

# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

## ESCUELA DE POSTGRADO

### MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y SALUD ANIMAL



**“CORRELACIÓN Y ASOCIACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DEL ESTRO, CRISTALIZACIÓN DEL MOCO CERVICAL Y ULTRASONOGRAFÍA FOLICULAR, EN VACAS LECHERAS, PARA OPTIMIZAR EL TIEMPO DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL. SANTA RITA DE SIGUAS, AREQUIPA - 2016”**

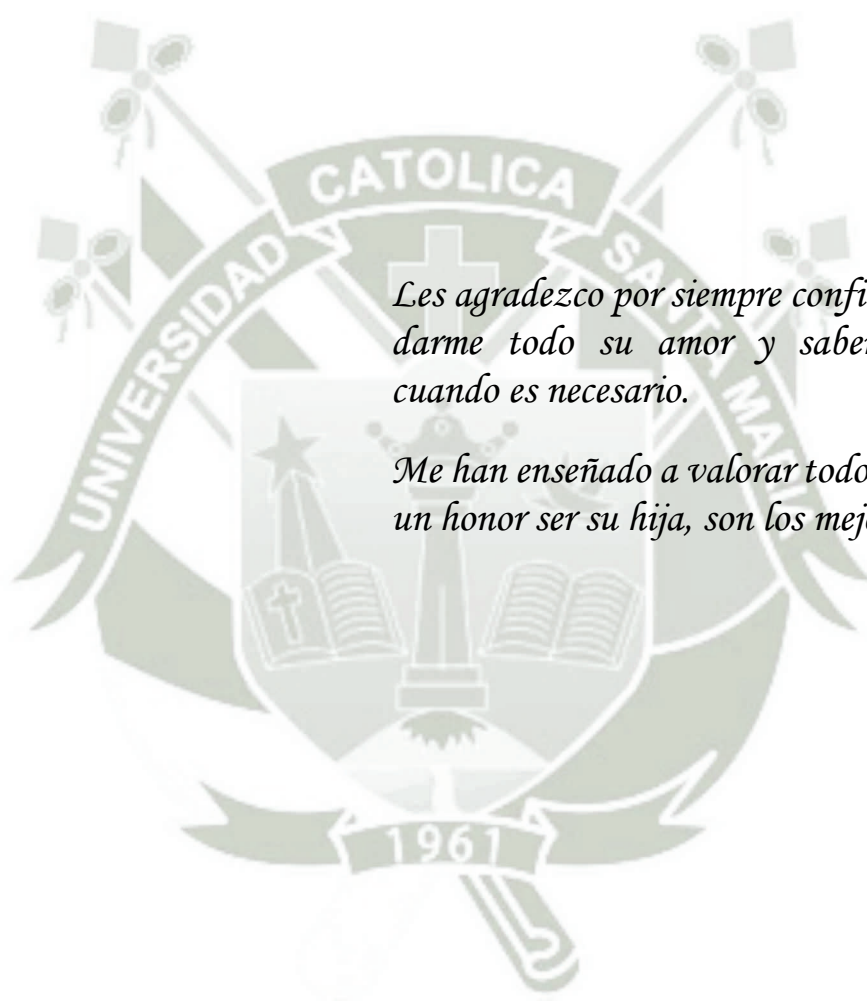
Tesis presentada por la Bachiller:

**NOELIA ALEJANDRA BEGAZO ABRIL**

Para optar el Grado Académico de:

**MAESTRA EN PRODUCCIÓN Y SALUD ANIMAL**

**AREQUIPA – PERÚ  
2016**



*Les agradezco por siempre confiar en mí, por darme todo su amor y saber corregirme cuando es necesario.*

*Me han enseñado a valorar todo y para mí es un honor ser su hija, son los mejores padres.*

