

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**“CICLO ESTRAL DE LA GATA”.**

**MONOGRAFIA**

**POR**

**JOSÉ DE JESÚS NEGRETE JIMÉNEZ**

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

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA**

**DICIEMBRE DE 2007**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**“CICLO ESTRAL DE LA GATA”.**

**MONOGRAFIA**

POR

**JOSÉ DE JESÚS NEGRETE JIMÉNEZ**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

ASESOR:

**M.V.Z. CARLOS RAÚL RASCÓN DÍAZ**

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**“CICLO ESTRAL DE LA GATA”.**

**MONOGRAFIA**

**APROBADO POR EL COMITÉ DE MONOGRAFÍA**

**PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**M.V.Z. CARLOS RAÚL RASCÓN DÍAZ**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE  
CIENCIA ANIMAL**

---

**M.C. JOSÉ LUIS FCO. SANDOVAL ELÍAS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**“CICLO ESTRAL DE LA GATA”.**

---

**M.V.Z. CARLOS RAÚL RASCÓN DÍAZ  
PRESIDENTE**

---

**M.C. JORGE ITURBIDE RAMÍREZ  
VOCAL**

---

**M.C. SEGIO IGNACIO BARRAZA ARAIZA  
VOCAL**

---

**M.V.Z. JESÚS GAETA COVARRUBIAS  
VOCAL SUPLENTE**

# INDICE

I. INTRODUCCION.....	
II. ANATOMIA DEL APARATO REPRODUCTOR DE LA GATA.....	
2.1. Órganos genitales internos de la hembra.....	
2.1.1. Ovarios.....	
a) Capas de la pared del ovario.....	
b) Histología de los ovarios.....	
c) Corteza.....	
d) Medula.....	
2.1.2. Oviductos.....	
2.1.2.1. Funciones del oviducto.....	
2.1.3. Útero.....	
2.1.3.1. Endometrio.....	
2.1.3.2. Miometrio.....	
2.1.3.3. Perimetrio.....	
2.1.3.4. Cérvix.....	
2.1.3.5. Vagina.....	
2.1.4. Órganos genitales externos.....	
2.1.4.1. Vulva.....	
2.1.4.2. Clítoris.....	
2.1.4.3. Uretra femenina.....	
2.1.4.4. Glándulas mamarias.....	
III. ENDOCRINOLOGIA.....	
3.1.1. Hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) .....	
3.1.2. Hormona luteinizante (LH) .....	
3.1.3. Hormona folículo estimulante (FSH).....	

- 3.1.4. Prostaglandina (PgF<sub>2</sub>α) .....
- 3.1.5. Progesterona.....
- 3.1.6. Inhibinas y activinas.....
- 3.1.7. Oxitócina y vasopresina.....

#### IV. FISILOGIA DEL APARATO REPRODUCTOR DE LA HEMBRA.....

- 4.1. Óogenesis.....
- 4.2. Fisiología del ciclo estral.....
  - 4.2.1. Fase folicular.....
  - 4.2.2. Foliculogénesis.....
    - a) Folículos primordiales.....
    - b) Folículos primarios.....
    - c) Folículos secundarios.....
    - d) Folículos terciarios.....
    - e) Folículo maduro o de Graaf.....
    - f) Folículos atresicos.....
  - 4.2.3. Fase lútea.....
    - 4.2.3.1. Cuerpos lúteos en diferente estado de desarrollo o regresión.....
    - 4.2.3.2. Cuerpo blanco.....
- 4.3. Etapas del ciclo estral.....
- 4.4. Ciclo estral de la gata.....
  - 4.4.1. Proestro.....
    - a) Signos clínicos y duración.....
    - b) Cambios hormonales.....
  - 4.4.2. Estro.....
    - a) Estro y fase folicular.....
    - b) Definición de la fase folicular.....
    - c) Ciclos de proestro en comparación con fases foliculares.....
    - d) Conducta de estro y su relación con la fase folicular.....

<b>4.4.3. Conducta del estro.....</b>	.....
a) Promedio.....	.....
b) Efecto del contacto coital en la duración del estro.....	.....
c) Efecto de la personalidad en la inhibición del estro.....	.....
d) Estro prolongado.....	.....
e) Signos clínicos del estro.....	.....
<b>4.4.4. Periodo de inter estro.....</b>	.....
a) Conducta del inter estro.....	.....
<b>4.4.5. Diestro.....</b>	.....
<b>4.4.6. Anestro.....</b>	.....
a) Temporalidad y duración.....	.....
<b>4.5. Fecundación.....</b>	.....
<b>4.6. Mantenimiento de los espermatozoides .....</b>	.....

**V. METODOS DE DIAGNOSTICO.....**

<b>5.1. Métodos de diagnostico de la ovulación .....</b>	.....
<b>5.1.1. Señales fisiológicas.....</b>	.....
<b>5.1.2. Citología vaginal.....</b>	.....

**VI. LITERATURA CITADA.....**

## **I. INTRODUCCION**

Como es sabido una de las áreas de la medicina veterinaria que requiere de manera constante la atención del médico veterinario es la reproducción sobre todo cuando se trata de pequeñas especies; el manejo clínico de los problemas reproductivos en la gata implica la aplicación de una metodología adecuada para poder detectar la causa del problema con el objetivo de lograr una reproducción exitosa sin producir efectos colaterales indeseables.

El gato doméstico está adquiriendo mayor lugar como mascota en las grandes poblaciones urbanas, reemplazando paulatinamente a la tradicional especie canina. Esto es debido, tal vez, a los menores requerimientos de espacio y cuidados que esta especie necesita. En la atención clínica general y muy especialmente en el área de la reproducción es importante conocer las diferencias de estos felinos con otras mascotas, esto obliga al veterinario a capacitarse en la fisiología y patología reproductiva de dicha especie.

## II. ANATOMIA DEL APARATO REPRODUCTOR DE LA GATA

El aparato reproductor femenino está formado por las siguientes estructuras: los ovarios, órganos encargados de producir los óvulos, las trompas uterinas, llamadas también oviductos o tubas uterinas. Que reciben los ovocitos de los ovarios, el útero, estructura en la cual se produce la implantación del óvulo fecundado, la vagina que es tanto el conducto de la copulación como el canal del parto y la vulva, estructura que comunica con el exterior a través de los labios vulvares y que es común al sistema urinario y al reproductor. (2, 19)

Los ovarios (fig.1) se encuentran en la cavidad abdominal, situados caudalmente a los riñones. Son ovoideos y con dimensiones de, aproximadamente, 1 cm de longitud y 0.5 cm de ancho. El ovario derecho se sitúa entre la pared del flanco derecho y el duodeno. El izquierdo se relaciona con el bazo. (3, 10)

Las trompas uterinas son pequeñas y presentan en promedio una longitud de unos 4 a 5 cm. Son estructuras blandas, incluidas en la parte lateral de la bolsa ovárica. En su inicio se sitúan cranealmente al ovario respectivo luego, se hace medial y finalmente se sitúan en la parte caudomedial de la bolsa ovárica. La mesosalpinge es el medio de fijación de ésta estructura y por estar el oviducto, incluido en la bolsa ovárica, la mesosalpinge, también formaría parte de la bolsa ovárica. (2, 10, 22)

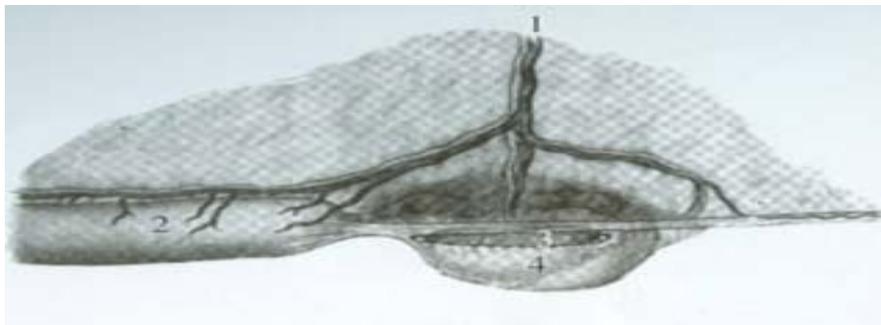


Figura 1. Estructura del aparato reproductor de la hembra: 1-Arteria Ovárica; 2- Cuerno Uterino; 3- Ovario; 4- Abertura de la Bolsa ovárica (Bursa ovárica)

El útero es corto y consta de tres partes: cuernos (fig. 1), cuerpo y cuello. (19)

Los cuernos son rectos y tienen un diámetro de 3-4 mm y una longitud de 9-10 cm. Ambos cuernos divergen, formando una especie de V, y se dirigen craneal y dorsalmente para situarse por detrás de los ovarios. Se ubican, casi en su totalidad, en la cavidad abdominal. (2, 19)

El cuerpo uterino es corto y mide alrededor de 2 cm de longitud y se encuentra en la cavidad abdominal, ventral al recto y dorsal a la vejiga urinaria. (19, 22)

El cuello es corto y posee una capa muscular gruesa. Caudalmente, el cuello se proyecta en el interior de la vagina, formando ventralmente una proyección que deja un fondo de saco en la pared vaginal. La mucosa uterina forma pliegues longitudinales espirales. El medio de fijación es el mesometrio, que es peritoneo que se continúa cranealmente con la mesosalpinge y con el mesoovario. (2, 19)

La vagina se extiende entre el cuello uterino y el vestíbulo o seno urogenital. Entre ambas estructuras se encuentra una hendidura, en el piso, a través de la cual la uretra se conecta con el piso vestibular. La mucosa vaginal forma pliegues longitudinales. (2)

