

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**“FACTORES QUE AFECTAN LA TASA OVULATORIA EN  
CERDAS”**

**POR:  
JOSE ALBERTO PEREZ ANICETO**

**MONOGRAFÍA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**MAYO 2007**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

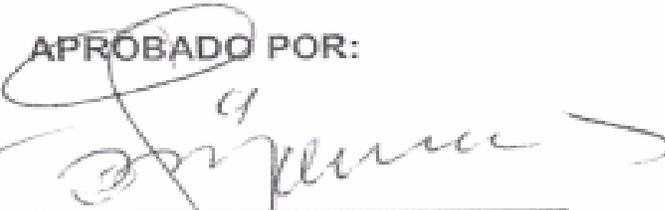
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

“FACTORES QUE AFECTAN LA TASA OVULATORIA EN  
CERDAS”

MONOGRAFÍA QUE PRESENTA EL C. JOSE ALBERTO PEREZ  
ANICETO QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DE LOS  
ASESORES COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADO POR:



---

MVZ. SILVESTRE MORENO ÁVALOS  
ASESOR PRINCIPAL



---

MC. DAVID VILARREAL REYES  
ASESOR



---

MC. JOSE LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELIAS  
COORDINACIÓN DE DIVISIÓN REGIONAL  
DE CIENCIA ANIMAL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

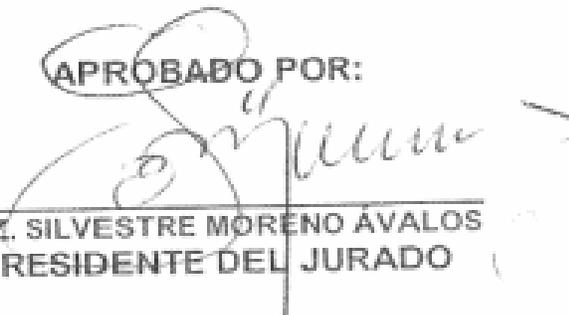
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

“FACTORES QUE AFECTAN LA TASA OVULATORIA EN  
CERDAS”

MONOGRAFÍA QUE PRESENTA EL C. JOSE ALBERTO PEREZ  
ANICETO QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H.  
JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADO POR:

  
MVZ. SILVESTRE MORENO ÁVALOS  
PRESIDENTE DEL JURADO

  
MC. DAVID VILLARREAL REYES  
VOCAL

  
MC. JORGE ITURBIDE RAMÍREZ  
VOCAL

  
MC. MARGARITA Y. MENDOZA RAMOS  
VOCAL SUPLENTE

  
MC. JOSÉ LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELÍAS  
COORDINACIÓN DE DIVISIÓN REGIONAL  
DE CIENCIA ANIMAL

## DEDICATORIAS

### A mis padres

#### **José Pérez y Emma Aniceto.**

De origen humilde, que han superado tiempos difíciles para darnos lo mejor y mantener a su familia siempre unida.

Que me han enseñado la importancia de la educación, del trabajo duro y la dedicación a toda tarea que se decida emprender. Que nos han inculcado algunas reglas sencillas y honradas que rugirán nuestras vidas: sed honestos, sinceros, bondadosos y compasivos.

Me animaron a conocer lugares lejanos, pero también me recordaron que nunca debía olvidarme de la familia, de mis creencias y amigos.

Me enseñaron a ser independiente y a pensar por mi mismo y me apoyaron a conseguir uno de mis objetivos. Y por todo lo que me han dado les estaré eternamente e agradecido.

### A mis hermanos

**Carmen, David, Orlando y Eduardo.** Por que de alguna u otra forma siempre me han apoyado y estado conmigo.

### A mi familia con amor

A **Poly** por todo su apoyo, amor y comprensión en los momentos difíciles que siempre se pasan.

A mi hija **Lizett Adriana** por ser fuente de energía y fuerza de superación permanente.

## AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por darme la oportunidad de existir y darme unos padres tan maravillosos.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** gracias a esta casa de estudios por que en ella pude cumplir uno de mis sueños.

A mis asesores **MVZ. MVZ SILVESTRE MORENO ÁVALOS** y **MC. DAVID VILLARREAL REYES** por todo el tiempo dedicado y por el apoyo que siempre me han brindado.  
Gracias por sus consejos.

A todos mis **PROFESORES** por enseñarme más que sus conocimientos.

Al **JURADO** por su tiempo que es muy valioso.

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	9
OBJETIVOS	10
INTRODUCCIÓN	11
1. ANATOMÍA DEL APARATO REPRODUCTOR DE LA CERDA	12
1.1 Los ovarios	13
1.2 Oviducto	14
1.3 El útero	15
1.4 El cervix	16
1.5 La vagina	17
1.6 Vulva	17
2 CICLO SEXUAL DE LA CERDA	18
2.1 Estro	19
2.1.2 Población folicular	21
2.1.3 Población luteal	21
2.2 Metaestro	23
2.3 Diestro	23
2.3.1 Población folicular	23
2.3.2 Población luteal	24
2.4 Proestro	25
2.4.1 Población folicular	25
2.4.2 Población luteal	26

3 FOLÍCULOGÉNESIS EN LA CERDA	26
	27
4 CRECIMIENTO FOLICULAR EN LA CERDA	
4.1 Reclutamiento folicular	28
4.2 Funcionamiento hormonal durante el ciclo sexual	30
4.2.1 Fase folicular	30
4.2.2 Factores locales que regulan la maduración folicular	32
4.2.3 Pico preovulatorio de LH	34
4.2.4 Fase luteal	35
4.2.5 Mantenimiento del cuerpo lúteo	36
4.2.6 Lúteolisis del cuerpo lúteo	36
	37
5. FACTORES QUE AFECTAN LA TAZA OVULATORIA EN CERDAS	
<b>5.1 Factores externos</b>	38
	38
5.1.1 Efecto de la nutrición sobre la tasa ovulatoria	
5.1.2 Influencia de la restricción de alimento	39
5.1.3 Influencia de la energía y proteína	40
5.1.4 Principales efectos de la nutrición a nivel ovárico	41
5.1.4.1 Influencia de la nutrición en la folículoogénesis	41
5.1.5 Efecto de la temperatura ambiental sobre la tasa ovulatoria	42
5.1.5.1 Efecto de las temperaturas elevadas	43
5.1.6 Estado fisiológico	44
5.1.6.1 Factores Estresantes	44
5.1.6.2 Genéticos	45
5.1.6.3 Ambientales	45
5.1.6.4 Nutricionales, Estrés alimenticio (Corticosteroides)	45

5.1.7 Estrés y Reproducción	45
	46
<b>5.2 Factores internos</b>	
5.2.1 Edad	46
5.2.1.1 Numero de parto	47
5.2.1.2 Efecto macho	48
5.2.2. Raza (prolificidad y tasa ovulatoria)	48
5.2.3 Genética	50
6.Conclusiones	51
7. Bibliografía	52

## RESUMEN

El manejo reproductivo de la cerda es esencial para obtener mejores índices reproductivos y así minimizar los costos de producción. Es por ello que debemos hacer énfasis en tratar de reducir los factores que pueden afectar la tasa ovulatoria para poder obtener camadas mas grandes.

La tasa ovulatoria de la cerda es afectada por varios factores de los cuales son considerados como internos: edad, raza y genética. Y dentro de los factores externos encontramos el medio ambiente, la nutrición, y manejo.

La edad esta asociada con el incremento en el tamaño de la camada esto se debe a una mayor madurez sexual. Se conoce que hay razas mas prolíficas (razas chinas) esto se debe a que tienen un numero mayor de ovulaciones y por lo tanto el numero de folículos reclutados es mas alto y esto es heredable a sus descendientes.

Es evidente que la nutrición juega un papel muy importante sobre la tasa ovulatoria, un déficit en la alimentación de la cerda provoca trastornos en su reproducción. Ya que los que animales con deficiencias no tiene el mismo rendimiento por que utilizan sus reservas para llevar a cabo sus funciones vitales.

Las altas temperaturas y el manejo inadecuado de la cerda provocan estrés, esto nos lleva a que las cerdas disminuyan la ingesta de alimento y por lo tanto se ve afectada la tasa de ovulación.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

El objetivo de este trabajo es conocer los factores que afectan la tasa ovulatoria en la cerda y, así ayudar a que el porcicultor tenga un mejor manejo reproducción y una mayor producción.

### **Objetivo personal**

Buscar las causas que afecten la productividad de la cerda (tasa ovulatoria) la cual se ve afectada por varios factores que podemos evitar.

## INTRODUCCION

Dentro de los muchos e importantes aspectos que hacen a la producción y rentabilidad porcinas, la reproducción constituye uno de los más importantes a ser considerados. Es así que se ha establecido en la actualidad, que la producción eficiente de carne magra para el consumidor, es el objetivo principal de la producción porcina, y que la economía de este sistema depende en gran parte de la eficiencia reproductiva. (Fuentes y col., 2006)

El manejo reproductivo es fundamental para alcanzar índices óptimos, que significan una mejor rentabilidad de la inversión dentro de la moderna explotación porcina. Por tanto, para que la industria sea eficiente es necesario mantener una eficacia productiva mejorando los parámetros reproductivos. (Gonzáles y col, 2002)

Las cerdas con mayor reclutamiento folicular y menor incidencia de atresia presentan mayor tasa de ovulación. (Escobar, 2004) esto no quiere decir que el tamaño de camada va ha ser mas grande ya que existen otros factores que pueden modificar este parámetro. (Gonzáles y col. 2002)

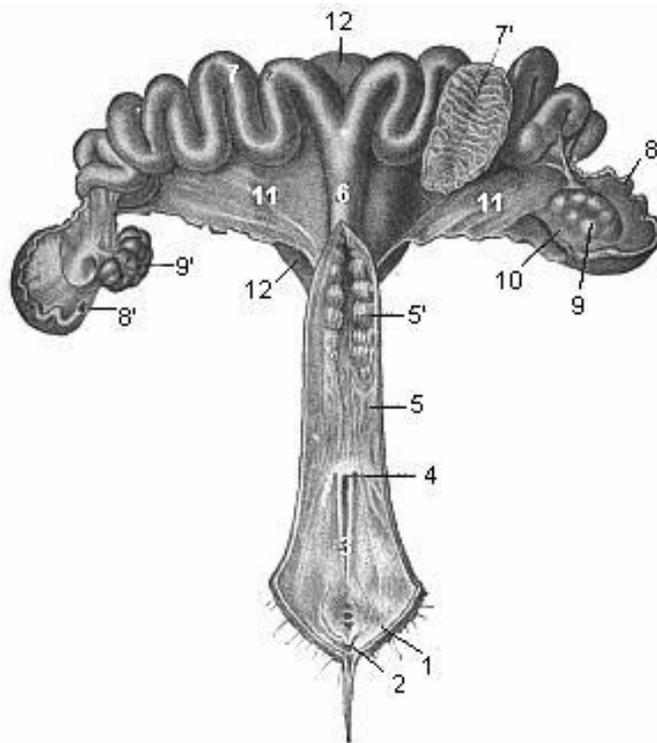
El desempeño reproductivo en la cerda se mide por el número de lechones vivos al nacimiento, total de cerditos destetados, o por el peso al destete de los cerdos producidos por una hembra durante el año. El número de lechones al parto también se considera como un criterio integral del comportamiento reproductivo, pues incluye características de la cerda, como la tasa ovulatoria y el ambiente uterino. Existen factores externos e internos que pueden afectar los índices reproductivos; factores externos pueden mencionarse. El nivel nutricional, la época del año (temperatura ambiental), estado fisiológico. Y los factores internos como la edad, grado de prolificidad que es considerado un carácter racial dentro de cada especie y la herencia (genética). (Gonzáles y col, 2002)

Para cualquier trabajo que se lleve a cabo sobre la fisiología reproductiva de la cerda es fundamental el conocimiento previo de la anatomía y fisiología de su aparato reproductor.