***N.A.B.A.***

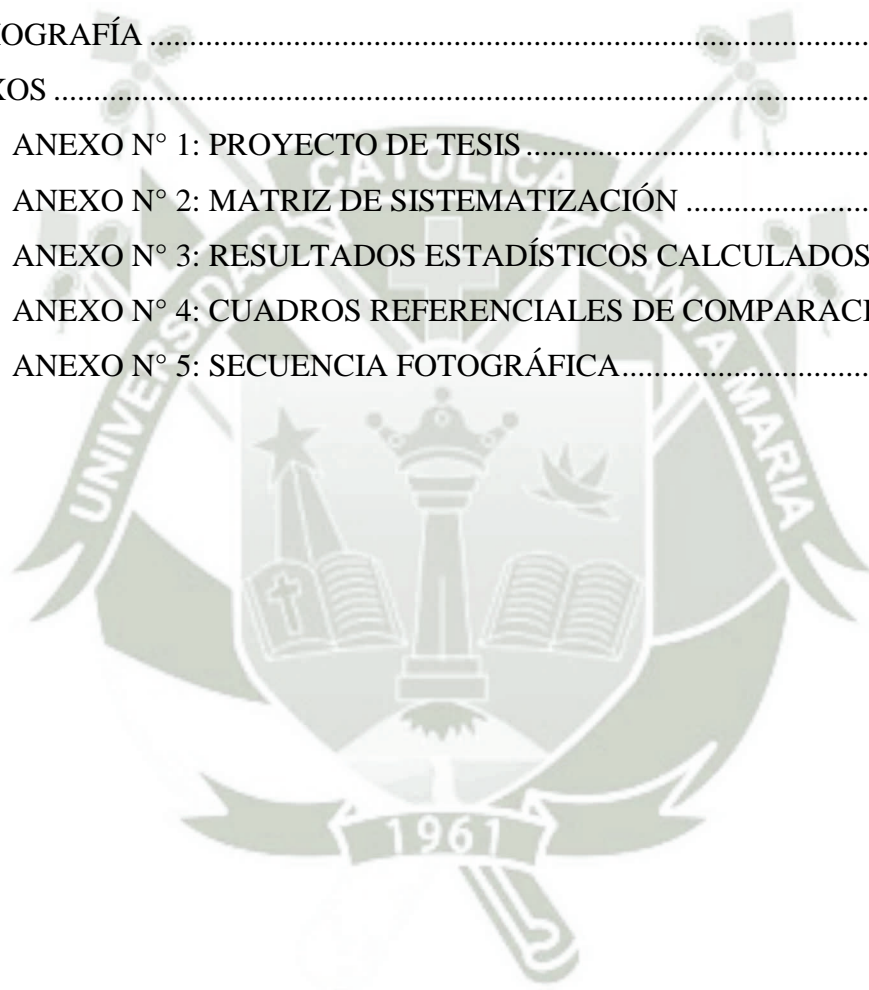


*Podemos juzgar el corazón de una persona  
por la forma que trata a los animales.*

*Immanuel Kant*

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	9
ABSTRACT.....	10
CAPÍTULO ÚNICO: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
CONCLUSIONES .....	52
RECOMENDACIONES.....	52
PROPUESTA.....	54
BIBLIOGRAFÍA .....	59
ANEXOS .....	77
ANEXO N° 1: PROYECTO DE TESIS .....	78
ANEXO N° 2: MATRIZ DE SISTEMATIZACIÓN .....	175
ANEXO N° 3: RESULTADOS ESTADÍSTICOS CALCULADOS .....	183
ANEXO N° 4: CUADROS REFERENCIALES DE COMPARACIÓN .....	202
ANEXO N° 5: SECUENCIA FOTOGRÁFICA.....	204



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1:	ESTADÍGRAFO PARA PUNTUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DEL ESTRO .....	15
TABLA N° 2:	FRECUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DEL ESTRO .....	16
TABLA N° 3:	CALIFICACIÓN PARA LA FORMACIÓN DE CRISTALES DEL MOCO CERVICAL .....	21
TABLA N° 4:	FRECUENCIA DE FORMACIÓN DE CRISTALES .....	22
TABLA N° 5:	DIAMÉTRIO FOLICULAR (mm) DE OVARIOS EN LA ETAPA DEL ESTRO .....	25
TABLA N° 6:	FRECUENCIA FOLICULAR PRE OVULATORIA Y OVULATORIA .....	26
TABLA N° 7:	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LOS MÉTODOS ESTUDIADOS SEGÚN LA HORA DE MUESTREO .....	32
TABLA N° 8:	CORRELACIÓN BIVARIADA DE PEARSON PARA LAS VARIABLES ESTUDIADAS A LA HORA 0 .....	33
TABLA N° 9:	CORRELACIÓN BIVARIADA DE PEARSON PARA LAS VARIABLES ESTUDIADAS A LA HORA 6 .....	36
TABLA N° 10:	CORRELACIÓN BIVARIADA DE PEARSON PARA LAS VARIABLES ESTUDIADAS A LA HORA 12 .....	39
TABLA N° 11:	CORRELACIÓN BIVARIADA DE PEARSON PARA LAS VARIABLES ESTUDIADAS A LA HORA 18 .....	42
TABLA N° 12:	CORRELACIÓN BIVARIADA DE PEARSON PARA LAS VARIABLES ESTUDIADAS A LA HORA 24 .....	45
TABLA N° 13:	CORRELACIÓN CANÓNICA DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS .....	48
TABLA N° 14:	REGISTRO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESTRO A LA HORA 0 .....	176
TABLA N° 15:	REGISTRO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESTRO A LA HORA 6 .....	177