El vestíbulo vaginal conecta la vagina y la entrada de la uretra con la abertura genital externa. En esta zona se encuentran las glándulas vestibulares mayores que en la gata son pequeñas (ausentes en la perra) y se ubican en la parte lateral del vestíbulo. Las glándulas vestibulares menores están, a menudo, presentes y sus conductos se abren en el piso vestibular. (2, 10, 24)

La vulva forma parte de los genitales externos y cuyos labios terminan en una prominencia ventral. (2)

El clítoris es el órgano homólogo del pene del macho y reposa en la parte ventral del vestíbulo. (3)

La irrigación (figura 2) para el aparato reproductor femenino procede de la arteria pudenda interna, la que da origen a la arteria urogenital. La arteria uterina es una rama de la arteria urogenital, que se incorpora al mesometrio a nivel del cérvix y se dirige cranealmente, muy próxima al cuerpo uterino, sigue la forma divergente de los cuernos y se anastomosa cranealmente con la arteria ovárica. Las ramas vaginales son otra rama de la arteria urogenital que se anastomosa a través de ramas uretrales con las arterias vesicales caudales y mediante ramas vestibulares con las ramas vestibulares caudales de las arterias urogenitales. (19, 24, 25)

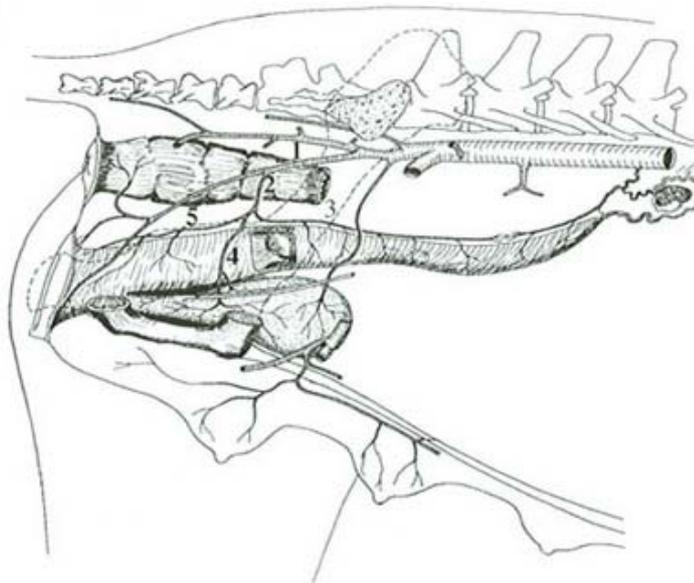


Figura 2. Irrigación del tracto genital femenino. 1- Arteria iliaca interna; 2- Arteria urogenital, 3- Arteria uterina posterior; 4- Arteria vesical.; 5- Arteria vaginal.

Las venas ováricas sólo difieren en que la vena derecha desemboca en la vena cava y la izquierda puede hacerlo directo a la vena renal izquierda, variación de gran significación quirúrgica. (3)

## **2.1. Órganos genitales internos de la hembra.**

### **2.1.1. Ovarios**

Los óvarios permanecen en su posición por un repliegue peritoneal, derivado del ligamento ancho, llamado mesoovario. Este repliegue junto con la trompa uterina y la mesosalpinx forman una bolsa llamada bolsa ovárica (fig. I) que cubre casi en su totalidad al ovario, el que puede exteriorizarse, sólo, a través de una abertura en situación ventrolateral. Además, el ovario es fijado a la extremidad craneal del cuerno uterino por el ligamento ovárico. (26, 27)

#### **a) Capas de la pared del ovario**

Microscópicamente el ovario está formado por dos zonas distintas; la corteza y la médula. La corteza ovárica consta de un epitelio germinal (mesotelial cuboide). Inmediatamente debajo del epitelio germinal en el ovario se localiza un tejido conectivo areolar celular, la túnica albugínea, que tiene aproximadamente 100  $\mu$  de grosor. El tejido conectivo cortical interno es de tipo areolar reticular. La corteza ovárica está cubierta de folículos en distintas etapas de desarrollo, cuerpos lúteos, en diferentes estadios y el tejido conectivo intersticial ovárico. (13, 19, 25)

La médula ovárica zona más interna del ovario, contiene tejido conectivo areolar con distintas fibras de musculatura lisa. Las células musculares lisas se continúan dentro del mesoovario, mesosalpinx y *mesometrium*. En esta zona, se encuentran muchos vasos sanguíneos; grandes vasos linfáticos y nervios. También se localizan, en la médula del ovario, la *rete ovario*, que consta de canales irregulares ciegos cubiertos de un epitelio de tipo cuboide. (13, 25, 27)

## **b) Histología de los ovarios**

El ovario es un órgano parenquimatoso, en la que se puede observar dos porciones: una cortical externa y una medular interna. A la zona cortical o corteza se le denomina también zona parenquimatosa, por la presencia de estructuras funcionales como son: folículos en desarrollo, folículos atresicos, cuerpos hemorrágicos, cuerpos lúteos funcionales, y en regresión. (16, 27)

La zona medular se denomina a su vez zona vascular, ya que en esta región del órgano se encuentran los vasos sanguíneos, nervios y tejidos conjuntivos, así como restos embrionarios de la red ovárica. (27)

## **c) Corteza**

En la corteza se localizan los folículos de diferentes tamaños en función de la fase de desarrollo. Cuando un folículo alcanza su madurez se rompe en la superficie del ovario para dejar libre al ovocito. (18, 19)

## **d) Medula**

Esta región esta constituida por vasos sanguíneos, nervios y vasos linfáticos, los cuales ocupan completamente la porción central del ovario. Entre los vasos principales existe tejido conjuntivo laxo y en ovarios de hembras adultas existen remanentes de folículos, así como lipofusina y macrófagos. El estroma de la medula se continúa con el estroma del mesoovario. (18)

El estroma de la corteza incluye algunos fibroblastos, así como células mesenquimales, las cuales son capaces, bajo el estímulo adecuado, de diferenciarse en células tecas y células intersticiales, ambas con propiedades esteroideogénicas. (18, 29)

## **2.1.2. Oviductos**

Los oviductos presentan un trayecto ondulado. Su longitud es de 4-6 cm y su diámetro de 1-1.5 mm. Durante el período de receptividad sexual adquieren considerable actividad peristáltica. (2)

### **2.1.2.1. Funciones del oviducto**

Los oviductos (llamados también trompas uterinas o trompas de Falopio) son unos conductos sinuosos que, a cada lado, llevan el óvulo de ovario respectivo al cuerno del útero, a la vez que sirven como lugar natural donde dicho óvulo queda fecundado por el espermatozoide. La porción de la trompa adyacente al ovario se despliega en forma de embudo, por cuyo motivo toma el nombre de *infundíbulo*, en forma de fleco, se llama fimbria. Las fimbrias parecen tomar parte activa en la ovulación, por lo menos en la cobertura parcial o total del ovario, para así encausar el óvulo a la abertura abdominal de la trompa uterina. (24, 29)

El tapizado de estos órganos es una mucosa con muchos pliegues, cuya capa de revestimiento es un epitelio cilíndrico ciliado simple. Durante el celo y antes del parto, las células no ciliadas pasan por una fase de actividad secretoria. El resto de la pared de la trompa uterina comprende una submucosa de tejido conectivo, una capa de músculo liso circular y, superficialmente, otra capa conectiva cubierta de peritoneo. Tanto los cilios como músculos colaboran en hacer avanzar los óvulos y probablemente también los espermatozoides. (24, 25, 29)

## **2.1.3. Útero**

El útero es muy corto y tiene cuernos extremadamente largos. El cuerpo mide 2 a 3 cm y los cuernos 12 a 15 cm de largo. Estos cuernos son de diámetro uniforme, casi erectos y asientan totalmente dentro del abdomen. Divergen del cuerpo en forma de V hacia cada riñón. Sus partes caudales están unidas por el

peritoneo. El cuello es muy corto y tiene una capa muscular gruesa. No existen líneas de demarcación entre el útero y la vagina, pero el cuello uterino es mucho más grueso que la vagina. El cuello forma una proyección cilíndrica que asienta en una depresión de la pared vaginal. La membrana mucosa del útero tiene glándulas uterinas grandes y también criptas tubulares cortas. (2, 3)

#### **2.1.3.1. Endometrio**

El endometrio asienta directamente sobre la capa muscular y es de color rojo parduzco, excepto en el cuello, donde es pálida, esta cubierta por una capa simple de células columnares altas y contienen numerosas glándulas uterinas, tubulares ramificadas, estas no se encuentran en el cuello uterino. (3)

#### **2.1.3.2. Miometrio**

El miometrio o capa muscular esencialmente formada por dos estratos, uno externo formado de fibras longitudinales y otro interno formado por fibras circulares. Entre estos dos estratos hay una capa vascular de tejido conectivo, con fibras musculares oblicuas y circulares. (3)

#### **2.1.3.3. Perimetrio**

El perimetrio o capa serosa, en su mayor parte adherida a la capa muscular; se continúa con los ligamentos anchos. (3)

#### **2.1.3.4. Cérvix**

El cérvix o cuello uterino es la parte caudal estrechada que se une con la vagina. Parte de él se proyecta dentro de la cavidad de la vagina y, por tanto, no es visible externamente, pero puede ser palpado a través de la pared vaginal. (3)

### **2.1.3.5. Vagina**

La vagina es relativamente grande, estrecha cranealmente y no se distingue el fórnix. La capa muscular es gruesa y formada, fundamentalmente, por fibras circulares. La mucosa forma pliegues longitudinales. (3)

## **2.1.4. Órganos genitales externos**

### **2.1.4.1. Vulva**

La vulva tiene unos labios gruesos que forman una comisura ventral puntiaguda. La mucosa que la recubre es lisa y de color rojo. Frecuentemente, presenta pequeñas prominencias a causa de los folículos linfáticos. (2, 3)

Existen dos músculos circulares estriados que conectan el vestíbulo y la vulva. (2)

### **2.1.4.2. Clítoris**

El cuerpo del clítoris es ancho y plano, tienen de 3 a 4cm. de longitud en un animal de tamaño medio. No tiene estructuras eréctiles, está infiltrado de grasa, incluido en la albugínea fibrosa y contiene arterias grandes y numerosos nervios en su parte ventral. (2, 3)

### **2.1.4.3. Uretra femenina**

La uretra es grande y situada en el suelo de la pelvis y la vagina. Está marcada, sobre el suelo de la vagina, por un engrosamiento longitudinal que alcanza el vestíbulo.