## 1. ANATOMÍA DEL APARATO REPRODUCTOR DE LA CERDA

El aparato reproductor de la hembra se encuentra situado en el interior de la cavidad abdominal, entre el recto y la vejiga urinaria. Desde el punto de vista de la anatomía se puede dividir en 6 regiones: ovarios, oviducto, útero, cérvix, vagina y vulva (figura 1). (Redondo, 2002)

**Figura, 1. Órganos genitales de la cerda vista dorsal**



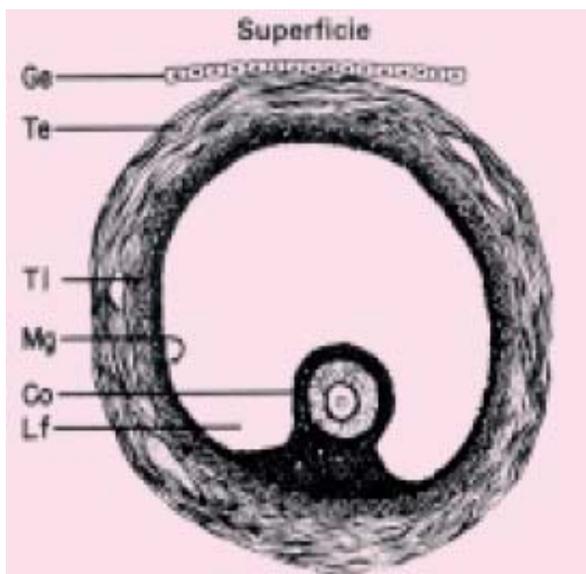
1, labio de la vulva; 2, glande del clitoris; 3, vulva; 4, orificio uretral externo; 5, vagina; 5', cuello del útero; 6, cuerpo del útero; 7, cuernos del útero, uno de los cuales ha sido abierto 7' para mostrar los pliegues de la membrana mucosa; 8, trompa uterina; 8', orificio abdominal de la trompa; 9, 9', ovarios; 10, bolsa ovárica; 11, 11', ligamentos anchos del útero; 12, vejiga urinaria. (del Atlas de Leisering.)

## 1.1 Los ovarios

Los ovarios tienen una doble función: la formación de los gametos femeninos (los óvulos) y la producción de estrógenos.

El ovario está formado por una corteza externa la cual rodea a una zona central denominada médula. La corteza contiene un conjunto de folículos en diferentes fases de desarrollo y células del estroma, mientras que la médula central contiene vasos sanguíneos y linfáticos, nervios y tejido intersticial. El folículo más elemental es el folículo primordial, en su interior está el óvulo rodeado de células epiteliales aplanadas. El folículo primario contiene al óvulo rodeado de células cúbicas. El folículo secundario es más grande, las células que lo rodean están más desarrolladas, se llaman células de la granulosa. El folículo terciario o folículo antral, se encuentra en el epitelio folicular, se forma un espacio que contiene un líquido denominado antro y el conjunto del folículo está rodeado por las células de la teca. Por último está el folículo maduro o de Graaf (figura 2), contiene el óvulo en el centro, las células de la granulosa las cuales se han desplazado a la periferia por el líquido y las células de la teca en la zona más externa. (Redondo, 2002)

**Figura, 2. Estructura de un folículo de Graaf.**



Ge: epitelio germinal

Te: teca externa.

Ti: teca interna.

Mg: capa de células de la granulosa.

Co: complejo cumulus-ovocito.

Lf: líquido folicular.

El cuerpo lúteo se crea tras la ovulación en el espacio que ocupaba el folículo. Es una estructura glandular compacta de color amarillento – anaranjado. Produce una hormona, la progesterona, fundamental para la implantación del embrión y el mantenimiento de la gestación. Si no ha existido fecundación del óvulo, la prostaglandina inicia la lúteolisis del cuerpo lúteo y se transforma en una cicatriz la cual se denomina cuerpo albicas. (Redondo, 2002)

## 1.2 Oviducto

El oviducto conduce los ovocitos desde los ovarios hasta los cuernos uterinos, además, es el lugar donde se produce la fecundación de los óvulos.

Anatómicamente es un cordón (figura 3) que posee tres regiones: el infundíbulo que es la más próxima al ovario, el ámpula, que es la zona más amplia del oviducto y finalmente el istmo, donde se une con el útero.(Redondo, 2002)

**Figura 3. Oviducto**



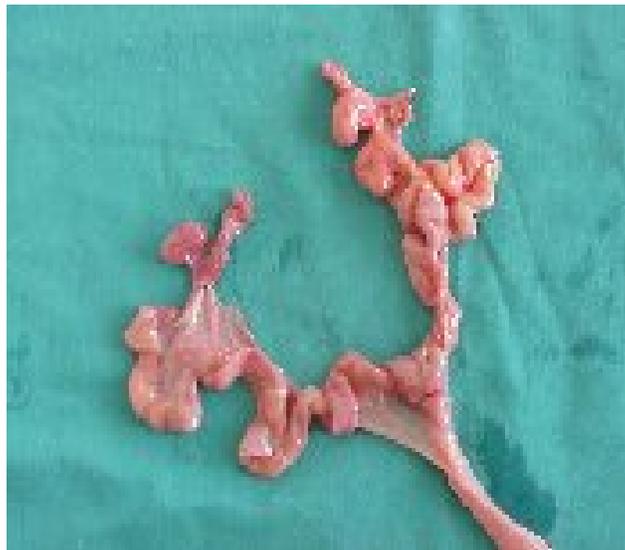
La estructura de un corte microscópico permite distinguir tres capas:

- la película de células más externa es la serosa.
- la parte intermedia es una capa muscular cuya función es facilitar el movimiento del óvulo mediante movimientos peristálticos.
- el interior, la mucosa, está formada por una serie de pliegues cubiertos por un epitelio con dos tipos de células: unas son secretoras, las cuales elaboran un líquido denominado fluido oviductal que proporciona nutrientes al óvulo y el otro tipo de células son las ciliadas no secretoras, que facilitan los movimientos pasivos del ovocito. (Redondo, 2002)

### 1.3 El útero

El útero es aquella parte del aparato genital donde se desarrolla el huevo fecundado (figura 4).

**Figura, 4. Útero**



Desde el punto de vista anatómico se pueden distinguir tres zonas: dos cuernos uterinos, relacionados con cada oviducto, el cuerpo uterino donde se unen los dos cuernos uterinos y, por último, el cérvix o cuello del útero.

La pared del útero está formada por una capa de serosa externa, una capa intermedia de músculo liso (miometrio) y una capa interna mucosa (endometrio), que es la base para que tenga lugar el desarrollo del embrión.

El endometrio al verlo en un corte histológico está formado por un epitelio cilíndrico simple ciliado y el estroma que lo sostiene (la capa inferior) contiene una gran cantidad de glándulas tubulares simples. Durante el desarrollo del ciclo estral estas glándulas sufren cambios cíclicos para poder ofrecer las mejores condiciones para la implantación del cigoto. Los cambios cíclicos se producen en dos fases:

Fase proliferativa: se incrementa el tejido de soporte y las glándulas proliferan para comenzar a secretar en el momento de la ovulación la leche uterina. Esta fase coincide con la fase folicular del ciclo ovárico.

Fase secretora: la liberación de progesterona por el cuerpo lúteo hace que se produzca la liberación de una secreción por parte de las glándulas muy rica en glucógeno que tiene como finalidad servir de sustento nutritivo al cigoto.

El miometrio también modifica su actividad cíclicamente en el ciclo estral, así debido a los estrógenos en la proximidad de la ovulación aumenta su contractibilidad para disminuirla con la liberación de progesterona. Otro papel importante lo cumple en la gestación y el parto, es capaz de distenderse y posteriormente contraerse por la acción de la oxitócina. (Redondo, 2002)

## **1.4 El cérvix**

Es la región del aparato reproductor que constituye el límite del útero con la vagina. Es una estructura con forma de esfínter con pliegues y criptas que tiene

como principal función la de actuar como una barrera separando el útero que es una zona limpia de la vagina. Esta función es esencial para que una gestación se desarrolle sin problemas.

La estructura más destacada son sus anillos que se encuentran apoyados sobre una potente lámina de fibras musculares lisas que permite que se contraiga o se relaje durante el estro para permitir el paso del semen en dirección al útero o la expulsión del feto durante el parto.

En la mucosa existen células secretoras de moco cervical. La cantidad y viscosidad de esta secreción depende del predominio de estrógenos o progesterona durante el ciclo estral. En la fase de estro el moco cervical es muy fluido para facilitar la ascensión de los espermatozoides, pero en cambio una vez que se ha producido la ovulación, debido a la progesterona, se transforma en una secreción muy viscosa. (Redondo, 2002)

## **1.5 La vagina**

Es el órgano copulativo de la hembra, esta situada en la cavidad pélvica, entre el recto y la vejiga urinaria. Mide de 10 a 12 cm. en una cerda de tamaño medio. Es pequeña y tiene una capa muscular gruesa. La mucosa está unida a la capa muscular. (Redondo, 2002)

## **1.6 La vulva (cuadro 1)**

Esta formada por los labios mayores y menores, el integumento de los labios mayores está ricamente poblado por glándulas sebáceas y tubulares. Contiene depósito de grasa, tejido elástico y una capa delgada de músculo liso; en su superficie exterior tienen la misma estructura que la piel externa. Los labios menores tienen un núcleo de tejido conectivo esponjoso. (Redondo, 2002)

**Cuadro 1. Medidas del aparato reproductor de la cerda**

Ovarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pares. Muy lobulado (baya)</li> <li>- Folículos maduros de 7-8mm</li> <li>- Cuerpos lúteos de 12-14mm</li> </ul>
Oviductos o Trompas de falopio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Largos y flexuosos (20cm.)</li> <li>- Conducen ovocito maduro al útero</li> <li>- Partes: infundíbulum, cuerpo e istmo</li> </ul>
Útero	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuerpo: 5cm.</li> <li>- Bicorne de 120 a 150cm.</li> <li>- Cuello de pared gruesa con montículos que ocluyen canal cervical</li> </ul>
Vagina y vulva	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vagina: de 10-12cm. Unión cuello del útero y vagina</li> <li>- Vulva: 7,5cm.</li> </ul>

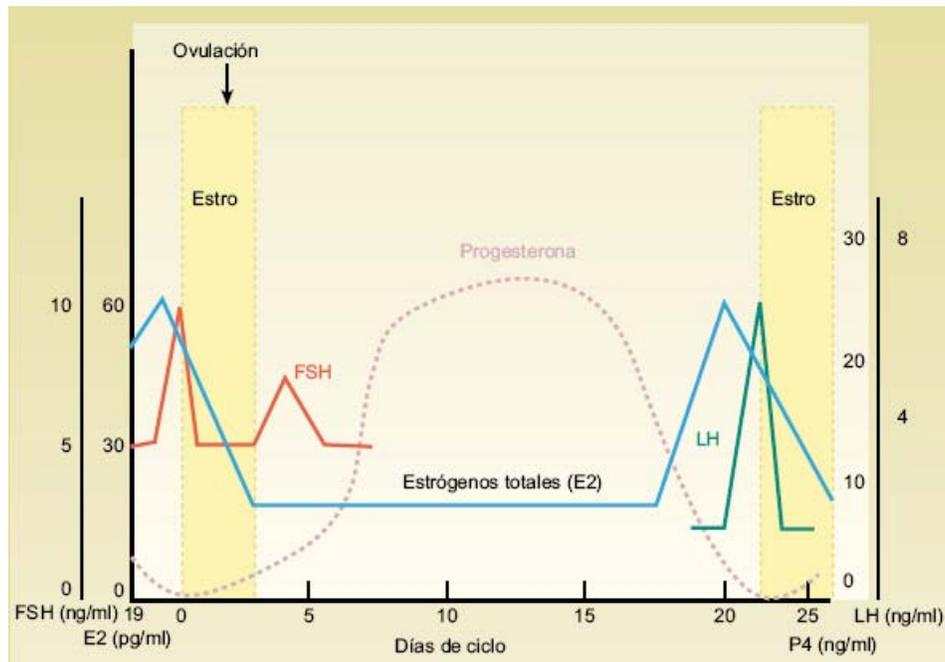
## 2. CICLO SEXUAL DE LA CERDA

LA cerda doméstica es una hembra poliéstrica continua cuyo ciclo sexual se repetirá cada 21 días (18 a 24 días), excepto en épocas improductivas o de anestro. (Brinkley, 1981.)

