloprostenol mejoró las contracciones uterinas (Langendijk *et al.*, 2002). Se ha sugerido que los efectos de la prostaglandina están mediados por su acción sobre el transporte de esperma al oviducto, aunque no se puede ignorar por completo un efecto sobre el momento de la ovulación (Claus, 1990). La inyección de PGF2 $\alpha$  en el momento de la inseminación, o su inclusión en las dosis de semen, mejora la tasa de parto (Peña *et al.*, 2001; Horvat y Bilkei, 2003) y el tamaño de la camada (Kos y Bilkei, 2004).

## **Uso de la cafeína como aditivo en dosis seminales para IA.**

### **Características de la cafeína.**

La cafeína (1,3,7-trimetilxantina) y los otros alcaloides metilxantínicos, como la teobromina (3,7- dimetilxantina) y la teofilina (1,3-dimetilxantina), son derivados del grupo de las xantinas, que a su vez se derivan de las purinas. Se relacionan farmacológicamente con los psicoestimulantes (Pardo *et al.*, 2007). Es conocida por su actividad antagonista sobre los receptores de adenosina en el cerebro (Yamaguchi *et al.*, 2017), potenciando el sistema sensorial focal y construyendo un enfoque y estado de alerta del individuo (Nagata y Urade, 2012). Además de la capacidad de unión de la cafeína a los receptores A1 en el cerebro, tiene una alta afinidad por los receptores de A2A presentes en la superficie de las células inmunes (Ohta y Sitkovsky, 2001); ejerciendo así una acción antiinflamatoria (Alfaro *et al.*, 2017). A diferencia del efecto inhibitor de la adenilciclasa sobre la unión de adenosina a los receptores A1, la unión de la adenosina a los receptores A2A mejora la actividad de la adenilciclasa, por lo que se acumula AMPc intracelular. Para intensificar los niveles de AMPc, la cafeína actúa como fosfodiesterasa (PDE) que conducirá a la acumulación de AMPc en el espacio intracelular y adenosina en el espacio extracelular (Röhrig *et al.*, 2017), el cual bloquea la liberación de citocinas proinflamatorias, teniendo un efecto inmunomodulador.

## **Efecto de la cafeína en la reproducción**

Durante la IA se suelen utilizar dosis con altas concentraciones espermáticas y de diluyente, lo que en muchos casos provoca reflujo; además, posterior a la IA, una gran cantidad de espermatozoides se depositan a través del cuello uterino, lo que causa una respuesta inflamatoria caracterizada por la presencia de leucocitos polimorfonucleares (PMN) en el lumen del útero pocas horas después de la IA (Matthijs, 2003; Yamaguchi *et al.*, 2013).

Los espermatozoides inseminados en el tracto reproductivo disminuyen drásticamente en número, no sólo por el reflujo hacia la vagina, sino también a través de la fagocitosis por las células PMN (Woelders y Matthijs 2001; Yamaguchi *et al.*, 2013). La reducción de la actividad de los PMN aumenta el número de espermatozoides que llegan al sitio de fertilización in vivo y en consecuencia, podría aumentar la fertilidad (o reducir la cantidad espermática necesaria para la IA). Para esto, la adición de cafeína mejora tanto la fertilidad como la tasa de partos después de la IA, mediante la inhibición transitoria de la migración de PMN en el lumen del útero (Yamaguchi *et al.*, 2009; Yamaguchi *et al.*, 2013), disminuyendo la actividad fagocitaria de los PMN (Li *et al.*, 2011). Una inflamación reprimida reduce la actividad de varios jugadores inmunes como macrófagos, células asesinas naturales (también conocidas como NK, del inglés Natural Killer), proliferación de células T y B y producción de anticuerpos (Al Reef y Ghanem, 2018). Matthijs (2003) observó que la adición de Cafeína + CaCl<sub>2</sub> a dosis seminales de cerdo redujo la fagocitosis de espermatozoides por parte de las células PMN. Li *et al.* (2011, 2012) observaron en un estudio in vitro que la suplementación de semen con cafeína a dosis de 2 mM disminuyó significativamente la actividad fagocítica y quimiotáctica de los PMN, sugiriendo que su uso como aditivo en dosis seminales pudiera significar efectos beneficiosos en la industria porcina al usarse en la IA para mejorar la fertilidad y disminuir la cantidad espermática necesaria. Yamaguchi *et al.* (2013) confirmaron los resultados de Li *et al.* (2011, 2012), al observar que la adición de 10 mM de cafeína al semen del cerdo (congelado-descongelado), durante 90 minutos, mejoró los porcentajes de motilidad progresiva, rectitud y linealidad del movimiento de los espermatozoides sin causar daño al plasma ni a las membranas acrosómicas, y redujo significativamente el recuento de PMN en el útero en comparación con la ausencia de cafeína, reflejándose en una mejora en la fertilidad.