#### **2.1.4.4. Glandulas mamarias**

Las mamas son normalmente 10 y están dispuestas en dos series, que se extiende desde la parte caudal de la región pectoral hasta la región inguinal y se designan, según su localización, como torácicas, abdominales e inguinales. Los pezones (*papilla mammae*) son cortos y sus vértices presentan de 6 a 12 orificios pequeños, llamados conductos excretores, se pueden encontrar glándulas supranumerarias en las regiones torácicas y abdominales. (2, 3)

### **III. ENDOCRINOLOGIA**

Las estructuras nerviosas responsables del ciclo estral no se conocen con certeza, aunque probablemente el hipotálamo, la hipófisis y la glándula pineal desempeñan un papel importante. Como se ha indicado, en el inicio del ciclo intervienen una serie de hormonas: gonadotropinas del hipotálamo (estimulan la liberación de las gonadotropinas de la hipófisis), Hormona Foliculo Estimulante (FSH), Hormona Luteinizante (LH). (1, 11)

La FSH estimula el crecimiento de los folículos ováricos y da como resultado el aumento de estrógenos. La LH produce tres efectos, actúa como la FSH para el desarrollo y maduración del folículo, hace que las células foliculares secreten estrógenos y da lugar a la formación de cuerpos lúteos. Los estrógenos se requieren para el desarrollo completo del tracto reproductivo y ayuda a mantener la actividad sexual: en el corto periodo de tiempo en que la hembra es receptiva preparan la vagina para la copula, relaja los músculos del cérvix, aumenta el mucus y activa la manifestación del comportamiento sexual. (8, 10, 11)

Adicionalmente promueve el crecimiento de tejido mamario y la inhibición del crecimiento en longitud de los huesos. La progesterona actúa en el desarrollo del folículo, en la implantación del huevo fértil, en el desarrollo placentario y es la principal en el mantenimiento de la preñez. (11)

### **3.1.1. Hormona liberadora de gonadotropias (GnRH)**

Se le conoce como factor de liberación de las gonadotropinas, hormona luteinizante (LH) y hormona folículo estimulante (FSH). (7, 16)

GnRh es un decapeptido (péptido de 10 aminoácidos), con un peso molecular de 1138 Daltons. Es producida en el hipotálamo (en la base del encéfalo) transportada hasta la glándula pituitaria anterior (adenohipófisis), para modular la síntesis y secreción de LH y FSH por las células secretoras de la adenohipófisis. (1, 7)

GnRh es secretada en pulsos discretos por las vías Sistema Porta-Hipofisiario, alcanza la adenohipófisis y estos pulsos determinan la secreción típica de los pulsos de gonadotropinas (LH y FSH). Cuando los niveles de estradiol son altos, el GnRh favorece la producción de la LH en lugar de la FSH. (16, 30)

En contraste, altas concentraciones de progesterona y bajas de estrógenos apoyan una producción hipotalámica de GnRh dando prioridad a producir FSH. (7)

La liberación tónica pulsátil, esta controlada por un mecanismo de retroalimentación (*Feed-Back*) negativa que ejercen las hormonas FSH y LH que permiten el desarrollo total de los folículos o la atresia de los mismos. (30)

### **3.1.2. Hormona luteinizante (LH)**

La LH se detecta en las células de la teca interna. Es una glucoproteína > a 200 aminoácidos, sintetizadas por las células basófilas de la hipófisis, su actividad biológica esta representada por la fracción proteica y su vida media es de 35 minutos aproximadamente. Es considerada la responsable de la formación, maduración y ovulación del folículo de graaf y el mantenimiento del cuerpo lúteo (CL). (1, 7, 16)

Las concentraciones de LH son relativamente bajas durante la fase lútea del ciclo, pero una descarga de LH en forma de un gran pico preovulatorio se produce de 24 a 30 horas antes de la ovulación, y esta coincide aproximadamente con el comienzo del celo. (10, 11)

Cuando los pulsos del GnRh y LH son bajos provocan que los folículos no crezcan lo suficiente como para alcanzar el tamaño preovulatorio y que puedan producir concentraciones necesarias de estradiol para provocar un pico de LH y la ovulación. (10, 11)

La descarga preovulatoria de esta hormona esta provocada por, los niveles máximos de prostaglandina ( $PgF_2\alpha$ ) un día antes del celo lo que da lugar a que en su inicio, inicie también la descarga de LH, la cual alcanza su valor máximo de 6 a 10 horas mas tarde, después de la onda preovulatoria, no se detectan pulsos de LH durante 6 a 12 horas. (1, 7, 11)

La atresia del folículo dominante que se desarrolla en presencia de un cuerpo lúteo (CL) es debida a la falta de LH suficiente para estimular la maduración final y la ovulación. (11)

El folículo dominante presenta en el momento de la lúteolisis se ve influido por el aumento de la pulsatilidad de LH que se producen con la caída de los niveles de progesterona, con lo que llegara a ovular. (11)

<b>Tratamiento</b>	<b>Tasa de gatas ovulando (%)</b>	<b>Pico de LH ng/ml</b>
No montada.	0/2 (0)	1.0 ± 0.8
Montada sin penetración.	0/4 (0)	4.1 ± 1.1
Una copulación.	9/18 (50)	23.9± 5.8

Cuatro copulaciones en un periodo de 4 horas.	23/23 (100)	88.9 ± 14.8
Ocho a 12 copulaciones en un periodo de cuatro horas.	13/13 (100)	120.5± 23.8

**Incidencia de ovulación y pico de LH sérico en gatos después de una o múltiples copulaciones en el día tres del estro.**

**3.1.3. Hormona folículo estimulante (FSH)**

La hormona del folículo estimulante (FSH). Tiene como función dar el crecimiento folicular, está se produce en el lóbulo anterior de la hipófisis. Es un glicoproteína sintetizada por las células basófilas de la hipófisis anterior y su vida media en la sangre es de aproximadamente 5 horas. (1, 32)

La FSH desempeña un papel fundamental en el proceso de reclutamiento folicular, en tanto que a niveles basales de esta hormona son suficientes para producir el crecimiento de un grupo de folículos de 4 a 8 mm luego el desarrollo de un folículo dominante. Este suprime el crecimiento (atresia) de los folículos medianos y grandes que lo acompañan. (1, 7, 32)

Un sistema de feed-back negativo clásico se establece entre el folículo dominante y la hipófisis, a través de la cual disminuyen los niveles periféricos de FSH, lo que bloquea el reclutamiento de nuevos folículos. (32)

En sentido general la FSH es el principal regulador de la inhibina ya que estimula su producción de las células de la granulosa de folículos no atresicos. Esta estimulación establece un mecanismo de feed-back negativo sobre la síntesis y liberación tanto de FSH como GnRh en la hipófisis y en el hipotálamo respectivamente. (7)

La FSH se combina con los estrógenos para ejercer una acción mitogénica en las células de la granulosa y para estimular la proliferación de esta, instaurándose un mecanismo de feed-back positivo. Los receptores de FSH se detectan en las células de la granulosa. (1, 7)

La FSH es indispensable para la secreción de estrógenos foliculares, ya que estimula el crecimiento de la mitosis y la completa diferenciación de las células de la granulosa de los folículos preovulatorios grandes. Cerca del 90% del estradiol secretado por los ovarios se deriva de estos folículos con FSH. (1, 2, 7)

#### **3.1.4. Prostaglandina (PgF<sub>2</sub>α)**

Las prostaglandinas (PgF<sub>2</sub>α) se originan en el útero, su función principal es la regresión del cuerpo lúteo (CL), es un ácido liposoluble. Poco antes de la ovulación los niveles de PgF<sub>2</sub>α y de P<sub>4</sub> y E<sub>2</sub> aumenta notablemente, participando en la contracción ovárica y folicular por lo que se produce la expulsión del ovocito. (17, 31, 33)

En este momento participa también las enzimas que destruyen la cohesión de las fibras colágenas. (17)

Se ha comprobado por varios investigadores que los bloqueadores de la producción de PgF<sub>2</sub>α (indometacina y ácido acetil salicílico) retardan o impiden la ovulación. En este mismo sentido se ha citado la adrenalina. Contracorriente, la copula adelanta la ovulación varias horas, quizá esta se produzca por la descarga de oxitócina provocada por el reflejo causado de Ferguson, de modo que la oxitócina estimularía la producción de la pared folicular. (7, 10)

El progresivo incremento de la síntesis de la PgF<sub>2</sub>α origina así mismo una progresiva retracción del útero, desencadenan el parto. (17)

### 3.1.5. Progesterona

La progesterona ( $P_4$ ) es producida por el cuerpo lúteo (CL) los altos niveles circulantes de  $P_4$ , disminuyen la frecuencia de pulsos de LH y causan la detección de las punciones metabólicas del folículo dominante. (31)