Al nacimiento, la hembra cuenta con el total de sus folículos primarios aproximadamente de 400.000 a 500.000 en ambos ovarios, y con la capacidad para que se desarrollen hasta la ovulación, a partir de la pubertad, época en que se presenta el primer ciclo estral fértil. Este comienzo de la madurez sexual que ocurre entre los 5 - 7 meses de edad, es el resultado de la interacción de factores internos (genotipo, raza,) y externos (nutrición, salud, medio ambiente, manejo). El

ciclo estral está regulado por diversos cambios en los niveles de las hormonas circulantes provenientes de los ovarios e hipófisis (figura 5). (Wevar, 1998)

**Figura. 5., Concentraciones hormonales en sangre durante el ciclo sexual de la cerda.**



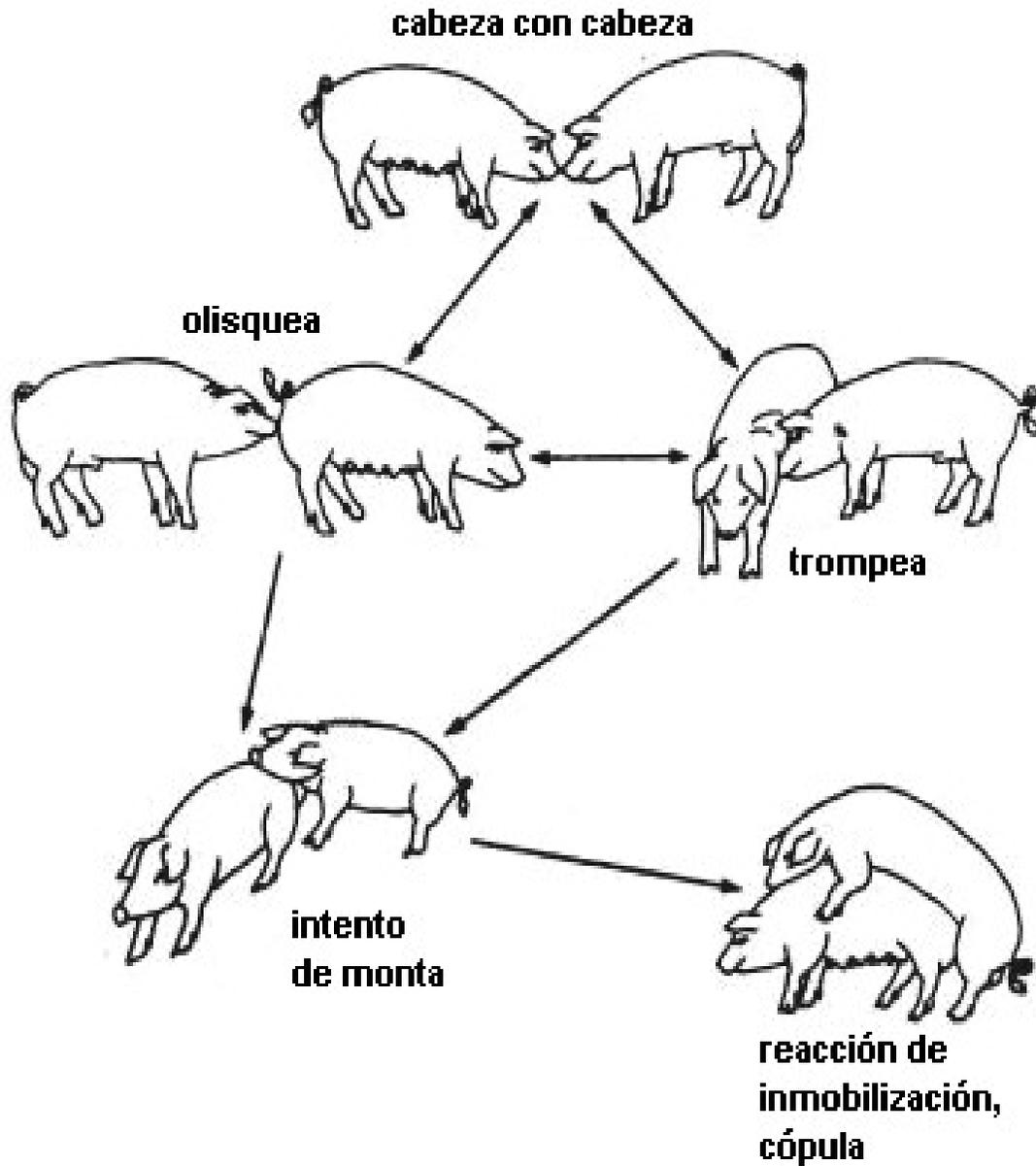
El ciclo sexual de la cerda se divide:

## 2.1 Estro

La cerda manifiesta durante el celo un comportamiento sexual inducido por los estrógenos (cuadro 2) que se caracteriza por una postura rígida, inmóvil, las orejas erguidas, inquieta, sin apetito, emite gruñidos y monta a otras hembras. Los signos externos son edema y enrojecimiento de la vulva y a veces exudado vulvar mucoso y opaco. Además se desencadena el reflejo de inmovilización ante el macho o ante la presión de las mochilas o del cuidador sobre el lomo (figura 6). Es el periodo de aceptación del macho por parte de la hembra, y tiene una duración de dos-tres días en multíparas, aunque en las nulíparas raramente dura más de un

día. La ovulación es espontánea y de carácter múltiple (10-24 folículos), se produce alrededor de 36-44 horas después del inicio del estro y dura aproximadamente 3.8 horas (Hafez, 2000)

**Figura 6. Reflejo de inmovilización de la ceda**

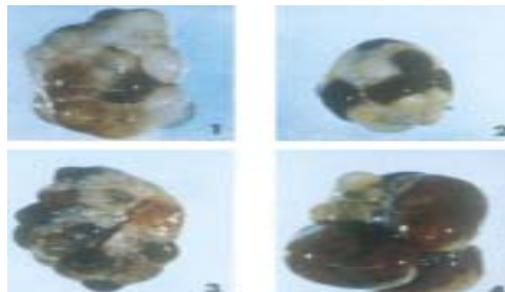


**Etograma del comportamiento sexual del cerdo**

### 2.1.2 Población folicular

Durante la fase de estro se produce el crecimiento folicular terminal hasta los folículos maduros ovulatorios. Varios folículos aparecen prominentes y turgentes sobre el ovario con gran desarrollo de la cavidad folicular, y a simple vista se pueden observar aparentes fusiones foliculares. Los folículos presentan un reticulado vascular fino en la superficie y pueden existir hemorragias intrafoliculares. Su pared es transparente y deja ver un fluido de color pajizo (figura, 7) (Mc Donald 1991). En muchas ocasiones podemos identificar una zona que indica el futuro punto de ovulación (estigma o papila avascular). El tamaño del folículo maduro oscila entre 7mm y 12mm (Falceto, 1992)

**Figura, 7. Cambios cíclicos del ovario durante el estro-metaestro de la cerda**



### 2.1.3 Población luteal

En el ovario de estro existen también cuerpos albicas como restos de los cuerpos lúteos del ciclo anterior que están todavía disminuyendo de tamaño. En el día 3 en el ovario encontramos folículos a punto de ovular y cuerpos rubrum que se están organizando en el coágulo que ha quedado tras la ovulación de los folículos. Los cuerpos *rubrum* o hemorrágicos son pequeños (4-5mm de diámetro) y presentan un aspecto colapsado, forma cónica y color rojo oscuro, y en ellos se aprecia el punto por el que ovuló el folículo. (Falceto, 2005)

**Cuadro 2. Hormonas que regulan el estro**

Hormonas ováricas	Estrógenos 17β estradiol (E2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Secretada por folículos ováricos</li> <li>- Bajos niveles hasta día 10, con máximo el día 17</li> <li>- Secreción paralela al crecimiento folicular</li> <li>- En una primera fase inhibe LH/FSH y más tarde favorecer el pico preovulatorio de LH y otro posterior de FSH.</li> </ul>
	Progesterona (P4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Secretada por cuerpo lúteo</li> <li>- Inhibe GnRH y la fase folicular</li> <li>- Mantiene altos niveles durante la gestación</li> <li>- Si no hay fecundación, la caída de P4 produce un aumento 1º de FSH y posteriormente de estrógenos</li> </ul>
Hormonas uterinas	Prostaglandina PGF2α	- Producida antes del final de la fase luteínica, transportada a través de la vena ovárica, actúa sobre el cuerpo lúteo (luteolisis) días 15-16 del ciclo en hembras no gestantes, iniciando la disminución de la secreción de P4. Si hay fecundación, los estrógenos hacen que la PGF2α se libere dentro del útero, por lo que no alcanza el cuerpo lúteo, no hay luteolisis, se mantienen los niveles de P4 y continúa la gestación.
Hormonas hipofisarias	LH	Secreción pulsátil controlada por GnRH <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pico preovulatorio coincidiendo con caída de la secreción estrogénica</li> <li>- Ovulación, diferenciación de las células foliculares y formación del cuerpo lúteo</li> </ul>
	FSH	Dos picos: uno simultáneo al preovulatorio de LH y el segundo 2 ó 3 días después del estro <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maduración folicular hipofisarias</li> </ul>
	Prolactina	- Máximo tras secreción preovulatoria de LH seguida de 2º pico tras el día 2 del ciclo.

## **2.2 Metaestro**

Esta fase dura alrededor de 7 días momento en que se organiza el cuerpo lúteo y comienza la producción de progesterona. (Fuentes, y col, 2006)

## **2.3 Diestro**

Dura alrededor de 9 días y se produce progesterona y si no ocurre la gestación al final comienza la regresión del cuerpo lúteo disminuyendo el nivel de progesterona circulante en sangre, comenzando la maduración de nuevos folículos y con ello el inicio de un nuevo ciclo. (Fuentes, y col, 2006)

El diestro en la cerda dura hasta el día 16 del ciclo sexual. Los cuerpos luteos tienen una fase progresiva hasta el día 14 y una fase regresiva que solo dura dos días. El peso del cuerpo lúteo aumenta desde 140 mg al formarse el cuerpo rubrum (Falceto, 2005) hasta su máximo peso (350-450 mg) hacia los días 6-8, manteniendo su integridad hasta el día 16 (Hafez, 2000) y descendiendo a 136 mg en el día 18. La concentración de progesterona en el tejido luteal sigue un esquema similar, ya que está en relación con el peso medio de los cuerpos lúteos. El ovario izquierdo es más pesado y tiene mayor número de cuerpos lúteos y albicans que el derecho (Falceto, 2005)

### **2.3.1 Población folicular**

Del día 4 al 14 del ciclo sexual (fase luteal progresiva) En la superficie del ovario existen cerca de 50 folículos (Hafez, 2000), pequeños e intermedios que histológicamente se corresponden tanto con folículos en crecimiento como atrésicos. Entre los días 5 y 7 la atresia aumenta rápidamente desde el 6% al 50%

y se mantiene hasta el día 15, existiendo entonces un equilibrio entre crecimiento y atresia folicular (Falceto 2005). A partir del día 15- 16 del ciclo sexual (fase luteal regresiva), si la hembra no queda preñada, durante los días 13-16 del diestro se produce el reclutamiento de los folículos que van a ovular en el estro siguiente. Los folículos más grandes y los que más estrógenos producen durante la selección son los destinados a ovular, mientras que los más pequeños y los menos activos estrogénicamente se transformaran en atrésicos, de manera que los folículos menores de 4mm comienzan la atresia el día 14 y los folículos mayores de 4mm continúan su crecimiento a ritmo de 1 mm/día hasta el día 19. Se ha comprobado que los folículos seleccionados para la ovulación pueden diferir alrededor de 2mm en su diámetro y muestran marcadas diferencias estructurales y bioquímicas (Grant, y col, 1989)

### **2.3.2 Población luteal**

En el día 3 en el ovario encontramos folículos a punto de ovular y cuerpos rubrum que se están organizando en el coágulo que ha quedado tras la ovulación de los folículos. Los cuerpos *rubrum* o hemorrágicos son pequeños (4-5mm de diámetro) y presentan un aspecto colapsado, forma cónica y color rojo oscuro, y en ellos se aprecia el punto por el que ovuló el folículo.