## **Uso de la oxitocina como aditivo en dosis seminales para IA.**

### **Características de la oxitocina**

La oxitocina es una hormona proteica constituida por nueve aminoácidos. Se produce en los núcleos supraóptico y paraventricular del hipotálamo, en los núcleos magnocelulares y el CL; se libera principalmente (por exocitosis) de la neurohipófisis y terminaciones nerviosas; mejor conocida por su participación en la lactancia y el trabajo de parto (López-Ramírez *et al.*, 2014). En cerdos, una de las cualidades principales atribuidas a esta hormona es facilitar la contractibilidad del miometrio estimulando la actividad uterina de cerdas en celo (Langendijk *et al.*, 2003). En consecuencia, la oxitocina se usa a veces como un aditivo en las dosis seminales de IA para acelerar la progresión del semen hacia el útero para una mejor colonización del reservorio útero-tubárico (Okazaki *et al.*, 2013).

### **Efecto de la oxitocina en la reproducción**

A lo largo de los años se han probado diferentes enfoques para mejorar la eficiencia de la IA cervical. Una de ellas ha sido la adición de sustancias como la oxitocina a las dosis seminales justo antes de la IA, lo que ha demostrado reducir el problema de la estacionalidad en la reproducción porcina, al aumentar las tasas de concepción (Romo-Valdez *et al.*, 2017) y el tamaño de la camada (Hernández-Caravaca *et al.*, 2017). Su importancia en la reproducción es debida a la participación que tiene en la contracción del músculo liso durante la cópula. El apareamiento natural estimula al hipotálamo y a los receptores de oxitocina mediante el movimiento del pene dentro de la

vagina y cérvix (Duziński *et al.*, 2014), lo que conduce a síntesis y liberación de oxitocina al torrente circulatorio, estimulando la contracción del músculo liso. Esta hormona se ha relacionado con el reflejo de monta, fertilización y contracción del músculo liso del miometrio durante la cópula, entendiéndose que esta hormona peptídica está involucrada en el transporte del esperma, al afectar el movimiento de los espermatozoides en el tracto reproductivo de las cerdas, lo que les permite alcanzar el objetivo más rápidamente (oviducto) y evitar la fagocitosis por parte de los leucocitos PMN (Clough *et al.*, 2006; Duziński *et al.*, 2014). Peña *et al.* (1998) informaron que al agregar 4 UI de oxitocina al semen fresco diluido, justo antes de la IA en cerdas, mejoró su desempeño reproductivo durante los meses de verano. Okazaki *et al.* (2013) demostraron que la adición de oxitocina al semen de cerdo (congelado-descongelado y fresco) no afectó las funciones espermáticas, como la motilidad o el estado del acrosoma, lo que sugiere que dicha hormona actúa sólo sobre las funciones uterinas mejorando significativamente la tasa de concepción. Duziński *et al.* (2014) indicaron que al usar 5 UI de oxitocina, adicionada al semen justo antes de la inseminación, mostró una reacción positiva en la fertilidad de las cerdas; por su parte, Romo-Valdez *et al.* (2017) obtuvieron como resultado un incremento en la tasa de partos al usar dosis seminales reducidas adicionadas con oxitocina, durante la época de verano. Ngula *et al.* (2019) observaron mejoras en la fertilidad y prolificidad de las cerdas inseminadas con dosis adicionadas con 2 UI de oxitocina, 2 mM de cafeína y GnRH.