La progesterona actúa de manera sinérgica con los estrógenos en varias funciones reproductivas que incluye el crecimiento del epitelio glandular del útero y glándula mamaria. Inhibe las contracciones uterinas y estimula las granulas endometriales para la producción de leche uterina o histotrofe, es también determinante para la manutención de la gestación, cuando se requiere niveles altos. Esta última condición es utilizada como prueba precoz para diagnosticar gestación. (10, 17, 31)

La secreción de  $P_4$  por el CL suprime la acción de LH y como consecuencia que el folículo dominante cese en sus funciones metabólicas y regresiones; sin embargo cuando ocurre la regresión del CL permite un incremento de la frecuencia de pulsos de LH y unido a grandes concentraciones de estradiol se sucede la ovulación y tiene un efecto importante retardando la ovulación a través de la inhibición de LH y FSH. (9, 17)

La mayor parte de progesterona se encuentra en el CL durante la fase lutéinica. (9, 11)

La  $P_4$  inhibe las contracciones uterinas y estimula a las glándulas endometriales al secretar productos llamados leche uterina o histotrofe sustancia que permite la nutrición del embrión antes de la implantación. Los niveles óptimos de  $P_4$  provienen de los CL recién formados quienes son esenciales para proveer de un ambiente al embrión en el oviducto y el útero. Durante la gestación se puede secretar de 100-300 mg diarios de  $P_4$  para mantener la gestación. (9, 11, 22)

### 3.1.6. Inhibinas y activinas

Son proteínas de 116 y 115 aminoácidos, llamadas inhibinas A y a las inhibinas B respectivamente. Todas las activinas son biológicamente activas para estimular la secreción de FSH por la pituitaria. (32)

Las inhibinas y las activinas son sustancias solubles en agua, miembros de la súper familia del factor de transformación de crecimiento. (7, 10)

Las inhibinas son glicoproteínas diméricas compuestas de dos subunidades diferentes (A o B), dando origen así, a la inhibina A e inhibina B respectivamente. Las activinas son proteínas que están relacionadas estructuralmente con las inhibinas y compuestas por dos subunidades formando así, la activina A (A + A), activina AB (A + B) o a la activina B (B + B). (7, 10)

Tanto en las inhibinas como en las activinas ejercen un efecto autócrino y/o parácrino sobre la función gonadal y se caracterizan funcionalmente por sus acciones sobre el crecimiento, diferenciación y función celular. También se ha demostrado que la inhibina, de la liberación de la FSH por la hipófisis, tiene un efecto totalmente opuesto a esto, determinado por la activina. (7)

La inhibina esta presente en el fluido folicular y es producida predominantemente por las células de la granulosa. Además la producción de inhibinas esta influenciada por el tamaño y ausencia de atresia de los folículos. Las células de la granulosa, de folículos atresicos y pequeños no atresicos (5 mm) producen cantidades similares de inhibinas *in Vitro*. Como se aumenta del diámetro folicular, también se incrementa la capacidad de las células de la granulosa de folículos no atrésico para producir inhibina. En sentido general la FSH es el principal regulador de la inhibina ya que estimula su producción en las células de la granulosa de folículos no atresicos. (10, 28, 32)

Esta estimulación establece un mecanismo de feed-back negativo sobre la síntesis y liberación de FSH tanto en la hipófisis como en el hipotálamo. La activina aumenta los receptores para la LH inducidos por la FSH incrementa el número de receptores para FSH en las células de la granulosa. (14, 32)

Las subunidades de inhibina pueden actuar intragonadalmente y extragonadalmente como hormonas y como factores de diferenciación o de crecimiento. Se ha demostrado que la subunidad inhibina bloquea la función de FSH a sus receptores en las células de la granulosa ovárica. (23, 32)

En resumen tanto inhibina como la activina son expresadas en las células de la granulosa del ovario. Su presencia varía en dependencia en estado de desarrollo folicular en que se encuentre y por ende su acción. (10, 32)

### **3.1.7. Oxitocina y vasopresina**

La oxitócina tiene como función el provocar las contracciones uterinas así como la bajada de la leche, es producida por el lóbulo posterior de la hipófisis y también se produce en el cuerpo amarillo; por lo tanto, tiene dos lugares de origen, el ovario y el hipotálamo. (14, 29)

Estas dos hormonas están formadas por 8 aminoácidos y la oxitócina influye sobre la musculatura lisa del útero, también sobre las células mioepiteliales de la ubre, relacionadas con la producción de la leche. Las hormonas neurohipofisarias, oxitócina y vasopresina se forman en los núcleos paraventriculares y supraópticos cuyos neuritos (axones) se unifican, constituyendo el trayecto hipotálamo-hipofisario, terminando en el lóbulo posterior de la hipófisis. (2, 7)

Según Holy (1983), dichas hormonas son transportadas vía axones nerviosos en forma de pequeños gránulos hacia la neurohipófisis donde se

acumula según las necesidades de la circulación sanguínea. Estas dos hormonas se pueden liberar en la circulación sanguínea de manera inmediata solo en pequeñas cantidades, no más del 10% del contenido, extendiendo siempre una reserva potencial. (7)

La oxitócina también tiene un efecto muy importante en los procesos reproductivos. Durante la fase folicular del ciclo estral y en donde las últimas etapas de la circulación la oxitócina estimula la contracción uterinas. (7, 32)

El estiramiento del cuerpo uterino durante el parto que es causado por el paso del feto estimula una liberación refleja de oxitócina (reflejo de Ferguson). Sin embargo la acción de la oxitócina más conocida es la liberación refleja de la leche. La oxitócina ovárica está involucrada en la función luteal. Esta actúa en el endometrio para inducir la liberación de  $PgF_2\alpha$  que tiene una acción luteolítica (regresión del cuerpo amarillo). (3, 32)

## **IV. FISILOGIA DEL APARATO REPRODUCTOR DE LA HEMBRA**

### **4.1. Oogenesis**

El número de gametos que poseen las hembras domésticas está fijado desde el mismo momento del nacimiento y serán, durante toda la vida del animal, los únicos capaces de ser fecundados. En la vida embrionaria comienza la oogenesis o formación. (25, 26)

La gametogénesis comienza en la vida intrauterina, entendiéndose como tal el proceso que permitirá una célula llegar a ser el gameto femenino, con plena capacidad de ser fecundado. (26)

En la gametogénesis es necesario un proceso de reducción cromosomita y un proceso de crecimiento del propio oocito, al incorporar sustancias nutritivas, necesarias para mantener los estadios iniciales del desarrollo embrionario. (24)

El proceso de reducción cromosomita se denomina meiosis y es imprescindible para el que oocito pueda ser fecundado correctamente. (24)

Las oogonias entran en meiosis en la vida intrauterina. La meiosis se detendrá en dos momentos específicos: alrededor del nacimiento y en la ovulación y solo se completará totalmente al producirse la fecundación del oocito. (1, 26)

El proceso meiótico consta de dos divisiones denominadas meiosis I y meiosis II, divididas cada una a su vez en 4 fases: profase, metafase, anafase y telofase con sus dos respectivas divisiones I y II. (2, 26)

## **4.2. Fisiología del ciclo estral**

### **4.2.1. Fase folicular**

La fase folicular también se llama estrogénica debido a que en este período son secretadas cantidades importantes de estrógeno. Esta es la fase más variable del ciclo. Si el ciclo se alarga o acorta lo hace principalmente a expensas de variaciones en la duración de esta fase (la fase folicular comienza con un reclutamiento de un grupo de folículos de estos folículos se selecciona uno, llamado folículo dominante éste va madurando y aumentando de tamaño hasta el día de la ovulación, momento en que el folículo se rompe y el ovocito es liberado). Después de la ovulación el ovocito es captado por una de las trompas de Falopio y dirigido hacia el útero. (2, 33)

#### **4.2.2. Folliculogenesis**

La foliculogénesis se inicia con el reclutamiento del folículo primordial “durmiente” al polo de folículos en crecimiento y finaliza, con la ovulación, o bien con la desaparición del folículo por atresia. Los folículos primordiales van a sufrir una compleja serie de fenómenos de proliferación y diferenciación que los transforma en folículos preantrales. Del Polo de folículos preantrales; en cada ciclo uno de ellos va a completar su maduración (selección y crecimiento del folículo de Graaf); el resto, acabaran sufriendo el proceso de atresia folicular. La maduración folicular puede dividirse en dos fases; durante la fase preantral (independiente de gonadotropinas) el folículo sufrirá un proceso de crecimiento y diferenciación, sometido a una regulación de tipo autocrino/paracrino por factores de crecimiento locales. Durante la fase astral (dependiente de gonadotropinas) se produce un enorme crecimiento del tamaño folicular; esta fase esta regulada fundamentalmente por FSH y LH, aunque diferentes factores de crecimiento producidos localmente participan en la regulación positiva o negativa de la foliculogénesis, la ovulación y la luteogénesis a través de mecanismos aun no bien caracterizados. (1, 7, 23, 29)

##### **a) Folículos primordiales**

Los folículos primordiales son el único tipo de folículos presentes en las hembras antes de la pubertad. Tiene una estructura constituida por un ovocito primario (detenido en la metafase de la primera división meiótica), rodeada de una sola capa de células aplanadas, llamadas células foliculares (células de la granulosa). (12, 24)

Los folículos primordiales constituyen la reserva de folículos en reposo, los cuales serán progresivamente eliminados durante la vida reproductiva, se encuentran principalmente en la periferia de la corteza, inmediatamente por debajo

de la túnica albugínea. Sin embargo, al llegar a la pubertad se desarrollan otro tipo de folículos primordiales. (12, 24, 25)