La tasa de ovulación de una cerda es comúnmente determinada por el número de cuerpos rubrum/lúteos presentes en ambos ovarios. La tasa de ovulación varía según la edad, raza, nutrición y época del año (Falceto, 1992.)

Los cuerpos luteos del día 5 al día 8 crecen y alcanzan 10-15mm y la máxima vascularización. Apartir del día 8 al 14 desaparece el coágulo central, aunque puede quedar algo de líquido hasta el día 18 (Falceto, 2005). En el día 10 se alcanza el máximo peso ovárico y los valores máximos de progesterona en la

determinación hormonal (Gordón. 1997.). El reconocimiento maternal de la gestación se produce en el día 12, manteniéndose los cuerpos lúteos activos durante la gestación y hasta el parto. En caso de que no haya gestación, en la fase luteal regresiva se producirá la lúteolisis de los cuerpos lúteos de forma, irreversible. Durante esta fase el ovario presenta su mínimo tamaño y la lúteolisis es evidente, presentando los cuerpos lúteos un color púrpura pálido y una pérdida de la vascularización (Mc Donald, 1991). A nivel hormonal se produce un descenso rápido de la progesterona hacia los niveles basales.

## **2.4 Proestro**

Esta fase dura 2 días y las hembras comienzan a montarse entre sí, sin aceptar al macho. Comienzan a reflejarse síntomas externos como son enrojecimiento vulvar y secreciones. En algunas hembras esta fase se puede alargar excesivamente hasta por 5 ó 7 días. Internamente se desarrolla el folículo terciario en el ovario, incrementándose la secreción estrogénica e iniciándose la preparación de los órganos tubulares y de la vulva con su tumefacción característica. (Fuentes, y col, 2006)

### **2.4.1 Población folicular**

Se produce la selección y crecimiento folicular rápido durante los días 18-19 de 10- 25 folículos que alcanzan un tamaño de 7-12mm con acumulo de líquido folicular, a la vez que disminuye el número de los folículos intermedios y pequeños (Hafez, 2000).

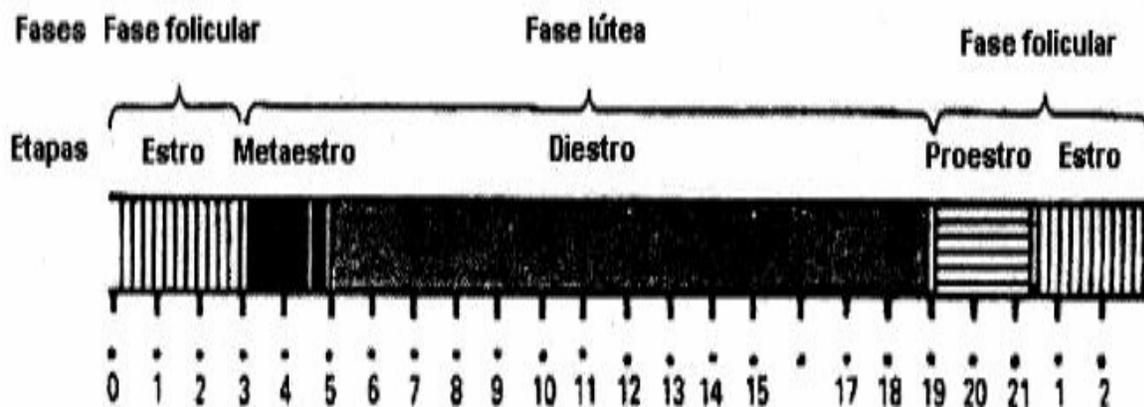
### **2.4.2 Población luteal**

De forma concomitante al crecimiento folicular se produce la regresión de los cuerpos lúteos. Como finalización de un ciclo podemos encontrar en el ovario

varios cuerpos lúteos regresivos de 3-5mm que presentan un color crema amarillento (día 17) o blanco (día 18), que se denominan entonces cuerpos albicans. (Falceto, 2005.)

Podríamos considerar el proestro y el estro como la fase de predominio folicular y el metaestro y el diestro como la fase de predominio luteal del ciclo ovárico (fig. 8). Sin embargo, el metaestro (cambio del predominio de los estrógenos por el de la progesterona). (Mc Donald, 1991)

**Fig.8 fases del ciclo ovárico.**



### 3 FOLÍCULOGÉNESIS EN LA CERDA

El desarrollo folicular es un fenómeno continuo desde el folículo antral hasta que finaliza en una de las dos vías: ovulación o atresia. Dependiendo de las especies, sólo uno o unos pocos folículos de los que comienzan su crecimiento en cada ciclo sexual alcanzan el tamaño preovulatorio y ovulan, la mayoría de los folículos se atresian antes de la ovulación. (Falceto, 2005)

Generalmente, todos estos procesos son controlados directamente por hormonas que son sintetizadas en la hipófisis anterior (FSH, LH, prolactina), así como por factores intrafoliculares (hormonas esteroideas, hormonas peptídicas, prostaglandinas y factores de crecimiento). Además, factores genéticos y nutricionales han sido implicados en la regulación del número de folículos ovulatorios.

Durante las primeras fases del desarrollo folicular el ovario no responde a la secreción de gonadotropinas, a pesar de que el eje hipotálamo-hipofisario-gonadal comienza ya a funcionar en la vida fetal. Esto se debe a que el desarrollo preantral del folículo está sometido a control intraovárico exclusivamente.

Una vez que los folículos adquieren las células de la teca interna y se forma el antro, su desarrollo futuro y maduración depende ya de las gonadotropinas FSH (hormona folículo estimulante) y LH (hormona luteinizante). Estas hormonas llevan a cabo su acción mediante receptores específicos situados en las células de la granulosa y de la teca interna así:

- Las células de la granulosa presentan receptores específicos para la FSH (hormona folículo estimulante). Los receptores para la LH (hormona luteinizante) aparecen en estas células en el curso de la maduración preovulatoria
- Las células de la teca interna presentan receptores específicos para la LH. (Falceto, 2005)

#### **4. CRECIMIENTO FOLICULAR EN LA CERDA**

En la cerda no hay holeadas de crecimiento folicular sino un desarrollo continuo de los folículos antrales hasta la ovulación que se produce al final de la fase folicular.

Los folículos que no llegan a la ovulación sufren atresia durante su desarrollo. (Falceto, 2005)

En la cerda, durante la fase luteal y comienzos de la folicular, existen cerca de 50 folículos que miden 1-6mm (Foxcroft, 1985.) Durante el proestro y el estro, entre 10 y 20 folículos crecen rápidamente alcanzando el tamaño preovulatorio (8 a 11mm), mientras que el número de folículos de pequeño tamaño disminuye (Hafez, 2000) Al final de la fase folicular todos los folículos pertenecen a la categoría de grandes (Grant, y col, 1989.)

Hay crecimiento y atresia de folículos pequeños e intermedios durante la fase luteal hasta el día 14 del ciclo. El reclutamiento se produce entre los días 14 y 16 del ciclo (aumento de prostaglandinas y disminución de la progesterona), de manera que los folículos menores de 4 mm comienzan la atresia el día 14 y los folículos mayores de 4 mm continúan su crecimiento hasta los días 18 y 19, en los que se produce la selección y el crecimiento folicular rápido de los dominantes, finalizando el crecimiento folicular terminal durante los días 20 y 21, justo antes de la ovulación durante el estro del siguiente ciclo. No existen diferencias entre el número de folículos pequeños, medianos, grandes o preovulatorios del ovario izquierdo y del derecho en las distintas fases del ciclo. (Falceto, 1992)

La duración total de la folículo-génesis porcina justo antes de que se produzca la ovulación es de 103 días aproximadamente (Morbeck, 1992).

#### **4.1 Reclutamiento folicular.**

La incidencia de ovulaciones se relaciona con la eficiencia del crecimiento folicular, en otras palabras, con el incremento en el reclutamiento folicular y la

capacidad para mantener su crecimiento (sin sufrir el proceso de atresia) y, por consiguiente, terminar en la ovulación. (Escobar, 2004)

El folículo ovárico se encarga de proporcionarle al ovocito (célula germinal femenina) las condiciones adecuadas para su desarrollo hasta que adquiera la capacidad de unirse al espermatozoide.

Una hembra nace con una cantidad determinada de ovocitos en estado de reposo, en la etapa de diploteno de la profase meiotica. Por ejemplo, en los ovarios de la cerda de 10 días de edad se han encontrado 500 000 ovocitos, los cuales se involucran en el proceso de maduración conforme transcurra la vida reproductiva de la hembra. No todos inician su desarrollo al mismo tiempo, algunos lo hacen mientras que el resto, que constituyen la mayoría, permanecen en estado de reposo. Característica que permite a los mamíferos mantener su capacidad reproductiva durante varios años. (Escobar, 2004)

Los ovocitos en el estado de reposo se encuentran rodeados únicamente por una capa de células de la granulosa aplanadas, lo que constituye el folículo primordial. El folículo primordial abandona la etapa de reposo e inicia su desarrollo por medio de un mecanismo independiente a la acción de las gonadotropinas, donde las células aplanadas se transforman en cúbicas y comienzan a dividirse por mitosis. Además, se inicia la diferenciación de la teca interna, el folículo en esta etapa se conoce como primario. Conforme se lleva a cabo la división de las células de la granulosa se incrementa la cantidad de capas celulares que rodean al ovocito lo que constituye el folículo secundario. Con el incremento de capas de células de la granulosa alrededor del ovocito se empieza a infiltrar líquido entre ellas, hasta la constitución de un antro común; el folículo ahora se conoce como antral. (Escobar, 2004)

La hormona folículo estimulante influye en la formación del antro folicular y en el desarrollo del folículo antral. El crecimiento de los folículos antrales se debe a la proliferación de las células de la granulosa y al incremento del tamaño del antro. En la cerda, el período comprendido entre el folículo primario al antral transcurre durante 84 días, y el crecimiento subsiguiente hasta llevarlo a preovulatorio (10mm de diámetro) se realiza en 19 días. Por lo tanto, la velocidad de crecimiento en los folículos entre 3 y 10mm de diámetro se ha estimado en 1.14 mm/día.(Escobar, 2004)

En la cerda, el reclutamiento folicular, la estimulación de folículos antrales para que continúen con su crecimiento y posteriormente se seleccionen hasta llegar a la ovulación, se presenta entre los días 14 y 16 del ciclo estral o algunos días después del destete;20-23 el día 16 del ciclo, en los ovarios de la cerda se han encontrado de 40 a 50 folículos de 2 a 6mm de diámetro, de los cuales, alrededor del 30 al 40% se seleccionan para que continúen con su crecimiento hasta la maduración final y la ovulación. Los folículos restantes se pierden por medio de un proceso de atresia. Todos los folículos no seleccionados presentan atresia, y como la selección es un proceso continuo, incluso momentos antes de la ovulación, la atresia se puede presentar durante toda la fase folicular. Por lo tanto, la cantidad de folículos que llegan a ovular depende del número de folículos reclutados y de su habilidad para continuar con su crecimiento sin presentar atresia. (Escobar.2004)

## **4.2 Funcionamiento hormonal durante el ciclo sexual.**

### **4.2.1 Fase folicular**

Las células de la capa granulosa del folículo son las encargadas de producir estrógenos y progesterona; las células de la teca producen andrógenos (Conley y col., 1994).