## Conclusiones

Los aditivos seminales son una herramienta disponible para mejorar los resultados reproductivos y hacer un uso más eficiente del material genético cuando se utiliza la IA. Con su uso es posible reducir el impacto negativo de la IA con dosis seminales sobrediluidas al disminuir la fagocitosis de las células espermáticas, aumentar el tránsito de los espermatozoides a través del tracto reproductivo femenino, así como evitar el reflujo seminal. Además, han permitido mejorar la tasa de parto y el tamaño de la camada; lo anterior, es más evidente en unidades de producción con bajos rendimientos reproductivos, especialmente en cerdas criadas bajo condiciones medioambientales con altas temperaturas o durante el verano-otoño.

## Referencias bibliográficas

- Ainsworth L, Baker RD, Armstrong DT. 1975. Pre-ovulatory changes in follicular fluid prostaglandin F levels in swine. *Prostaglandins*; 9:915–925.  
[https://doi.org/10.1016/0090-6980\(75\)90079-9](https://doi.org/10.1016/0090-6980(75)90079-9)
- Al Reef T, Ghanem E. 2018. Caffeine: Well-known as psychotropic substance, but little as immunomodulator. *Immunobiology*; 223 (12): 818-825.  
<https://dx.doi.org/10.1016/j.imbio.2018.08.011>
- Alfaro T, Rodrigues D, Tomé Â, Cunha R, Robalo C. 2017. Adenosine A2A receptors are up-regulated and control the activation of human alveolar macrophages. *Pulmonary Pharmacology & Therapeutics*; 45: 90–94.  
<https://dx.doi.org/10.1016/j.pupt.2017.04.009>
- Alghamdi AS, Foster DN, Troedsson MH. 2004. Equine seminal plasma reduces sperm binding to polymorphonuclear neutrophils (PMNs) and improves the fertility of fresh semen inseminated into inflamed uteri. *Reproduction*; 127:593–600. <https://doi.org/10.1530/rep.1.00096>
- Alm K, Peltoniemi TAO, Koskinen E; Andersson M. 2006. Porcine field fertility with two different insemination doses and the effect of sperm morphology. *Reproduction in Domestic Animals*; 41:210-213.  
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2005.00670.x>
- Apić J, Stančić I, Vakanjac S, Radović I, Milovanović A, Barna T, Maletić M. 2016. Influence of the protein content of

- boar seminal plasma on spermatozoa viability, motility and acrosome integrity in diluted semen stored for 3 days. *Animal Reproduction*; 13(1):36-41.  
<https://doi.org/10.4322/1984-3143-AR792>
- Chutia T, Biswas RK, Tamuli MK, Deka BC, Sinha S, Goswami J, Banik S, Kayastha RB. 2014. Effect of holding of semen and washing of seminal plasma on quality and fertility of Hampshire boar semen preserved at liquid state. *Animal Reproduction Science*;145: 141-149. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.01.007>.
- Claus R. 1990. Physiological role of seminal components in the reproductive tract of the female pig. *Journal of Reproduction and Fertility*; Suppl. 40: 117-131.  
<https://www.bioscioproceedings.org/bp/0013/pdf/bp0013cpr9.pdf>
- Clough C, Campbell M, Matson T. 2006. The effect of inclusion of oxytocin in semen extender on spermatozoa motility. *Animal of Reproduction Science*; 94:132-134.  
<https://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.03.035>
- Cuenca M, Avellaneda J. 2017. Diluyentes utilizados en inseminación artificial porcina REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*; 18 (9):1-11.  
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63653009012.pdf>
- Dimitrov S. 2012. Postcervical artificial insemination of sows in combination with synthetic seminal plasma (Predil MR-A®). *Savremenapoljoprivreda/Contemporaryagriculture*; 61:169-174.  
<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=RS201300002>
- Domínguez FJ, Ngula J, Tejedor SI, Alegre GB, Martínez PF, Alonso VM, González MR, Gómez SC. 2017. Estimulantes espermáticos en la inseminación artificial porcina. *Cría y Salud, Revista de Medicina Veterinaria*; 13 (66): 1-16.  
<https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/estimulantes-espermaticos-inseminacion-artificial-t42303.htm>
- Duziński K, Knecht D, Środoń S. 2014. The use of oxytocin in liquid semen doses to reduce seasonal fluctuations in the reproductive performance of sows and improve litter parameters- A 2-year study. *Theriogenology*; 81(6): 780-786.  
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.01.003>
- EMA. The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products. Dinoprosttromethamine report. [https://www.ema.europa.eu/en/documents/mrl-report/dinoprost-tromethamine-summary-report-committee-veterinary-medicinal-products\\_en.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/mrl-report/dinoprost-tromethamine-summary-report-committee-veterinary-medicinal-products_en.pdf)
- EMA. The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products. 1997. Cloprostenol and R-cloprostenol summary report.  
[https://www.ema.europa.eu/en/documents/mrl-report/cloprostenol-r-cloprostenol-summary-report-1-committee-veterinary-medicinal-products\\_en.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/mrl-report/cloprostenol-r-cloprostenol-summary-report-1-committee-veterinary-medicinal-products_en.pdf)
- Hernández-Caravaca I, Izquierdo-Rico MJ, Matás C, Carvajal JA, Vieira L, Abril D, García-Vázquez FA. 2012. Reproductive performance and backflow study in cervical and post-cervical artificial insemination in sows. *Animal Reproduction Science*; 136(1-2): 14-22.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.10.007>
- Hernández-Caravaca I, Llamas-López PJ, Izquierdo-Rico MJ, Soriano-Úbeda C, Matás C, Gardón JC, García-Vázquez FA. 2017. Optimization of post-cervical artificial insemination in gilts: Effect of cervical relaxation procedures and catheter type. *Theriogenology*; 90:147-152. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016>