### **b) Folículos primarios**

Contienen un ovocito primario rodeador por varias capas de células foliculares, a medida que el oocito aumenta de tamaño, la capa única de células aplanadas se convierte inicialmente en una capa de células cúbicas y cilíndricas. (12)

Entre el oocito y las células de la granulosa circundantes se originan espacios en donde se deposita una sustancia que representa el inicio de la zona pelúcida y que esta formada por glicoproteínas producidas por el ovocito. (1, 25)

La adquisición de la zona pelúcida es una característica del folículo primario. A medida que los folículos aumentan de tamaño, van desplazándose, gradualmente hacia el interior de la corteza. (25)

### **c) Folículos secundarios**

La transformación de folículos primarios a folículos secundarios, implica la transformación de células foliculares que forman un epitelio estratificado alrededor del ovocito, llamándose células de la granulosa. Además en esta etapa, se completa la maduración de la zona pelúcida, posee glicoproteínas las cuales poseen propiedades funcionales durante la fecundación mucopolisacaridos, ácido sialico y ácido hialuronico. Las células de la granulosa del folículo secundario tienen la capacidad de sintetizar los tres tipos de esteroides ováricos (progestágenos, andrógenos y estrógenos) en cantidades limitadas. (5, 24)

#### **d) Folículos Terciarios**

Al desarrollarse el folículo secundario, las células de la granulosa producen líquido folicular en respuesta a las gonadotropinas. El líquido se almacena paulatinamente en el espacio intercelular, formando fisuras entre ellas, las cuales se van uniendo hasta construir una cavidad (antro folicular). (12)

Con la aparición de la cavidad antral, el folículo se convierte en folículo terciario, y esta fase se denomina fase antral. El folículo terciario (antral), las células de la teca se dividen en dos capas: una interior y una exterior; una glandular y vascularizada, llamada teca interna, y otra, formada por tejido conectivo y células del músculo liso, denominada teca externa. (1, 2, 12)

El folículo antral está tapizado por un epitelio estratificado de células de la granulosa que presentan un engrosamiento localizado en uno de sus lados llamado *células del cumulus*, estas células mantienen una estrecha relación con el oocito. La relación con estas células se vuelve más laxa debido a la gradual aparición del líquido que llena los espacios intercelulares. (2,12)

Al desprenderse el oocito una o más capas de las células del cumulus, permanecen unidas, formando la corona radiata, envoltura celular laxa que persiste alrededor del oocito aun después de la ovulación. (12,29)

#### **e) Folículo maduro o de Graaf**

El folículo vestibular (De Graaf), después de haber formado bastante cantidad de líquido en su interior, sigue aumentando en tamaño, y se va acercando a la superficie del ovario donde, en varias especies, puede ser palpado y descubierto como una masa redondeada a la manera de un quiste. (2, 27)

Los animales politocos como la gata con mas de un descendiente por gestación, presenta la ruptura de varios folículos al mismo tiempo o con poca diferencia, a veces desde un ovario, a veces desde ambos. Se desconoce la causa inmediata que provoca la madures de un determinado folículo. En muchas especies parece ser un lento proceso de exudación como consecuencia de isquemia local (falta de riego sanguíneo), seguida de muerte de las células de la pared folicular. Inmediatamente después de la ovulación la cavidad folicular se llena de una cantidad variable de sangre y linfa, lo que acaba en un estructura llamada cuerpo hemorrágico. (27, 29)

#### **f) Folículos atresicos**

No todos los folículos primordiales que comienzan a desarrollarse logran madurar hasta llegar a la ovulación; de hecho solo un número reducido de estos lo logra. El resto de los folículos no ovulados degenera progresivamente, mecanismos que se conocen como atresia folicular. (7)

Existen dos tipos de atresia folicular:

a) La atresia quística: Cuando un proceso de degeneración del folículo mantiene por cierto tiempo el antro folicular antes de desaparecer. b) Atresia obliterativa: En la cual rápidamente desaparece el antro folicular. (7, 10, 29)

#### **4.2.3. Fase luteal**

Después de la ovulación comienza la fase lútea o del cuerpo amarillo (una glándula que aparece en el ovario después de la ovulación) que dura hasta que se implanta el posible embarazo o hasta que se produce el sangrado y se inicia el próximo ciclo. En esta segunda parte del ciclo el útero se prepara para la posibilidad de un embarazo, acumulándose sustancias nutritivas y habiendo cada vez más vasos sanguíneos. (1, 12)

Si no hay fecundación se produce la muerte funcional del cuerpo amarillo y la mucosa uterina se desvitaliza por falta de estímulos hormonales adecuados. Los elementos acumulados se desprenderán y se romperán los vasos sanguíneos, produciendo una pequeña hemorragia. (12)

#### **4.2.3.1. Cuerpos lúteos en diferente estado de desarrollo o regresión**

Las células del cuerpo hemorrágico que correspondían a las de la granulosa y a las de la teca interna comienzan una transformación denominada luteinización, que consiste en el aumento de volumen (hipertrofia) y del número de las células (hiperplasia), las cuales además sufren modificaciones bioquímicas y morfológicas. El proceso de luteinización da por resultado el desarrollo de células con capacidad esteriodogénica, ahora reciben el nombre de células lúteas. La estructura que se forma por la inacción del cuerpo hemorrágico con células lúteas se conoce como cuerpo lúteo. (12, 25)

En el cuerpo lúteo pueden distinguirse dos tipos de células luteas:

a) *Células luteas grandes*, estas se originan a partir de las células de la granulosa y son células poligonales con núcleos esféricos prominentes y vesiculares que producen oxitócina.

b) *Células luteas pequeñas*, se forman a partir de las células de la teca interna y generalmente se encuentran en la periferia del cuerpo lúteo, formando pequeños grupos celulares que son las responsables de producir la progesterona.

Los cuerpos lúteos permanecen en los ovarios por 15 días aproximadamente, pero si ocurre la gestación persisten hasta el momento del parto. (1, 8, 22)

#### 4.2.3.2. Cuerpo blanco

Si no se presenta la gestación hay regresión del cuerpo lúteo o también llamado lúteolisis, ocurriendo proliferación del tejido conjuntivo, formándose una cicatriz denominada cuerpo blanco, que esta será reabsorbida paulatinamente. (12)

#### 4.3. Etapas del ciclo estral

El ciclo estral lo podemos dividir en:

- Proestro: donde se registra un gran crecimiento folicular, caracterizado por niveles elevados de FSH y estrógenos ( $E_2$ ).
- Estro o celo: la hembra se encuentra receptiva del macho; normalmente hay presencia de 1 ó+ folículos maduros en el ovario.
- Metaestro: caracterizado por la reorganización de tejidos; hay crecimiento y maduración del cuerpo lúteo por lo que empiezan a subir los niveles de progesterona ( $P_4$ ) y se produce la proliferación del endometrio.
- Diestro: caracterizado por la presencia de un cuerpo lúteo funcional, lo que implica niveles altos de  $P_4$ . (1, 3, 5, 14)

#### 4.4. Ciclo estral de la gata

Las gatas son poliéstricas estacionales, o sea que si no ocurre la preñez, repiten el celo varias veces en cada estación reproductiva que es primavera - verano, o cuando están expuestas incluso artificialmente a más de 14 hrs. de luz diarias, por lo que pueden ciclar todo el año. Otra característica es la *ovulación inducida* por la cópula, pero se ha demostrado que hay un 30 % de gatas que ovulan espontáneamente. Como la gata doméstica, a diferencia de la perra, presenta muy escaso edema vulvar y un mínimo de flujo vulvar claro (no

sanguinolento), la detección del celo depende de los patrones de comportamiento, para averiguar el momento adecuado del servicio. Para la mayoría de las gatas ese cambio de comportamiento es fácilmente identificable. Sin embargo, algunas hembras presentan ciclicidad ovárica sin demostrar ningún signo de comportamiento estral (celos silenciosos) En estos casos se debe recurrir a la citología vaginal exfoliativa, para identificar el momento preciso en que se debe juntar con el macho o proceder a realizar inseminación artificial con semen fresco o congelado. (1, 7, 19, 22, 30)

En la gatas donde el comportamiento es reconocible fácilmente se pueden verificar los siguientes fases: proestro, estro, ínter - estro, diestro y anestro.