Las hormonas esteroideas más importantes producidas por los folículos son los estrógenos. (Esbenshade y col.1982) observaron un aumento de estradiol desde 6 pg/ml hasta 20 pg/ml entre el día -6 y el -2,5 del ciclo y posteriormente un pico de hasta 44 pg/ml. En los seis días siguientes los valores de estradiol disminuyeron gradualmente hasta alcanzar los niveles basales de 2-4 pg/ml en el segundo día. (Soede, 1994)

Durante la fase folicular inicial la secreción de LH hipofisaria presenta un nivel bajo, mientras que la de FSH es elevada. La FSH aumenta la síntesis de progesterona en las células de la granulosa, mientras que la LH es necesaria para la producción de andrógenos en el tejido tecal, los cuales pasan a las células de la granulosa a través de la membrana basal, donde son transformados bajo la acción de la FSH en 17 B-estradiol. Este fenómeno se denomina *aromatización*. La progesterona y los andrógenos son el sustrato para la síntesis de estrógenos. (Falceto, 2005)

Conley y col, (1994) indican que la teca interna del folículo parece ser el compartimiento principal de esteroidogénesis durante la fase final de maduración del folículo preovulatorio. Las células de la granulosa tienen también receptores para la prolactina, y esta hormona modula la esteroidogénesis de los folículos pequeños y medianos.

Además de la FSH y la LH, la hormona del crecimiento, la insulina y las hormonas tiroideas (T3 y T4), hay muchos factores intrafoliculares implicados en la síntesis de esteroides, tales como el factor de crecimiento insulínico-I (IGF-1), las citoquinas, los neuromediadores y las hormonas peptídicas.

Conforme avanza la fase folicular el aumento de estrógenos (E2) produce una inhibición en el eje hipotálamo-hipofisario (H-h), de forma que se frena la liberación de FSH y LH. Esto conduce a que sólo algunos de los folículos que iniciaron el

crecimiento prosigan su desarrollo. Estos folículos son los destinados a ovular y el resto están condenados a la atresia. (Falceto, 2005)

Existe una caída de los niveles de FSH acompañada por un aumento del 17 B-estradiol (Wilfinger y col., 1973). Esta caída de la FSH ocurre durante la máxima concentración de estradiol y va seguida por el pico preovulatorio de LH y otro posterior de FSH. Así pues, parece ser que los estrógenos, en la fase folicular avanzada, suprimen la concentración de LH y FSH para más tarde favorecer el desencadenamiento de un pico preovulatorio de LH y otro segundo posterior de FSH que se produce hacia el segundo día del ciclo. (Falceto, 2005)

La secreción de FSH durante la fase folicular está controlada predominantemente por el péptido ovárico inhibina, mientras que el factor liberador de gonadotropinas (GnRH) juega un papel menor en la liberación de FSH (Taya y col., 1991). La inhibina, producida en concentraciones crecientes por los folículos en crecimiento, inhibe la secreción de FSH desde la fase folicular temprana hasta la tardía. (Falceto, 2005)

Se han observado dos picos de PRL (prolactina) plasmática durante la fase folicular porcina. El primer pico comienza cuatro o cinco días antes de la aparición del celo, y el segundo comienza aproximadamente un día antes del pico de LH preovulatorio y dura alrededor de tres días. La prolactina puede regular el eje hipotálamo-hipofisario-ovárico al comienzo de la fase luteal. La proteinquinasa C (PKC) y tirosinaquinasa (PTK) son mediadores intracelulares de la prolactina en las células luteales durante el primer día del ciclo sexual (Ciereszco y col. 2002).

#### **4.2.2 Factores locales que regulan la maduración folicular**

Inhibina: factor no esteroideo contenido en el fluido folicular ovárico de muchas especies, incluida la cerda, puede suprimir la secreción de FSH en la hipófisis. La

inhibina es producida por las células de la granulosa. En la cerda, los niveles plasmáticos de inhibina se incrementan durante la fase folicular. Las concentraciones plasmáticas de FSH son inversamente proporcionales a las de inhibina durante este periodo. La concentración de inhibina disminuye con el pico de LH y posteriormente muestra dos picos durante la fase luteal. Esto indica que el cuerpo lúteo, además de las células de la granulosa, es una fuente productora de inhibina.

- Activina: factor de efecto opuesto a la inhibina, que presenta efectos estimuladores sobre la liberación de FSH.
- Folistatina: se trata de un péptido de cadena única, diferente a la inhibina y/o activina presente en el líquido folicular. Al igual que la inhibina, la folistatina puede inhibir la liberación de FSH, pero no la de LH.
- Proteína reguladora del folículo (FRP): esta proteína inhibe la actividad aromatasas de las células de la granulosa y ha sido identificada en el fluido folicular de la cerda y otras especies, pero no inhibe la liberación de FSH. La FRP es secretada por las células de la granulosa de folículos pequeños y medianos. La exposición a cantidades elevadas de FRP conlleva a la supresión de la maduración folicular. Las células de la granulosa de folículos preovulatorios muestran una marcada reducción en la secreción de FRP y la producción de estrógenos. Esto sugiere que, a medida que el folículo se luteiniza, existe un cambio en la secreción de FRP asociado a alteraciones en la esteroidogénesis.

El elevado nivel de FSH intrafolicular disminuye la acción del FRP en las células de la granulosa, lo que permite la aromatización y la producción de estrógenos.

Los folículos que alcanzan la ovulación se suponen que presentaron una exposición temprana a la FSH, por lo que tuvieron baja sensibilidad a la FRP. (Falceto, 2005)

#### **4.2.3 Pico preovulatorio de LH**

El pico preovulatorio de LH induce a la ovulación. Hay un valor basal de 1 ng/ml de LH durante la fase folicular y un gran aumento en el momento del pico preovulatorio, entre 7 y 15 horas después de que el 17-B estradiol alcance su máxima concentración. (Soede y col., 1994)

En la mayoría de las ocasiones el pico de LH se produce horas antes del inicio del celo, aunque hay una gran variabilidad individual, ya que algunas cerdas muestran el pico de LH unas horas después del comienzo del estro.

El pico de LH actúa sobre el folículo produciendo:

- Reanudación de la meiosis del ovocito.
- Luteinización de las células de la granulosa y de la teca, y aumento de concentración de progesterona en el fluido folicular.
- Expansión de los cúmulos.
- Aumento de la concentración de prostaglandinas F y E en el líquido folicular, que conlleva a la rotura de los folículos.

El aumento de la concentración de progesterona (P4) eleva la actividad de las enzimas proteolíticas colagenasa y plasmina y aumenta la flexibilidad de la pared folicular. Este cambio de las características de la pared folicular explica el rápido crecimiento del fluido folicular, que no está relacionado con el aumento de la presión intrafolicular en la cerda. (Falceto, 2005)

#### 4.2.4 Fase luteal

La fase luteal se caracteriza por la secreción de progesterona por los cuerpos lúteos. Esta hormona desempeña dos funciones fundamentales:

- Inducir la proliferación del endometrio, necesaria para la implantación y la supervivencia de los embriones.
- Bloquear el desarrollo de los folículos al impedir que se produzcan las descargas hipofisarias de las hormonas gonadotrópicas FSH y LH.

Las concentraciones de progesterona durante cinco días antes del estro, durante el estro y un día después, permanecen a un nivel bajo ( $< 3$  ng/ml) y empiezan a aumentar sobre el segundo día del ciclo, alcanzando los valores máximos de 25-35 ng/ml. de progesterona en el décimo día, permaneciendo todavía unos días a un nivel alto. A partir del día 14 comienza una rápida disminución y se llega a niveles basales en 48 horas. (Falceto, 2005)

La causa de la refractariedad del cuerpo lúteo porcino a la PGF2alfa podría estar relacionada con una escasez de receptores para la PGF2alfa durante los primeros 12 días del ciclo estral (Gadsby y col., 1990). A partir del decimotercero día se produce un incremento en el número de estos receptores. Para inducir la luteólisis y sincronizar el desarrollo folicular se puede utilizar prostaglandinas por vía intramuscular entre los días 12 y 14 del ciclo sexual (Bertani y col., 2004)

Con la regresión de los cuerpos lúteos cede la supresión de la progesterona sobre la hipófisis, de forma que se inician las descargas de LH y FSH que vuelven a estimular el desarrollo de un nuevo grupo de folículos hacia la maduración la posterior ovulación. (Falceto, 2005)

#### **4.2.5 Mantenimiento del cuerpo lúteo**

Para que la hembra quede preñada debe existir lo que se conoce como reconocimiento maternal de la gestación. Efectivamente, la cerda recibe una señal embrionaria con el fin de evitar la regresión de los cuerpos lúteos de gestación y la consiguiente reanudación del ciclo estral. Para ello, los embriones porcinos secretan estrógenos entre los días 10-15 de gestación, que son esenciales para el establecimiento de la preñez.

Los estrógenos, directa o indirectamente, alteran la secreción de prostaglandinas, pasando éstas de una dirección endocrina (hacia la red sanguínea) a una dirección exocrina (hacia la luz uterina), donde las prostaglandinas quedan secuestradas siendo incapaces de ejercer su efecto luteolítico sobre los cuerpos lúteos.

La cerda necesita mantener el cuerpo lúteo durante toda la gestación debido a que el cuerpo lúteo es el principal lugar de producción de la relaxina, hormona necesaria en el parto. (Falceto., 2005)

#### **4.2.6 Lúteolisis del cuerpo lúteo**

La regresión del cuerpo lúteo está asociada a la presencia del útero. Para que la gestación se mantenga es necesaria la presencia de al menos cuatro embriones y que, además, ocupen los dos cuernos uterinos en un 70% de su superficie. En ausencia de gestación, el principal factor luteolítico es la PGF<sub>2</sub>alfa endometrial que durante los días 12 y 16 del ciclo sexual llega al ovario a través de la vena útero-ovárica y provoca la luteólisis. Durante el proceso de luteólisis en la cerda los cuerpos lúteos son invadidos por macrófagos que producen el factor de necrosis tumoral alfa (TNF). El TNF inhibe la producción de estradiol y, por tanto,

impide su efecto luteotrópico (Wuttke y col., 1998). Por tanto el TNF como la PGF2alfa actúan de forma sinérgica durante el proceso de luteólisis en la cerda y ambos pueden utilizarse para inducir la luteólisis (Pitzel y col, 2000).

La acción de la PGF2alfa para provocar la luteolisis se lleva a cabo mediante la unión a receptores específicos de alta afinidad que están localizados en la membrana plasmática de las células luteales.

La situación cercana de los vasos sanguíneos uterinos y ováricos permite el transporte local (difusión) de la PGF2alfa desde la vena uterina hasta la arteria ovárica (paso contracorriente).