- Horvat G, Bilkei G. 2003. Exogenous prostaglandin F2a at the time of ovulation improves reproductive efficiency in repeat breeder sows. *Theriogenology*; 59:1479 – 1484. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(02\)01187-1](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(02)01187-1)
- Jalali MB, Kitewska A, Wasielek M, Bodek G, Bogacki M. 2014. Effects of Seminal Plasma and the Presence of a Conceptus on Regulation of Lymphocyte-Cytokine Network in Porcine Endometrium. *Molecular Reproduction and Development*; 81:270-281. <https://doi.org/10.1002/mrd.22297>.
- Kaczmarek MM, Krawczynski K, Filant J. 2013. Seminal plasma affects prostaglandin synthesis and angiogenesis in the porcine uterus. *Biology of Reproduction*; 88(3): 72, 1-11. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.112.103564>
- Kimball FA, Lauderdale JW. 1976. Comparison of luteolytic effectiveness of several prostaglandin analogs in heifers and relative binding affinity for bovine luteal prostaglandin binding sites. *Prostaglandins*; 12:985–995. [https://doi.org/10.1016/0090-6980\(76\)90132-5](https://doi.org/10.1016/0090-6980(76)90132-5)
- Knox R. 2016. Artificial Insemination in pig today. *Theriogenology*; 85(1): 83-93. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.07.009>
- Kos M, Bilkei G. 2004. Prostaglandin F2 $\alpha$  supplemented semen improves reproductive performance in artificially inseminated sows. *Animal Reproduction Science*; 80:113–20. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(03\)00135-0](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(03)00135-0)
- Langendijk P, Bouwman EG, Kidson A, Kirkwood RN, Soede NM, Kemp B. 2002. Functions of myometrial activity in sperm transport through the genital tract and fertilisation in sows. *Reproduction*; 123:683–690. <https://doi.org/10.1530/reprod/123.5.683>
- Langendijk P, Bouwman EG, Schams D, Soede NM, Kemp B. 2003. Effects of different sexual stimuli on oxytocin release, uterine activity and receptive behavior in estrous sows. *Theriogenology*; 59(3-4):849–861. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(02\)01157-3](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(02)01157-3)
- Li JC, Yamaguchi S, Kondo Y, Funahashi H. 2011. Caffeine, dibutyryl cyclic-AMP and heparin affect the chemotactic and phagocytotic activities of neutrophils for boar sperm in vitro. *Theriogenology*; 75(7), 1336–1345. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010>
- Li JC, Yamaguchi S, Funahashi H. 2012. Boar seminal plasma or hen's egg yolk decrease the in-vitro chemotactic and phagocytotic activities of neutrophils when co-incubated with boar or bull sperm. *Theriogenology*; 77:73–80. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.07.018>
- López-Ramírez C, Arámbula-Almanza J, Camarena-Pulido E. 2014. Oxitocina, la hormona que todos utilizan y que pocos conocen. Artículo de Revisión, *Ginecología y Obstetricia de México*; 82:472-482. <https://www.medigraphic.com/pdfs/ginobsmex/gom-2014/gom147f.pdf>
- Madej M, Hansen C, Johannisson A, Madej A. 2013. Heparin-binding proteins from boar seminal plasma affecting the release of prostaglandins and interleukin-6 by porcine endometrial and cervical cells and bovine endometrial cells. *Natural Science*; 5:21-30. <https://doi.org/10.4236/ns.2013.57A004>.
- Maegawa M, Kamada M, Irahara M, Yamamoto S, Yoshikawa S, Kasai Y, Ohmoto Y, Gima H, Thaler CJ, Aono T. 2002. A repertoire of cytokines in human seminal plasma. *Journal of Reproductive Immunology*; 54:33–42. [https://doi.org/10.1016/s0165-0378\(01\)00063-8](https://doi.org/10.1016/s0165-0378(01)00063-8).