Durante el proestro que dura solo 1 ó 2 días se observa un cambio de comportamiento; *(quiere ser mimada, puede orinar frecuentemente, vocaliza, fricciona la cabeza y el cuello contra los objetos, gira sobre sí misma, arquea su columna levantando la pelvis y zapatea en el lugar)*(1, 24, 25)

El estro se caracteriza por la acentuación de las características anteriores y por la aceptación del macho. Este período dura de 3 a 14 días con un promedio de 6-7 días. (24, 25,28)

Si no ocurre la ovulación y está aún dentro de la estación reproductiva de días largos ocurre un período de inactividad sexual llamada ínter estro, que dura de 3 a 16 días y la gata vuelve a entrar en proestro. (6, 24, 25)

Si ocurre la ovulación, pero no la preñez, comienza el período de diestro o pseudo preñez que dura de 30 a 50 días y si está aún dentro de la estación reproductiva repite el proestro. Si ocurre la preñez, que dura a término medio 65 días y no ocurre la lactancia por muerte de los cachorros, o si aborta, repite el proestro en 3 a 16 días siempre que continúe la época de días largos. (6,25)

Si todo esto termina en la época en que los días se acortan y las horas de luz son menores a 12 , entra en anestro , o época de reposo sexual que dura de 45 a 150 días dependiendo de la latitud. (6, 8)

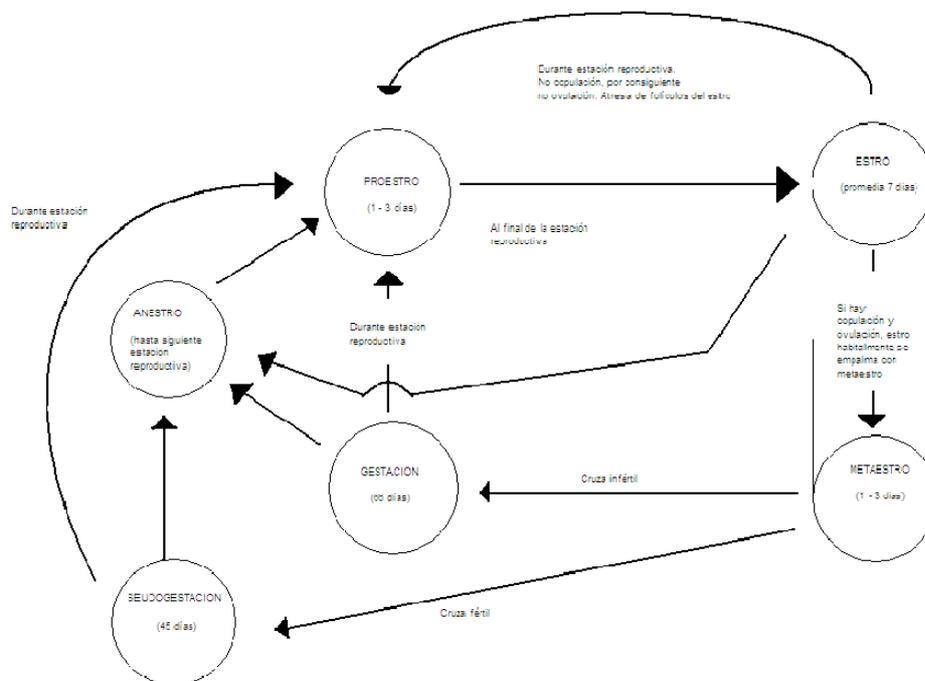


FIGURA 3. Ciclo estral de la gata

#### 4.4.1. Proestro

Se define como el periodo en que las hembras no receptivas atraen a los machos. Este es el momento de función folicular, síntesis y secreción de estrógeno, cambios en la citología exfoliativa vaginal y preparación para el apareamiento y embarazo. Dicha fase concluye cuando la hembra permite que el macho la monte y fertilice. (24)

##### a) Signos clínicos y duración.

El proestro no se observa con regularidad en gatas. Más bien, parece proceder de un anestro aparente o estado de ínter-estro directamente hacia el

estro (celo constante). En un estudio que solo observo proestro en 27 de 168 ciclos. Los signos clínicos que se relacionan con el inicio del proestro son cambios en la conducta que consisten en el roce continuo de la cabeza y el cuello contra cualquier objeto conveniente, vocalización continua, postura en lordosis y giros sobre el lomo. (24, 25)

La gata en proestro puede diferenciarse de la que se encuentra en estro cuando se coloca con el macho. Durante el proestro observado, la hembra puede ser menos efusiva desde el punto de vista sexual de lo que se advierte durante el estro posterior, si bien manifiesta conducta de estro sin permitir que el macho la monte. Es difícil identificar el proestro por que los signos pueden ser sutiles (la conducta efectiva en ocasiones es el único indicio), en tanto que la duración es solo 0.5 a 2 días. (24, 25, 33)

Muchos de los cambios característicos del proestro que se observan en la perra se encuentran ausentes en la gata (es decir, el proestro en perras tiene una duración de 5 a 9 días, con hemorragia vaginal, inflamación de la vulva y cambios consistente en la citología vaginal). (25)

#### **b) Cambios hormonales.**

El crecimiento folicular consiste en aumento del tamaño de los folículos menores de 1 mm en el proestro temprano a 1.5 mm al comenzar el estro. Por lo general, la concentración del estrógeno plasmático en la gata que se encuentra en anestro o ínter estro es inferior a 15 pg/ml. La fase folicular se relaciona con concentraciones de estrógeno (estradiol 17 $\beta$ ) superiores a 20 pg/ml. Cuando se observa, el proestro se relaciona con la elevación abrupta en las concentraciones de estrógeno circulante junto con crecimiento y secreción foliculares rápidas. A menudo, la duplicación de las concentraciones de estrógeno plasmático a más de 40 pg/ml se observan periodos inferiores a 24 o 48 hrs. La naturaleza abrupta de este inicio del crecimiento folicular y la aparición rápida de receptibilidad sexual en

la gata pueden constatarse con la secuencia más gradual de cambios típicos en la perra. Los genitales externos de la gata son mucho menos obvios que en la perra, lo que es otro factor que explica la brevedad o ausencia de proestro felino. (1, 23, 20, 28)

#### **4.4.2. Estro**

##### **a) Estro y fase folicular**

El estro felino es el periodo de apareamiento. Por lo tanto, esta fase solo se reconoce por la respuesta conductual de la gata al macho, el estro comienza cuando la hembra permite la monta y el apareamiento y concluye cuando cesa este comportamiento. Los cambios conductuales del anestro al estro pueden ser abruptos y suscitarse en menos de 12 a 24 hrs. (20)

##### **b) Definición de la fase folicular.**

En gatas, la conducta del estro se acompaña de síntesis y secreción folicular de estrógeno. Los ovarios aumentan de tamaño con folículos translucidos de 2 a 3 mm sin embargo, el estro solo se identifica por el comportamiento sexual de la gata, mientras que la "fase folicular" o fase de funcionamiento folicular activo es fisiológica y se reconoce desde el punto de vista bioquímico mediante las concentraciones de estrógeno plasmático la mayor parte de las gatas que se encuentran en anestro o durante un periodo ínter estro tiene concentraciones de estrógeno plasmático menores de 12 a 15 pg/ml. La evidencia de actividad folicular, se define como concentraciones de estrógeno plasmático superiores de 20 pg/ml. (4, 20)

La duración media de la fase folicular es de aproximadamente es de 7.5 días y varía de 3 a 16 días. El contacto coital, con o sin inducción de la ovulación, no

altera la duración de fase folicular. En gatas que experimentan coito y ovulación inducida esta fase es de 7 días en promedio. Las gatas que tienen coito pero no ovulan tienen fases foliculares de 7.2 días en promedio, mientras que aquellas sin estimulación coital tienen una fase folicular promedio de 7.7 días. (24)

Durante la fase folicular, la concentración de estrógeno plasmático aumenta con rapidez, se mantiene elevada durante 3 a 4 días y comienza a descender de manera abrupta. Un día antes de comenzar la fase folicular, dicha concentración está por debajo de 12 a 15 pg/ml. El primer día de esta fase se relaciona con concentraciones de estrógeno cercanas a 25 pg/ml, un aumento hasta más o menos 45 pg/ml al 3<sup>er</sup> día, uno hasta 50 pg/ml al 5<sup>to</sup> día, un descenso entre 20 y 25 pg/ml al 7<sup>mo</sup> día para regresar a 10 pg/ml al 8<sup>vo</sup> día. Debido a que la concentración media de estrógeno al 8<sup>vo</sup> día es inferior a 15 pg/ml, en realidad esto representa el primer día de intervalo ínter-estro suponiendo que no se indujo ovulación. El valor máximo promedio de concentración de estrógeno plasmático en la fase folicular es ligeramente mayor a 50 pg/ml, pero puede variar desde niveles cercanos a 25 pg/ml hasta superiores a 80 pg/ml (1, 24, 30).

El cese de la función folicular se caracteriza por un descenso abrupto en las concentraciones plasmáticas de estrógeno. Los niveles caen por debajo de las concentraciones máximas a menos de 20 pg/ml, con frecuencia en cuestión de 2 a 3 días. El inicio del descenso en las concentraciones hormonales no se altera por la exposición al coito o inducción de la ovulación. (22, 30)

### **c) Ciclos de proestro en comparación con fases foliculares.**

Las gatas tienen temporadas de apareamiento con estros múltiples. Esto significa que la gata promedio muestra comportamiento de estro repetido en una temporada determinada. Estos periodos de estro se relacionan con fases foliculares recurrentes, aunque no necesariamente en una proporción de 1:1; por lo general, cada periodo de concentración máxima de estrógenos es seguido por

un retorno o concentraciones basales (figura 31-1). Las gatas tienen ondas distintivas reiteradas de desarrollo, maduración y degeneración folicular. (28)

#### **d) Conducta de estro y su relación con la fase folicular.**

Las gatas, el comportamiento de estro se correlaciona con incrementos en la concentración de estrógeno plasmático que acompañan a cada fase folicular. El 10% de las gatas muestra esta conducta en el primer día de la fase folicular. La proporción de hembras con conducta de estro aumenta de manera paulatina hasta que casi todas las gatas adoptan dicho comportamiento el día previo a la concentración de la fase folicular (figura 31-2). En muchas gatas, la conducta relacionada con el estro continúa después de finalizar la fase folicular. En estudios realizados los días 1, 2, 3 y 4 después de la conclusión de esta fase se observó que alrededor del 60, 40, 20 y 5% de las gatas, respectivamente, continuaban mostrando comportamiento de estro (1, 24)

#### **4.4.3. Conducta del estro**

##### **a) Promedio**

La duración promedio de la conducta de estro en gatas es de 7 días. Sin embargo, el rango de duración es muy amplio y la gata sana fértil puede mostrar estro desde un solo día hasta tres semanas. Las gatas que experimentan coito (con o sin ovulación posterior) se encuentran en estro durante alrededor de 8.5 días, mientras que las que no tienen contacto coital se mantienen en este periodo solo durante un promedio de 6 días. (4, 8, 24,)

##### **b) Efecto del contacto coital en la duración del estro.**

Se ha planteado la hipótesis de que los factores que inician la producción ovulatoria de hormona luteinizante (LH) también pueden influir en los centros que controlan la conducta sexual. La estimulación vaginal se transmite a través de una

vía de nervios aferentes espinales hacia el hipotálamo, en donde se convierten en una señal hormonal (hormona liberadora de gonadotropina, GnRh). La secreción de GnRh después del coito puede potenciar o extender la receptividad sexual. El contacto coital definitivamente no interrumpe de inmediato el estro ni abrevia el periodo de receptividad, incluso si el coito induce la ovulación. (21, 25)

### **c) Efecto de la personalidad en la exhibición del estro.**

La ausencia de conducta de estro o la prolongación extrema de esta se acompaña de fases foliculares (normales) con reincidencia periódica en gatas sanas se ha observado falta de comportamiento de esto en los momentos esperados, que se predicen por las concentraciones de hormona plasmática (estrógeno), en algunas gatas que se consideran tímidas que pertenecen al nivel inferior de la “escala social” (24, 30).