La oxitocina aumenta la secreción de PGF2alfa. Sin embargo, el contenido de oxitocina en el cuerpo lúteo del porcino es mucho menor que el de los rumiantes. Esto indica que la PGF2alfa estimula la liberación de oxitocina desde la hipófisis posterior, así que es posible que exista un lazo de retroalimentación positivo entre el útero y la hipófisis posterior en los cerdos (Kotwika y col., 1990).

## **5. FACTORES QUE AFECTAN LA TAZA OVULATORIA EN CERDAS**

La fertilidad como una de las marcas de productividad y de la potencia reproductiva, significa en la hembra la capacidad de producir una descendencia variable en número adecuado y en un período conveniente. En los machos la buena fertilidad se caracteriza por la habilidad o poder de fecundar el máximo número de hembras. La fertilidad es considerada el aspecto económico más importante en una explotación, pues todas las funciones de los animales están ligadas a su capacidad reproductora. (Fuentes y col, 2006)

Numerosos son los factores que afectan la tasa ovulatoria en la cerda pudiendo considerarse dos grupos de ellos: Externos e Internos.

EXTERNOS.

La nutrición, medio ambiente y estado fisiológico (factores estresantes).

INTERNOS.

Se considera la edad, grado de prolificidad que es considerado un carácter racial dentro de cada especie y la herencia (genética).

## **5.1 Factores externos**

### **5.1.1 Efecto de la nutrición sobre la tasa ovulatoria**

Resulta evidente que la nutrición juega un papel clave en la reproducción de todas las especies animales superiores. En general, las especies han ido ajustando sus ciclos reproductivos a los recursos alimenticios disponibles, y la fisiología animal (especialmente en las hembras) se ha ido adaptando para satisfacer los requerimientos nutricionales relacionados con la reproducción. Así, es común que las hembras tiendan a acumular reservas corporales para suplir la falta de alimento en momentos clave como la lactación; o a ajustar los ciclos reproductivos con la disponibilidad máxima de nutrientes. (Carrión y col, 2002).

Un déficit nutricional puede afectar los parámetros reproductivos de las reproductoras de diferentes formas:

a) retraso de la pubertad

b) retraso de la presentación del celo después de la lactancia (incremento del IDC)

c) descenso de la tasa de ovulación

d) reducción o aumento de la tasa de supervivencia embrionaria por un déficit nutricional previo o posterior a la ovulación, respectivamente. (Quesnel, 1998b).

Estos efectos nutricionales sobre la reproducción están controlados por mecanismos fisiológicos y sustancias reguladoras (hormonas, neuropéptidos) que actúan sobre el eje hipotálamo-hipófisis/útero-ovario.

### **5.1.2 Influencia de la restricción de alimento**

La restricción de alimento reduce el ritmo de pulsos de la LH (Quesnel, 1998a) Cuando se elimina la restricción en cerdas destetadas, el efecto inhibitorio sobre la LH desaparece rápidamente tanto en multíparas como en cerdas primerizas (Quesnel, 1998b.)

Por tanto se puede decir que las respuestas en útero y ovarios en cerdas alimentadas ad libitum después de un periodo de restricción están mediados por un aumento en la secreción de LH (Booth y col, 1996) Este rápido incremento en la secreción de LH como respuesta a la alimentación está relacionada con los cambios de la glucemia e insulinemia. Las respuestas ováricas a las gonadotropinas podrían además estar potenciadas por incrementos en los niveles plasmáticos de glucosa, insulina y IGF-I. (Carrión y col, 2002.) .

Koketsu y col, 1996 realizaron un trabajo sobre el efecto de la restricción energética (H: 16,5 Mcal EM/d; L: 6,5 Mcal EM/ d) en diferentes fases de lactación (semanas 1 a 3). Estos autores observaron que la restricción afectaba al intervalo destete-estro, y que existía una relación positiva entre el consumo energético, la insulina, la frecuencia y amplitud de picos de LH, pero existía un efecto reducido sobre la concentración media de LH. La restricción inhibe los pulsos de GnRH y

por tanto los de LH, pero no interfiere en su síntesis, lo que provoca que las cerdas restringidas sean capaces de liberar más LH ante una inyección de GnRH. (Prunier y col, 1993).

### **5.1. 3 Influencia de la energía y proteína**

Kemp y col, 1995 demostraron el efecto negativo de la restricción energética sobre la secreción de LH con ingesta proteica constante. Asimismo. (Carrión y col, 2002.) Observaron un efecto negativo de la restricción en lisina (a energía constante) en la lactación sobre el desarrollo folicular y la maduración de los oocitos posterior al destete únicamente cuando esta restricción fue muy severa (dieta con 0,4 % lisina), pero no encontraron un efecto positivo en estos parámetros por la extrasuplementación (1,0 vs 1,6 % lisina, respectivamente).

Kemp y col, 1995 observaron que cerdas que consumían dietas isoenergéticas ricas en almidón, aumentaban la frecuencia en los pulsos de LH a los 7 días de lactación (no a 14 ó 21 días), la amplitud del pico preovulatorio de LH tras el destete, y la producción de P4 entre 108 y 256 h después del pico preovulatorio, respecto a cerdas que consumían dietas ricas en grasa.

Cia y col, 1998. Alimentaron a cerdas futuras reproductoras a partir de los 118 días de edad y 58 Kg. de peso vivo con tres tipos de piensos (3,91, 2,60 y 1,30 g de lisina por 3 Mcal de EM). Posteriormente (160 días de vida) se indujo la pubertad utilizando gonadotropina inyectable. Las cerdas que sufrieron una mayor restricción proteica crecían más despacio, acumulaban mayor reserva grasa, depositaban menor cantidad de magro y tenían una menor tasa de ovulación y una mayor tasa de animales que no mostraron celo aparente.

Cameron y col. 1999. Utilizaron durante 84 días dos programas de alimentación para futuras reproductoras en dos fases, uno de ellos utilizando 3,75 y 2,92,

mientras que el otro utilizó 3,49 y 2,09 g de lisina/Mcal EM, y observaron que los animales que recibieron el programa con una mayor concentración de aminoácidos presentaron una mejor tasa de ovulación al tercer ciclo.

Flowers y col, 1989. Observaron que el consumo de 11 Mcal EM/d a partir del día 8 del ciclo con respecto al control (5,4 Mcal EM/d) aumentaba la tasa de ovulación (16 vs 9,4) y la concentración de insulina y de pulsos de LH en los días previos al estro, mientras que la P4 no era modificada por el tratamiento.

El efecto sobre las IGF, las cuales son necesarias para la maduración nuclear de los oocitos (Sirotkin, 2000.) y su producción es inhibida por la restricción alimentaria (Louveau, 2000) Sin embargo, recientes investigaciones indican que existe un efecto de la nutrición directo e independiente de las gonadotropinas en el desarrollo folicular se observan 3 fases de desarrollo folicular: independiente de las gonadotropinas para < 2 mm, FSH y LH dependientes de 2-4 mm y LH dependiente para > 4mm (Driancourt y col, 1995). En cerdas subalimentadas existe un descenso en la secreción de LH que retrasa el desarrollo de folículos > 4 mm, pero los efectos negativos en los folículos menores deben ser producidos por otro mecanismo independiente. Así, (Quesnel, 2000) observaron que en cerdas subalimentadas disminuía la concentración de insulina, leptina y IGF-I, pero no observaron ningún efecto sobre los niveles de LH o FSH. Sin embargo, las cerdas subalimentadas tenían una mayor concentración de folículos entre 1 y 1,9 mm, y menor concentración de folículos menores de 1 mm.

#### **5.1.4 Principales efectos de la nutrición a nivel ovárico**

##### **5.1.4.1 Influencia de la nutrición en la foliculogénesis**

En las primeras fases de desarrollo folicular, un consumo insuficiente durante la lactación provoca un aumento de folículos de entre 0,4-1 mm y un descenso de

folículos de entre 1- 2,9 mm, que son los seleccionados para un mayor desarrollo (Quesnel, 1998) Por tanto, un consumo limitado en lactación provoca un aumento en el intervalo destete-celo o una menor tasa de ovulación.

Estudios in vitro han demostrado que la insulina estimula la captación y utilización de numerosos nutrientes y regula el crecimiento de las células de la granulosa en cerdos (Booth, 1990) además de potenciar los receptores de LH y producción de esteroides. Sin embargo, en estudios in vivo observaron un aumento en la tasa de ovulación con un tratamiento con insulina en las primeras fases de desarrollo folicular (Cox y col, 1987).

### **5.1.5 Efecto de la temperatura ambiental sobre la tasa ovulatoria**

Es importante saber que los mecanismos de termorregulación se basan principalmente en un equilibrio entre el calor interno (calor metabólico) y externo (calor ambiental). Cuando éste se pierde se desatan los mecanismos para mantener la temperatura corporal constante. Cuando se supera la temperatura crítica superior, que en el cerdo es de 30-32 °C, se desencadenan los mecanismos para la eliminación de calor y para la disminución en la producción de calor metabólico. Los efectos de la temperatura pueden actuar tanto aislados como en combinación con otros factores como las lluvias, que al aumentar la humedad ambiente permite una penetración mayor de la temperatura.

El mecanismo principal de pérdida de calor en el cerdo es por evaporación, en segunda instancia por conducción, y en menor medida por radiación y convección. El cerdo posee escaso desarrollo de las glándulas sudoríparas.

Las altas temperaturas ambientales tienen un efecto directo en las cerdas. Altas temperaturas (más de 30-°C) demostraron caída del número de partos, menor tasa

de ovulación, aumento de repeticiones regulares e irregulares, aborto, prolongación del intervalo destete-celo, disminución en: intensidad del celo; tiempo del celo; tamaño de la camada; consumo diario de alimento. Prolongación en la aparición de la pubertad, aumento del % de mortinatos y de momificados, disminución del libido del macho, y aumento del % de espermatozoides anormales, disminución de producción de espermatozoides, aumento de mortalidad embrionaria. (Ambrogi, 2001)

#### **5.1.5.1 Efecto de las temperaturas elevadas**

El calor estimularía al centro hipotalámico de la saciedad, secretando hormonas tiroideas, por lo que se disminuye la ingesta de alimento y el metabolismo basal del organismo. Si a las cerdas se les aumenta la temperatura ambiental (mayor a 27 °C), se producirá una sobrecarga calórica, ya que al calor proveniente del medio ambiente exterior, se suma el calor corporal, desencadenando los mecanismos de estrés. Las altas temperaturas externas, hacen que el cerdo deba aumentar la pérdida de calor a través de una vasodilatación cutánea.

El efecto directo sobre el eje hipotálamo-hipofisiario-ovárico provoca disminución de los niveles de gonadotropinas y LH afectando la aparición de la pubertad, prolongando el período destete celo y la disminución de la tasa ovulatoria. Mientras que los niveles de FSH están aumentados lo que permite un desarrollo de folículos más grandes pero no maduran. Durante el desarrollo folicular normal, se incrementa la producción de estrógenos necesarios para la producción de mucus cervical, desarrollo de las glándulas endometriales, transporte de ovocitos por movimientos de cilios, secreciones y desarrollo de células del oviducto y manifestación del celo. (Ambrogi, 2001)

La exposición continuada de las cerdas a las altas temperaturas ejerce efectos depresivos sobre la actividad reproductiva, entre ellas afecta la tasa de ovulaciones, manifestaciones de anestros; y una baja considerable de la fertilidad medida por el tamaño más pequeño de la camada y por un aumento en el índice de repeticiones. (D' Arce 1970)

Love 1978, ha estudiado mucho la actividad reproductiva de las cerdas en diferentes partes del mundo, concluyendo la llamada infertilidad estacional presente en esta especie tiene relación directa con los factores ambientales y dentro de ellos se le confiere mucha importancia a la temperatura. La infertilidad estacional se presenta con más agudeza en los países subtropicales y tropicales.