- Mah J, Tilton JE, Williams GL, Johnson JN, Marchello MJ. 1985. The effect of repeated mating at short intervals on reproductive performance of gilts. *Journal of Animal Science*; 60:1052–1054. <https://doi.org/10.2527/jas1985.6041052x>
- Matthijs A. 2003. Neutrophil recruitment and phagocytosis of boar spermatozoa after artificial insemination of sows, and the effects of inseminate volume, sperm dose and specific additives in the extender. *Reproduction*; 125(3):357–367. <https://doi.org/10.1530/reprod/125.3.357>
- Mogielnicka-Brzozowska M, Kordan W. 2011. Characteristics of selected seminal plasma proteins and their application in the improvement of the reproductive processes in mammals. *Polish Journal of Veterinary Science*; 14:489-499. <https://doi.org/10.2478/v10181-011-0074-z>
- Nagata G, Urade Y. 2012. Sleep-wake regulation by prostaglandin D2 and adenosine. *Brain and nerve*; 64(6):621-628. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22647469/>
- Nasrin SJ, Calogero S. 2012. Seminal plasma: an essential attribute to spermatozoa. *Journal of Andrology*; 33:536-551. <https://doi.org/10.2164/jandrol.110.012583>.
- Ngula J, Manjarín R, Martínez-Pastor F, Alegre B, Tejedor I, Brown T, Piñán J, Kirkwood RN, Domínguez JC. 2019. A novel semen supplement (SuinFort) improves sow fertility after artificial insemination. *Animal Reproduction Science*; 210: 106193. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106193>
- Novak S, Ruiz-Sanchez A, Dixon TW, Foxcroft GR, Dyck MK. 2010. Seminal plasma proteins as potential markers of relative fertility in boars. *Journal of Andrology*; 31(2):188-200. <https://doi.org/10.2164/jandrol.109.007583>
- O'leary S, Jasper JM, Robertson AS, Armstrong TD. 2006. Seminal plasma regulates ovarian progesterone production, leukocyte recruitment and follicular cell responses in the pig. *Reproduction*; 132: 147- 158. <https://doi.org/10.1530/rep.1.01119>
- O'leary S, Jasper JM, Warnes MG, Armstrong TD, Robertson AS. 2004. Seminal plasma regulates endometrial cytokine expression, leukocyte recruitment and embryo development in the pig. *Reproduction*; 128:237-247. <https://doi.org/10.1530/rep.1.00160>.
- Ohta A, Sitkovsky M. 2001. Role of G-protein-coupled adenosine receptors in down regulation of inflammation and protection from tissue damage. *Nature*; 414(6866):916–920. <https://doi.org/10.1038/414916a>
- Okazaki T, Ikoma E, Tinen T, Akiyoshi T, Mori M, Teshima H. 2013. Addition of oxytocin to semen extender improves both sperm transport to the oviduct and conception rates in pigs following AI. *Animal Science Journal*; 85(1): 8–14. <https://doi.org/10.1111/asj.12089>
- Okazaki T, Akiyoshi T, Kan M, Mori M, Teshima H, Shimada M. 2012. Artificial insemination with seminal plasma improves the reproductive performance of frozen-thawed boar epididymal spermatozoa. *Journal of Andrology*; 33:990-998. <https://doi.org/10.2164/jandrol.111.015115>.
- Pardo R, Álvarez Y, Barral D, Farré M. 2007. Cafeína: un nutriente, un fármaco, o una droga de abuso. *Adicciones*; 19(3):225-238. <https://www.redalyc.org/pdf/2891/289122084002.pdf>