Sin embargo, este rasgo de la personalidad no siempre es obvio en la gata con fases foliculares activas pero sin estro conductual. Es difícil clasificar a estas gatas tan solo como anormales. Muchas hembras que no exhiben estro conductual en un temporada pueden parecer normales en las temporadas siguientes. (24, 25)

### **d) Estro prolongado.**

La prolongación de la conducta de estro es una característica que ocasionalmente se observa en gatas, que a mayor edad demuestran ser más fértiles y por lo demás normales. En algunos casos, el estro se prolonga debido a que se traslapan las ondas de los folículos en maduración y la exposición persistente a incrementos en las concentraciones de estrógeno plasmático (figura 31-1); Sin embargo, también se ha observado conducta prolongada o continua de estro en hembras que tienen fases foliculares repetidas y distintivas. Las concentraciones de estrógeno en estas gatas son imposibles de diferenciar de las que se observan en las que exhiben los patrones repetidos de receptividad sexual

más característicos. Aun se desconoce la razón de la falta de coordinación entre la conducta sexual y las concentraciones de estrógeno plasmático en un porcentaje reducido en gatas. (16, 17)

#### **e) Signos clínicos del estro.**

Ante los ojos de propietario la hembra con conducta de estro parece una gata en proestro. Sin embargo se intensifica al roce, la vocalización y los giros sobre el lomo, cuando se le acaricia el dorso y se roza la región de la base de la cola, la gata baja las patas delanteras y coloca los codos sobre el suelo elevando la pelvis (lordosis) y haciendo la cola a un lado. Permite la monta y el apareamiento por parte del macho. (4)

#### **4.4.4. Periodo de inter estro**

Las gatas tienen estros múltiples y fases repetidas de receptividad sexual durante la temporada de actividad ovárica (figura 31-1). Las fases de actividad sexual se relacionan con “oleadas” de función folicular, separadas por periodos breves de inactividad sexual o reproductora. Se cree que los ovarios carecen de actividad hormonal durante los periodos entre las oleadas foliculares activas. Estos periodos de inactividad son los “intervalos o periodos inter estro”. (18, 21)

#### **a) Conducta del inter estro.**

El periodo de inter estro se caracteriza por un regreso a la personalidad normal. Las gatas no se aparean, no atraen a los machos y pierden los patrones de comportamiento extremadamente afectivo que caracterizan al estro. Además, desaparece la intensidad de roce, giros y vocalización. (25)

#### **4.4.5. Diestro**

El diestro se define como la fase de dominio de progesterona en gatas o perras. La gata debe tener contacto coital o estimulación vaginal similar para inducir la ovulación antes de que aparezcan cuerpos amarillos y comience a secretar progesterona. En las 24 a 48 hrs. de ovulación hay cuerpos amarillos funcionales capaces de secretar progesterona. Suponiendo que la gata allá ovulado pero no se encuentre embarazada, las concentraciones de estrógeno plasmático son básales y las concentraciones de progesterona plasmática aumentan. Las concentraciones de progesterona plasmática mayores a 1 o 2 ng/ml se relacionan con el diestro y son mayores a 20 ng/ml al cabo de 14 a 18 días. (16, 18)

Los ovarios contienen cuerpos amarillos firmes de tono pardo a anaranjado que permanecen funcionales durante 35 a 37 días. Las concentraciones plasmáticas de progesterona que descienden a niveles básales corresponden al cese de la función lútea, tal vez se requiere de hasta 35 días adicionales para que la gata vuelva a mostrar estro, aunque no se posee una comprensión integral del mecanismo para la demora variable de los ciclos. El útero alcanza su mayor tamaño durante el diestro debido al engrosamiento extremo del endometrio. Los cuernos se abultan y se enroscan al interior de la serosa, formando abultamientos palpables irregulares en forma de sacacorchos. El aspecto de la vagina, el vestíbulo y la vagina es normal. (7, 18, 27)

#### **4.4.6. Anestro**

El anestro es un periodo de inactividad reproductora clínica. Las gatas en anestro no atraen a los machos ni muestran conducta sexual o evidencia de función ovárica activa. Es difícil diferenciar a la hembra en anestro de la que ha sido sometida a ovario histerectomía. (1, 8)

### **a) Temporalidad y duración.**

Por lo general, el anestro comienza en octubre y concluye a finales de diciembre. El anestro se ha descrito en algunas colonias, gatas individuales o ambas, con inicio a mediados de verano (de junio a agosto) y duración hasta enero. Aunque la variabilidad individual es frecuente, el acortamiento de los días y calor de verano son factores que pueden inducir el inicio del anestro. Este suele terminar cuando los días comienzan a ser más largos después del solsticio de invierno. (1, 2, 5)

Es posible demorar el inicio del anestro en gatas al mantenerlas al menos 10 hrs. bajo luz artificial (equivalente a la que proporciona una bombilla de 100 vatios en una habitación de 4X4); esta técnica hace que algunas gatas tengan ciclos durante todo el año (2, 5).

Sin embargo, algunas todavía pueden encontrarse en anestro durante noviembre y diciembre a pesar del complemento de luz artificial. No se ha valorado el efecto de la exposición a este tipo de luz en gatas que viven en interiores. (1)

Desde el punto de vista hormonal, el anestro es similar al intervalo prolongado de ínter estro. Las concentraciones plasmáticas de estrógeno y progesterona permanecen a niveles basales, en tanto que las de hormona hipofisiaria sufren fluctuaciones menores. La citología vaginal es congruente con un periodo de ínter estro. Las células epiteliales vaginales constan de menos del 10% de células parabasales, un 40 a 70% de células intermedias y un 30 a 40% de células superficiales nucleadas. (1, 5)

#### **4.5. Fecundación**

Ocurre generalmente en el ámpula del oviducto. (5)

#### **4.6. Mantenimiento de los espermatozoides**

En algunas especies, el fluido del oviducto tiene una influencia directa en la respiración de los espermatozoides y en el inicio del desarrollo embrional inicial. La presencia de proteínas únicas especializadas en el fluido del oviducto implica que las células epiteliales secretoras del oviducto puedan estar envueltas en una actividad secretora específica. (4, 7)

Las contracciones del oviducto facilita el mezclado del contenido del oviducto, ayudan a despojar el óvulo de sus capas externas, promueven la fecundación aumentando las probabilidades del contacto entre el huevo y los espermatozoides y regulan parcialmente el transporte del óvulo. El peristaltismo del oviducto tiende a atrasar ligeramente el progreso del óvulo en vez de transportarlo. (7, 9)

### **V. METODOS DE DIAGNOSTICO**

#### **5.1. Métodos de diagnostico de la ovulación**

Actualmente el método mas común para diagnosticar el momento en que la gata se encuentra en estado optimo para ovular en mediante la evaluación de las señales fisiológicas. La observación de comportamiento y sobre todo y con más certeza es la citología vaginal exfoliativa. (1,7)

### 5.1.1. Señales fisiológicas

Como puede observarse al estudiar el ciclo estral felino, la estacionalidad reproductiva de la gata doméstica está íntimamente relacionada con el fotoperiodo y la concentración de melatonina sérica. Esta última, es una hormona derivada de la serotonina y es sintetizada y secretada principalmente por la glándula pineal. La liberación de melatonina sigue un ritmo circadiano; es liberada en períodos de oscuridad, momento en que se sintetiza. Por el contrario, durante períodos de luz al estar inhibida la síntesis no hay secreción de melatonina. En el caso de la gata, al ser una especie fotoperíodo positivo, la secuencia de eventos que sigue a un cambio de estación es la siguiente: en verano las noches son cortas y la duración de la secreción de melatonina es igualmente corta y por lo tanto la concentración de melatonina sérica es baja ( $0,53 \pm 0,1$  ng/ml). (2, 5, 23)