Friend 1982, en una experiencia realizada para determinar el comportamiento de la fertilidad en cerdas en distintas edades del destete determinó que cuando el mismo se produce a los 21 días se alcanza una fertilidad del 88% y si se realiza a los 55 días la fertilidad desciende a un 65%.

### **5.1.6 Estado fisiológico**

El estrés (stress) o reacción de alarma, es una respuesta inespecífica de los animales domésticos ante la acción nociva de diversos estímulos del medio, dicha respuesta implica la mediación de hormonas liberadas tanto por la médula adrenal (adrenalina) como por la corteza adrenal (cortisol). (Ramírez. 2005)

#### **5.1.6.1 Factores Estresantes**

Los factores estresantes son numerosos pero se pueden agrupar en tres: genéticos, ambientales y nutricionales.

### **5.1.6.2 Genéticos**

Son las características y el temperamento de la especie explotada.

### **5.1.6.3 Ambientales**

- a) los climáticos como temperatura, humedad, lluvias, radiación solar, alimentos, estación o época del año
- b) Manejo de los animales: los sistemas de producción con animales explotados en libertad, en libertad restringida, confinamiento o estabulación
- c) Las enfermedades, particularmente, los traumatismos severos y las fracturas
- d) Las interacciones entre animales que conviven en grupos, con conductas de dominación y jerarquías entre ellos, con diferencias individuales y experiencias de crianza vividas (Ramírez, 2005)

### **5.1.6.4 Nutricionales, Estrés alimenticio (Corticosteroides)**

Estas hormonas son habitualmente producidas a consecuencia de situaciones de estrés. La concentración de corticosteroides en plasma se ve incrementada por la restricción de alimento (Prunier, y col, 1993). Los corticosteroides disminuyen la respuesta de LH a GnRH exógeno y bloquean el pico preovulatorio de LH (Prunier y Quesnel, 1998). Por tanto, la activación de las glándulas adrenales durante un proceso de restricción alimentaría puede implicar efectos negativos sobre la reproducción de la cerda. En cualquier caso esto se contradice con el hecho contrastado (Close y Cole, 2000) de la inducción a celo en primerizas a través de diversas fuentes de estrés (transporte, mezcla de animales, etc).

### **5.1.7 Estrés y Reproducción.**

La acción estresante tiene un mecanismo interno en el cual intervienen los órganos de los sentidos, la corteza cerebral, el hipotálamo, la glándula hipófisis y

la glándula adrenal; ella genera una respuesta fisiológica (nociva para el organismo cuando es muy intensa o se hace crónica o permanente que incluso puede conducir a la muerte). Esa respuesta se caracteriza por altos niveles de la hormona cortisol en la circulación.

Es así como ante un estímulo estresante, en el hipotálamo se produce la hormona liberadora de corticotrofina (CRH), que llevan un mensaje a la glándula hipófisis ubicada unos centímetros más abajo, la cual, libera la hormona adrenocorticotrofina (ACTH) que actúa en la corteza de la glándula adrenal y esta libera el Cortisol, responsable por una parte del estrés. El cortisol, además de otras sustancias, puede actuar sobre el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas, ovarios y testículos, y alterar su función normal.

La acción estresante puede determinarse mediante la medición de los niveles de cortisol en el plasma sanguíneo. Este mensajero químico puede ejercer una acción inhibitoria a nivel del hipotálamo e hipófisis; también, esa acción inhibitoria la puede ejercer directamente sobre el ovario; de esta manera, el estrés deprime la función ovárica primaria de madurar óvulos así como la secreción de estrógenos. (Ramírez, 2005)

## **5.2 Factores internos**

### **5.2.1 Edad.**

El inicio de la pubertad viene marcado por la actividad del eje hipotálamo-hipófisis con la secreción de hormonas como GnRH, FSH, LH y prolactina así como la capacidad de respuesta del ovario con crecimiento folicular y ovulación, siendo necesario para esta respuesta un desarrollo mínimo del aparato genital. El tamaño del útero aumenta progresivamente con la edad de la cerda y los ciclos sexuales. La actividad de la progesterona sobre el aparato genital ayuda al desarrollo de la

capacidad uterina y al incremento de peso de los ovarios (Rillo, 1997).

La edad está asociada con el incremento en el tamaño de la camada al primer parto como beneficio de una mayor madurez fisiológica. Stefanek 1991, obtuvo que marranas primíparas servidas antes de los 7 meses tuvieron un tamaño de camada de 8.6 y aquellas servidas entre los 7 y 8 meses tuvieron un tamaño de camada de 9.1.

Brooks y Smith, 1980, al evaluar el desempeño reproductivo de dos grupos de marranas primíparas servidas a los 198 o 237 días de edad, determinaron que los animales de mayor edad produjeron en promedio 0.9 cerdos de más por camada que las marranas más jóvenes. Clark y col.1988 observaron que el tamaño de camada se incrementó de 0.017 a 0.012 cerdos/día en marranas primíparas servidas de 180 a 245 días de edad.

#### **5.2.1.1 Numero de parto**

La experiencia reproductiva se correlaciona con la tasa de ovulación; las ovulaciones aumentan con el número de parto hasta la séptima camada o las siguientes. (Hafez, 2000). Las camadas más numerosas se obtienen entre la tercera y sexta gestación. (Pergamino, 2000)

El número de óvulos aumenta con los subsiguientes ciclos estrales pero independientemente de la cantidad de óvulos liberados en cada estro difiere el número de cerdos al nacimiento. El 90% de los óvulos son fertilizados, pero las pérdidas embrionarias son del 30 al 40% ocurriendo el mayor número antes del período de implantación, el resto suelen morir por alteraciones en el proceso de organogénesis, defectos cromosómicos, causas de manejos y procesos infecciosos o patológicos. (González 1993)

### **5.2.1.2 Efecto macho.**

Es uno de los factores más importantes de cara a estimular la aparición de la pubertad en la cerda, así como para mantener su ciclicidad. La saliva del macho contiene una feromona llamada 3 $\alpha$ -androsterol, la cual actúa sobre el eje hipotálamo-hipófisis-ovario, desencadenando un estímulo endocrino que ocasiona un desarrollo de los folículos. (Gordillo, 2003)

### **5.2.2. Raza (prolificidad y tasa ovulatoria).**

La tasa de ovulación se relaciona con la raza (líneas puras o cruza), porcentaje de endogamia. En líneas endogámicas hay un incremento promedio de 1.1 óvulos del primer estro al tercer estro, pero después del cuarto estro pospuberal el incremento es escaso o nulo. (Hafez, 2000). Las razas de cerdas con mayor incidencia de ovulaciones presentan mayor reclutamiento folicular y menor atresia (Miller y col, 1998) a nivel individual, la concentración sanguínea de hormona folículo estimulante es más elevada en las hembras con más ovulaciones. (Knox y col, 2003) Las razas de cerdas más prolíficas presentan mayor incidencia de ovulaciones que las hembras con menor tamaño de la camada (Christenson 1993).

La alta prolificidad de las cerdas chinas del tipo taihu, es una de sus principales ventajas, frente a las cerdas de razas europeas. El tamaño medio de la camada es de 14 lechones nacidos vivos y de 12 destetados después de una lactancia de 60 días manteniendo esta producción hasta el 10° parto. (Runsheng, 1987).

Turquí y col, 1990 encontraron una mayor prolificidad en la raza Meishan, con una superioridad de tres lechones nacidos por camada sobre la Large White o Landrace franceses.

Zhang y col 1983 describen para las razas chinas del tipo taihu, una media de lechones nacidos totales, nacidos vivos y destetados en los dos primeros partos de 13,35, 12.3, 10.8 respectivamente y de 16.55, 14.4, 12.15 en cerdas con tres o mas partos. Los resultados obtenidos en cruces de las razas chinas con las europeas, demuestran una mejora de prolificidad sobre las cerdas europeas puras del 30%, pudiendo conseguirse un aumento de lo productividad de 5 a 7 lechones destetados/cerda/año. (Dobao y col, 1988).

Los experimentos de cruzamientos han revelado que los genes que controlan la prolificidad, están expresados en la madre. Una de las razones para explicar la prolificidad mayor en las cerdas chinas, es la menor mortalidad embrionaria que sucede en los primeros estadios de gestación debido a un ambiente uterino capaz de soportar el crecimiento y desarrollo de muchos embriones, o una mejor calidad y viabilidad de los embriones producidos. (Haley, 1990).

Rombauts y col, 1982 citado por García 1992. Describen un numero de ovulaciones durante los cinco primeros ciclos de 15.9 en la raza Jiaxingng y de 14.7 en la raza Meishan, siendo el mismo numero para la raza francesa Large White con 15.4 y Lamdrace con 13.7.

Estudios realizados en china en las razas del tipo Taihu, encontraron una tasa de ovulación de 15-16 para las cerdas nuliparas (Yun, 1988) lo cual representa una tasa mayor que en el caso de las cerdas europeas (Ashwort, et, al. 1990). Sin embargo en un estudio realizado en Francia no se encuentra diferencia significativa en la tasa de ovulación entre las razas chinas y las europeas. (Legualt y Gruand 1981) (Turquí y col. 1990).

Esta prolificidad mayor con un número similar de ovulaciones, es evidente que es debido a una mortalidad embrionaria menor en las razas chinas. Por este motivo, se propuso que la longitud uterina es el factor determinante de la mortalidad prenatal en los cerdos, y que las diferencias en la capacidad uterina influye sobre la prolificidad (Wu y col. 1987) sin embargo se ha encontrado una tasa de ovulaciones más baja (14.9 vs 16.2 y un útero más corto (199 vs 281 cm.) para las cerdas Meishan que para las cerdas Large White. Habiendo una supervivencia embrionaria mayor en las cerdas Meishan, se asoció con un desarrollo más rápido y uniforme, entre los días 8 y 20 de la gestación, sugiriendo que los factores que regulan el desarrollo embrionario pueden determinar la prolificidad (Bazer y col., 1989)

Turquí y col., 1990. Indican que el tiempo transcurrido desde el principio del estro al momento de la ovulación, es más largo en las razas chinas, habiendo una diferencia de 14 horas por lo que el proceso de ovulación tiene una duración menor. Con respecto a las razas europeas. Por lo tanto esto parece ser un factor importante el hecho de ovular todos los folículos maduros en un corto espacio de tiempo, lo que facilita la uniformidad del desarrollo embrionario.

### **5.2.3 Genética.**

El número de óvulos liberados es heredable, algunos autores le asignan hasta un 45% y la consanguinidad reduce la tasa ovulatoria. (Pergamino, 2000).

## CONCLUSIONES

Dentro de los factores nutricionales que más afectan la tasa de ovulación son:

La energía su restricción inhibe los pulsos de GnRH y por tanto los de LH, pero no interfiere en su síntesis, lo que provoca que las cerdas restringidas sean capaces de liberar más LH ante una inyección de GnRH.

La lisina la restricción severa de este aminoácido tiene un efecto sobre el desarrollo folicular y maduración de los oocitos.

El calor (temperatura ambiental) estimula el centro de la saciedad, secretando hormonas tiroideas, por lo que disminuye la ingesta de alimentos. Además de que tiene un efecto directo sobre el eje hipotálamo-hipófisis-ovario provocando la disminución de los niveles de gonadotropinas y LH lo que provoca que no haya una maduración de los folículos.

La acción estresante puede determinarse mediante la medición de los niveles de cortisol en el plasma sanguíneo. Este mensajero químico puede ejercer una acción inhibitoria a nivel del hipotálamo e hipófisis; también, esa acción inhibitoria la puede ejercer directamente sobre el ovario; de esta manera, el estrés deprime la función ovárica primaria de producir óvulos.