- Peña FJ, Domínguez JC, Carbajo M, Anel L, Alegre B. 1998. Treatment of swine summer infertility syndrome by means of oxytocin under field conditions. *Theriogenology*; 49(4): 829–836. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(98\)00032-6](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(98)00032-6)
- Peña FJ, Gil MC, Peña F. 2001. Effect of vulvomucosal injection of D-cloprostenol at weaning and at insemination on reproductive performances of sow during the low fertility summer season under field condition. *Animal Reproduction Science*;68:77– 83.  
[https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(01\)00134-8](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(01)00134-8)
- Re G, Badino P, Novelli A, Vallisneria A, Girard C. 1994. Specific binding of DL-cloprostenol and D-cloprostenol to PGF<sub>2</sub>α receptors in bovine corpus luteum and myometrial cell membranes. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*;17 (6):455– 458.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2885.1994.tb00277.x>
- Robertson SA. 2005. Seminal plasma and male factor signalling in the female reproductive tract. *Cell and Tissue Research*; 322(1): 43–52.  
<https://doi.org/10.1007/s00441-005-1127-3>
- Robertson SA. 2007. Seminal fluid signaling in the female reproductive tract: lessons from rodents and pigs. *Journal of Animal Science*; 85(Suppl. 13): E36-E44.  
<https://doi.org/10.2527/jas.2006-578>
- Rodríguez-Martínez H, Kvist U, Libia SJE, Calvete JJ. 2011. Seminal plasma proteins: what role do they play? *American Journal of Reproductive Immunology*; 66:11-22.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0897.2011.01033.x>
- Röhrig T, Liesenfeld D, Richling E. 2017. Identification of a Phosphodiesterase-Inhibiting Fraction from Roasted Coffee (*Coffea arabica*) through Activity-Guided Fractionation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 65(19):3792–3800. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b05613>
- Romo-Valdez J, Romo-Rubio J, Barajas-Cruz R, Güemez-Gaxiola H, Rodríguez-Gaxiola M, Urías-Castro C. 2017. Efecto de la adición de oxitocina al semen en la infertilidad estacional de las cerdas. *Abanico Veterinario*; 7(2), 22-33. <https://doi.org/10.21929/abavet2017.72.21>
- Stančić I, Radović I, Dragin S, Mirkov M, Pihler I, Horvatić MP, Apić J, Zdraveski I. 2020. Influence of transcervical infusion of seminal plasma on the farrowing rate and litter size in artificially inseminated sows. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*; 72(5):1691-1697. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11227>
- Willenburg K, Miller G, Rodriguez-Zas S, Knox R. 2003. Influence of hormone supplementation to extended semen on artificial insemination, uterine contractions, establishment of a sperm reservoir, and fertility in swine. *Journal of Animal Science*; 81(4):821–829.  
<https://doi.org/10.2527/2003.814821x>
- Woelders H, Matthijs A. 2001. Phagocytosis of boar spermatozoa in vitro and in vivo. *Reproduction Supplement*; 58:113–127. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11980184/>
- Yamaguchi M, Saito S, Nishiyama R, Nakamura M, Todoroki K, Toyo'oka T, Ishikawa T. 2017. Caffeine Suppresses the Activation of Hepatic Stellate Cells cAMP-Independently by Antagonizing Adenosine Receptors. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*; 40(5):658–664. <https://doi.org/10.1248/bpb.b16-00947>
- Yamaguchi S, Funahashi H, Murakami T. 2009. Improved Fertility in Gilts and Sows after Artificial Insemination of

Frozen-Thawed Boar Semen by Supplementation of Semen Extender with Caffeine and CaCl<sub>2</sub>. *Journal of Reproduction and Development*; 55(6): 645–649.

<https://doi.org/10.1262/jrd.20238>

Yamaguchi S, Suzuki C, Noguchi M, Kasa S, Mori M, Isozaki Y, Yoshioka K. 2013. Effects of caffeine on sperm characteristics after thawing and inflammatory response in the uterus after artificial insemination with frozen-thawed boar semen. *Theriogenology*; 79(1): 87–93.

<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012>