Como consecuencia de esto, se producen pulsos de GnRH. La liberación pulsátil de GnRH provoca una liberación pulsátil de la gonadotropinas hipofisarias especialmente de la hormona luteinizante, la que produce en la hembra el comienzo del período reproductivo. Por el contrario en invierno, las noches son largas y la duración de la secreción de melatonina durante la noche es igualmente larga y por lo tanto la concentración de melatonina sérica es alta ( $8,94 \pm 2,6$  ng/ml). Como consecuencia del cambio en la duración de la liberación de melatonina durante la noche desde el verano al invierno, en esta última estación no ocurren pulsos de GnRH y el eje gonadal hipofisario está quiescente. De esta manera la melatonina regula el estado funcional de las gónadas y controla la capacidad reproductiva de un animal según la estación del año. El completo conocimiento y comprensión de la fisiología reproductiva de la gata así como la función de las hormonas que participan en el ciclo reproductivo felino, son necesarios para realizar una adecuada prevención de los ciclos estales. La observación de los signos clínicos conductuales y cambios en la imagen citológica

vaginal presentes en las distintas fases del ciclo estral permiten caracterizar al mismo así como realizar una aproximación diagnóstica racional. Del mismo modo el conocimiento del mecanismo de acción y función de las hormonas hipofisarias y gonadales, nos permitirá una mejor comprensión de las variaciones hormonales del ciclo estral felino así como de las posibilidades de manejo del mismo. (2, 5, 23, 31)

### **5.1.2. Citología vaginal**

El frotis vaginal de la gata es menos marcado y definido que en la perra. Durante el anestro, el epitelio vaginal consiste en pocas capas de células. El frotis en anestro contiene células epiteliales basales, nucleadas y leucocitos. Las células cornificadas están ausentes o presentes en pequeño número. Bajo la influencia de estrógenos, el epitelio vaginal engrosa, y se cornifica en sus capas superficiales. Durante la fase folicular, antes de la ovulación, el frotis vaginal consiste esencialmente en células cornificadas, anucleadas, de células intermedias y superficiales, parcialmente cornificadas. Después de la ovulación, durante la fase lútea, las células superficiales e intermedias predominan aunque se pueden encontrar algunas células parabasales. (24, 25, 30)

La estimulación mecánica provista durante la recolección de muestras vaginales para frotis pueden inducir ovulación en algunas gatas. Esta posibilidad debe considerarse cuando se toman frotis vaginales repetidos de una gata. (17, 25,

30)

<b>FASE FOLICULAR</b> (Proestro y estro antes de la ovulación)	<b>FASE LUTEA E INTERESTRO</b> (Estro después de ovulación, gestación, pseudogestación)
Ausencia de detritus no celulares (clarificación del frotis vaginal) es el signo más temprano de actividad folicular.	Células superficiales e intermedias son el tipo dominante ( $\geq 80\%$ de la población total de las células).
Proporción incrementada de <i>células cornificadas, anucleadas</i> (de 5 a 40% de la población total de las células) quedando aproximadamente 40% del primer al cuarto día de la fase folicular.	Están presentes células parabasales, su porcentaje relativo varía entre 1 a 6%.
<i>Células intermedias</i> , en parte cornificadas con núcleo intacto, decaen progresivamente del 45 al 6% del primer al cuarto día de la fase folicular.	
<i>Células superficiales</i> , cornificadas en parte con signos de degeneración nuclear, quedan aproximadamente 50% a lo largo del estro.	
No se encuentran células parabasales, no cornificadas.	
Se ven raramente eritrocitos.	

**Frotis vaginal de la gata- Cambios citológicos**

## LITERATURA CITADA

1. Banks DR: Physiology and endocrinology of the feline estrous cycle, *in* Morrow DE (ed): Current Therapy in Theriogenology. Philadelphia, WB Saunders Co, 1986, p 795.
2. Chistiansen, I. 1989. Reproducción en el perro y en el gato. Inter-Vet. Buenos Aires.
3. Christiancen IJ: Reproduction in the Dog and Cat. London, Bailliere Tindall, 1984.
4. Colby ED: The estrous cycle and pregnancy. *in* Morrow DE (ed): Current Therapy in Theriogenology. Philadelphia, WB Saunders Co, 1980b, p 832.
5. Concannon PW, et al: Reflex Lh release in estrous cats following single and multiple copulations. Biol Reprod 23:111, 1980.
6. Comercio, E. 1999. Reproducción del gato domestico. <http://www.aike.com.ar/articulo18.html>
7. Feldman CE, Nelson RW. Reproducción de gatos. *In*: Feldman CE, Nelson RW (Ed.). *Endocrinología y reproducción en perros y gatos*. 2.ed. México, DF: Mc Graw-Hill Interamericana; 2000. p.806-36.
8. Giménez F, Stornelli MC, Tittarelli CM, Savignone CA, Sanchez Pereyra N, de la Sota RL, Stornelli MA. Prevención del estro en la gata doméstica mediante la aplicación de implantes de melatonina: 18 y 36 mg. *In*: Congreso de Medicina Veterinaria, 6, 2007, La Habana, Cuba. *Actas ... La Habana*: [s.n.], 2007. p.103. Resumen. CD-ROM.
9. Goodrow KI, et al: A comparison of embryo recovery, embryo quality, estradiol-17beta and P4 profiles in domestic cats (*Felis catus*) at natural and induced oestrus, J Reprod Fertil 82:553, 1988.
10. Jemmett JE, Evans JM. A survey of sexual behaviour and reproduction of female cats. *J Small Anim Pract*, v.18, p.31-37, 1977.
11. Jhonson LM, Gay VL: Luteinizing Hormone in the cat. II. Mating-induced acretion. Endocrinology 109:247, 1981.

12. Lawler DF, Monti KL. New developments in small animal population control. *J Am Vet Med Assoc*, v.202, p.904-909, 1984.
13. Leyva H, Madley T, Stabenfeldt GH. Effect of light manipulation on ovarian activity and melatonin and prolactin secretion in the domestic cat. *J Reprod Fertil Suppl*, n.39, p.125-133, 1989.
14. Lofstedt RM: The estrous cycle of the domestic cat. *Compend Cont Educ* 4:52, 1982
15. Malassine A, Ferre F. Delta 5,3  $\alpha$ -hydroxysteroid dehydrogenase activity in cat placental labyrinth: evolution during pregnancy subcellular distribution. *Biol Reprod*, v.21, p.965-971, 1979.
16. Munday HS, Davidson HPB. Normal gestation lengths in the domestic shorthair cat (*Felis domesticus*) *J Reprod Fertil*, v.47, p.559, 1993. Resumen.
17. Onclink K, Verstegen J. Termination of pregnancy in cats using a combination of cabergoline, a new dopamine agonist, and a synthetic PGF<sub>2</sub> alpha, cloprostenol, *J Reprod Fertil Suppl*, n.51, p.259-263, 1997.
18. Prats E, A. Frottis vaginaux chez la chatte. In: Dumon C, Fontobonne A (Ed.). *Les indispensables de L'animal de compagnie*. Paris: Ed. P.M.C.A.C., 1992. p.59-65.
19. Prescott CW. Reproduction, patterns in the domestic cat. *Aust Vet J*, v.49, p.126-127, 1973.
20. Povey RC. Reproduction in the pedigree female cat. a survey of breeders. *Can Vet J*, v.19, p.207-213, 1978.
21. Robledo MAM, Carneiro MP, Raratella-Evêncio L, Evêncio-Neto J. Avaliação do fotoperíodo na indução do estro em gatas domésticas. *Rev Bras Reprod Anim*, v.27, p.274-275, 2003.
22. Root, M., S. Johnston, P.Olson. 1995. Estrous length, pregnancy rate, gestation and parturition lengths, litter size, and juvenile mortality in the domestic cat. *J.A.A.H.A.* 31: 429-433.
23. Scheer FA, Czeisler CA. Melatonin, sleep, and circadian rhythms. *Sleep Med Rev*, v.9, p.5-9, 2005.

24. Shille VM, et al: Follicular function in the domestic cat as determined by estradiol-17 $\beta$  concentrations in plasma: Relation to estrous behavior and cornification of exfoliated vaginal epithelium. *Biol Reprod* 21:953, 1979.
25. Shille VM. Sojka NJ: Feline Reproduction *in* Ettinger SJ, Feldman EC (eds): Textbook of Veterinary internal medicine. Philadelphia, WB Saunders Co.1995, p 1690.
26. Taubert HD: Luteal phase inadequacy: A quest for new insights. *In* Taubert HD, Kuhl H (eds): The inadequate Luteal Phase. Lancaster, England, MTP Press Ltd, 1984, p 1.
27. Tsutsui, T., Stabenfeldt, G. 1993. Biology of ovarian cycles, pregnancy and pseudopregnancy in the domestic cat. *J. Reprod. Fert., Suppl.* 47: 29-35.
28. Tsutsui T, Nakagawa K, Hirano T, Nagakubo K, Shinomiya M, Yamamoto K, Hori T. Breeding season in female cats acclimated under a natural photoperiod and interval until puberty. *J Vet Med Sci*, v.66, p.1129-1132, 2004.
29. Verstegen J. Reproducción felina. *In*: Ettinger SJ, Feldman EC (Ed.). *Tratado de medicina interna veterinaria*. 5.ed. Buenos Aires: Inter-Médica, 2002. p.1764-1780.
30. Verstegen JP. Physiology and endocrinology of reproduction in female cats. *In*: Simpson GM, England GCW, Harvey M (Ed.) *Manual of small animal reproduction and neonatology*. London: British Small Animal Veterinary Association, 1998. p.11-16.
31. Verstegen JP, Onclin K, Silva LDM. Regulation of progesterone during pregnancy in the cat: studies on the roles of corpora lutea, placenta and prolactin secretion. *J Reprod. Fertil*, v.47, p.165-173, 1993.
32. Vieyetz MR. La glándula pineal. *In*: García Sacristán A, (Ed.). *Fisiología veterinaria*. Mexico, DF: Interamericana McGraw-Hill, 1995. p.696-706.
33. Wildt DE, Guthrie SC, Seager SWJ. Ovarian and cyclicity of the laboratory maintained cat. *Horm Behav*, v.10, p.2251-257, 1978.