La edad está asociada con el incremento en el tamaño de la camada como beneficio de una mayor madurez fisiológica. La experiencia reproductiva se correlaciona con la tasa de ovulación. Las ovulaciones aumentan con el número de parto.

Las razas de cerdas más prolíficas (razas chinas y Landrace) presentan mayor incidencia de ovulaciones que las demás razas.

## Bibliografía

Ashwoth, L.; Tsang, B. K.; Downey B.R.; Marcus, G.J., 1990, The synthesis and actions of steroids and prostaglandins during follicular maturation in the pig, J. Reprod. Fert. Supl. 40, 137-150.

Ambrogi Arnaldo, 2001, Problemas reproductivos estacionales en sistemas al aire libre en argentina, Universidad Nacional De Rio Cuarto.

Bazer, F. W. Harley, J.P.; Martinat-Botte, F.; Terqui, M.; Dubois, D. H: y Lacroix, M. C., 1989. Secretions of prostaglandins (PG) F2alfa and E2 (PGE) by chinece Meishan (MC) and Large White (LG) gilts. J. Anim. Sci. 67-137.

Bertani GR, Gladney CD, Johnson RK, Pomp D. 2004, Evaluation of gene expression min pigs selected for enhanced reproduction using differential display PCR: II. Anterior pituitary. J. Anim. Sci. 82(1): 32-40.

Brinkley HJ. 1981, Endocrine signaling and female reproduction. Bio. of Reprod. 24: 22.

Booth, P.J., Cosgrove, J.R. y Foxcroft, G.R., 1996, Endocrine and metabolic responses to realimentation in feed-restricted prepubertal gilts: associations among gonadotropins, metabolic hormones, glucose, and uteroovarian development J. Anim.. Sci., 74: 840-848.

Booth, P.J. 1990 Metabolic influences on hypothalamic-pituitary-ovarian function in the pig. J. Reprod. Fert. Suppl. 40: 89-100.,

Brooks PH, Smith DA:, 1980, The effect of mating age on the reproductive performance, food utilisation and liveweight change of the female pig. Pig News and Information. 1: 378.

Cameron, J., Wiseman, J., Web, R. Y Hunter, M.G., 1999, Effect of Protein accretion rate on reproductive function in the gilt between 50kg and 3 estrus., P. Of The B. Soc. Of Anim. Sci.

Carrión D. Medel P., 2002, Interacción nutrición reproducción en ganado porcino, FEDNA, 1-42.

Christenson RK. 1993. Ovulation rate and embryonic survival in Chinese Meishan and White crossbred pigs. J. Anim. Sci. 71: 3060-3066.

Cía, M.C., Edwards, S.A., Glasgow, V.L., Shanks, M. Y Frazer, H.1998 J. Anim. Sci. 66:457-463

Ciereszko R, Opalka M, Kaminska B, Kaminski T, Dusza L., 2002, Prolactin involvement in the regulation of the hypothalamic-pituitary-ovarian axis during the early luteal phase of the porcine estrous cycle. Anim. Reprod. Sci; 69(1-2):99-115.

Clark LK, Lemman AD, Morris R, 1988, Factors influencing litter size in swine: parity-one females. Pig News and Information; 9: 354.

Conley AJ, Howard HJ, Slanger WD, Ford JJ., 1994, Steroidogenesis in the preovulatory porcine follicle. Biol. Reprod; 51(4): 655-61.

Cox, N.M., Stuart, M.J., Althen T. G., Bennett, W.A. Y Miller, H.W. 1987, Enhancement of ovulation rate in gilts by increasing dietary energy and administering insulin during follicular growth. J. Anim. Sci. 64: 507-516.

Driancourt M.A., Locatelli A., Prunier A., 1995, Effects of gonadotropin deprivation on follicular growth in gilts. Reprod. Nutr. Dev; 35, 663-673.

D'Arce, R.D, S.T. Teagues .1970. Efect of shortterm elevated deybeld and duc pointtemperature in the cychingg. Pag. 85.

Dobao, M. T.; Rodríguez, J; Silio, L.; Toro M.A. 1998, Genética de la prolificidad en el cerdo ibérico, Investigación Agraria: producción y sanidad animal, 3, 109-134.

Esbenshade KL., 1982, Changes in plasma hormone concentrations associated with the onset of puberty in the gilt. J. Anim. Sci.; 54; 320.

Escobar Medina F. G, 2004. Tamaño de la camada en la cerda. Veterinaria Zacatecas; 2: 137-146

Falceto M. V., C. Duque, J. Alfonso, M.J., 2005, Variaciones Fisiológicas de la funcionalidad ovárica en la cerda; 11-32.

Flowers, B., Martin, M.J., Cantley, T.C. Y Day, B.N., 1989, Endocrine changes associated whit a dietary-induced increase en ovulation rate (flushing) in gil J. Anim. Sci. 67: 771-778.

Foxcroft GR, Hunter MG.1985. Basic physiology of follicular maturation in the pig. J Reprod. Fert. 33: 1-19.

Friend. D.1982. Rendimiento reproductivo y cárnico de las cerdas cubiertas al comenzarla madurez sexual y mantenidas en un régimen de alimentación restringidas. *Canadian J. Anim. Sci.* 62 (3): 877-885.

Fuentes Maritza, Cintra MSc, Pérez García Liumar, Suárez H.Y, Soca P.M., 2006, Características reproductivas de la cerda. Influencia de algunos factores ambientales y nutricionales, *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*.

Gadsby JE, Balapure AK, Britt JH, Fitz TA., 1990, Prostaglandin F2 $\alpha$  receptors on enzyme dissociated pig luteal cells throughout the estrous cycle. *Endocrinology*; 126: 787-95.

García C. P. 1992. Determinación de la pubertad y niveles plasmáticos de progesterona, estradiolB-17, LH y FSH durante el ciclo estral en la cerda iberica y su cruce con la raza Jiaxing-Black. Tesis doctoral.

González, H. C., Rodríguez A. I., Sieres, P. C., Viera, G. G., Escobar, T. Y. 2002, Influencia del número de partos y la época del año sobre indicadores reproductivos en una unidad porcina, *Rev. Proa. Anim.*; 14 (2), 69-72.

Gordillo M. M., 2003, Manejo de la nulipara en el sistema biohipor Pubertad.

Grant SA, Hunter MG, Foxroft GR. 1997, Morphological and biochemical characteristics during ovarian follicular development in the pigs. *J. Reprod. Fert*; 86: 171-83.

Gordon I. 1997, *Controlled reproduction in pigs*. Cab International, Oxon, UK.

Hanley, S. C. y Lee G.J., 1990., Genetic components of litter size in Meishan and Large White pigs and their crosses, genetics applied to livestock production Edinburgh, 15, 458-461.

Hafez ESA. 2000, Reproducción e inseminación artificial en animales, McGrawHill interamericana.

Kemp, B., Soede, N.M., Helmond, F.A. y Bosch, M.W., 1995, Effects of energy source in the diet on reproductive hormones and insulin during lactation and subsequent estrus in multiparous sows; J. Anim. Sci. 73: 3022-3029.

Koketsu, Y., Dial, G.D., Pettigrew J.E., Marsh, W.E. y King, V.L., 1996, Influence of imposed feed intake patterns during lactation on reproductive performance and on circulating levels of glucose, insulin, and luteinizing hormone in primiparous sows. J. Anim. Sci. 74:1036-1046

Kotwika G, Dusza L, Ciereszko R, Okrasa S, Schams D., 1990, Oxytocin plasma levels during spontaneous and cloprostenol-induced luteolysis in sows. Anim Reprod Sci; 22: 109-19

Miller AT, Picton HM, Craigon J, Hunter MG. 1998. Follicle dynamics and aromatase activity in high-ovulating Meishan sows and in Large-White hybrid contemporaries. Biol Reprod; 58:1372-1378.

Mc Donald LE, Pineda MH. 1991, Endocrinología y reproducción veterinaria. Lea & Febiger.

Morbeck DE, Esbenshade KL, Flowers WL, Britt JH. 1992, Kinetics of follicle growth in the prepuberal gilt. Biol. Reprod. 1992; 47: 485-91.

Mounier, I. y Prunier, A., 2000, Feed restriction in cyclic gilts: gonadotrophin-independent effects on follicular growth. *Reprod. Nut. Develop.* 40: 405-41.

Pergamino, P. A., 2000, Curso de inseminación artificial y transferencia de embriones.

Pitzel L, Ludemann S, Wuttke W., 2000, Secretion and gene expression of metalloproteinases and gene expression of their inhibitors in porcine corpora lutea at different stages of the luteal phase. *Biol. Reprod.* 62(5): 1121-7.

Prunier, A., Martin. C., Mounier., A.M. y Bonneau, M., 1993, Metabolic and endocrine changes associated with under nutrition in the peripubertal gilt, *J. Anim. Sci.* 71: 1887-1894.

Quesnel, H., Pasquier, A., Mounier., A.M. y Prunier, A., 1998a, Influence of feed restriction during lactation on gonadotropic hormones and ovarian development in primiparous sows, *J Anim. Sci.* 76: 856-863.

Quesnel, H., Pasquier, A., Mounier., A.M. Louveau, I y Prunier, A. 1998B, *Reprod. Nut. Develot*, 38: 261-274.

Quesnel, H. y Prunier, A., 2000, Feed restriction in cyclic gilts: gonadotrophin-independent effects on follicular growth ; *Reproduction Nutrition Development.* 40: 237-245

Ramírez I.L.2005. El estrés y la depresión sexual y reproductiva en producción animal., *Mundo Pecuario*,; 1 (3), 55-57.

Redondo Cardeña P. A., Fernandez C. I., 2002., Aparato reproductor de la hembra., INEA.

Rillo M, S., De Alba, C., Pedrazuela, R., García Artiga, C., Ziecik, A. 1997. Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Vienna, Austria, 25-28.

Runsheng, C., 1987, Development of the Sajiang White breed of pig. Pig New Sand Information, 8, 309-313.

Sirotkin, A.V., Dukesova, J., Makarevich, A.V., Kubek, A. y Bulla, J., 2000, Evidence that growth factors IGF-I, IGF-II and EGF can stimulate nuclear maturation of porcine oocytes via intracellular protein kinase A, ; Reprod Nut Develop. 40: 559-569.

Soede NM, Helmond FA, Kemp B., 1994, Perioovulatory profiles of oestradiol, LH and progesterone in relation to oestrus and embryo mortality in multiparous sows using transrectal ultrasonography to detect ovulation. J. Reprod Fertil; 101(3): 633-41.

Stefanek V., 1991, The effect of the development and age of gilts on the size of their first litters. Pig News and Information; 12: 187.

Taya K, Kaneko H, Watanabe G, Sasamoto S., 1991, Inhibin and secretion of FSH inn oestrous cycle of cows and pigs. J. Reprod. Fert. 43: 151-62.

Wevar V., Claudio A., 1998, Reproducción en el cerdo, Fac. Agro. Y Veterinaria.

Wilfinger WN, Brinkley HJ, Young, EP., 1973, Plasma LH in the estrous cycle of the pig. J. Anim. Sci. 37: 333

Wu, M.C.; Hentzel, M.D. y Dziuk, P.J. 1987, Relationship between uterine length and number of fetuses and prenatal mortality in pigs. *J. Anim. Sci*, 65, 762-770.

Wuttke W, Spiess S, Knoke I, Pitzel L, Leonhardt S, Jarry H., 1998, Synergistic effects of prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  and tumor necrosis factor to induce luteolysis in the pig. *Biol Reprod*; 58(5): 1310-5.

Yun, W. L., 1998, Pig breeds in china, *Pig News and Information*, 9, 409-423.

Zhang, W. C. Wu, J. S. and Rampel W. E. 1983. Some performance characteristics of prolific breeds of pigs in china. *Livestock Production Science*, 10, 59-68.