TABLA N° 16:	REGISTRO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESTRO A LA HORA 12.....	178
TABLA N° 17:	REGISTRO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESTRO A LA HORA 18.....	179
TABLA N° 18:	REGISTRO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESTRO A LA HORA 24.....	180
TABLA N° 19:	REGISTRO DE CALIFICACIÓN PARA LA FORMACIÓN DE CRISTALES DE MOCO CERVICAL .....	181
TABLA N° 20:	REGISTRO DEL DIÁMETRO FOLICULAR OVÁRICO .....	182
TABLA N° 21:	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESTRO.....	184
TABLA N° 22:	ESTADÍSTICA DE LA DESCARGA DE MUCUS VAGINAL ....	184
TABLA N° 23:	ESTADÍSTICA DEL REFLEJO DE FLEHMEN.....	185
TABLA N° 24:	ESTADÍSTICA DE LA INQUIETUD.....	185
TABLA N° 25:	ESTADÍSTICA DE LA MONTA MOVIÉNDOSE.....	186
TABLA N° 26	ESTADÍSTICA DEL OLFATEO DE LA VAGINA A OTRA VACA.....	186
TABLA N° 27	ESTADÍSTICA DEL APOYO DEL MENTÓN A OTRA VACA..	187
TABLA N° 28:	ESTADÍSTICA DE LA MONTA (O INTENTO) A OTRA VACA	187
TABLA N° 29:	ESTADÍSTICA DE MONTA LATERAL O POR LA CABEZA A OTRA VACA.....	188
TABLA N° 30:	ESTADÍSTICA DE ACEPTACIÓN DE LA MONTA .....	188
TABLA N° 31:	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LA FORMACIÓN DE CRISTALES DEL MOCO CERVICAL.....	189
TABLA N° 32:	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA MEDICIÓN DEL DIÁMETRO FOLICULAR DE OVARIOS .....	190
TABLA N° 33:	SIMULACIÓN DE MUESTREO DE LA CORRELACIÓN BIVARIADA PARA LA HORA 0 .....	192
TABLA N° 34:	SIMULACIÓN DE MUESTREO DE LA CORRELACIÓN BIVARIADA PARA LA HORA 6 .....	193
TABLA N° 35:	SIMULACIÓN DE MUESTREO DE LA CORRELACIÓN BIVARIADA PARA LA HORA 12 .....	194

TABLA N° 36:	SIMULACIÓN DE MUESTREO DE LA CORRELACIÓN BIVARIADA PARA LA HORA 18 .....	195
TABLA N° 37:	SIMULACIÓN DE MUESTREO DE LA CORRELACIÓN BIVARIADA PARA LA HORA 24 .....	196
TABLA N° 38:	CORRELACIÓN CANÓNICA A LA HORA 0 .....	197
TABLA N° 39:	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN CANÓNICA POR CONJUNTO A LA HORA 0 .....	197
TABLA N° 40:	CARGA CANÓNICA POR CONJUNTO A LA HORA 0.....	197
TABLA N° 41:	CORRELACIÓN CANÓNICA A LA HORA 6 .....	198
TABLA N° 42:	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN CANÓNICA POR CONJUNTO A LA HORA 6 .....	198
TABLA N° 43:	CARGA CANÓNICA POR CONJUNTO A LA HORA 6.....	198
TABLA N° 44:	CORRELACIÓN CANÓNICA A LA HORA 12 .....	199
TABLA N° 45:	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN CANÓNICA POR CONJUNTO A LA HORA 12 .....	199
TABLA N° 46:	CARGA CANÓNICA POR CONJUNTO A LA HORA 12.....	199
TABLA N° 47:	CORRELACIÓN CANÓNICA A LA HORA 18.....	200
TABLA N° 48:	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN CANÓNICA POR CONJUNTO A LA HORA 18 .....	200
TABLA N° 49:	CARGA CANÓNICA POR CONJUNTO A LA HORA 18.....	200
TABLA N° 50:	CORRELACIÓN CANÓNICA A LA HORA 24 .....	201
TABLA N° 51:	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN CANÓNICA POR CONJUNTO A LA HORA 24 .....	201
TABLA N° 52:	CARGA CANÓNICA POR CONJUNTO A LA HORA 24.....	201
TABLA N° 53	PATRÓN PARA PUNTUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESTRO.....	203
TABLA N° 54	PATRÓN PARA LA CALIFICACIÓN DE LA FORMACIÓN DE CRISTALES.....	203
TABLA N° 55:	PATRÓN PARA DENOMINACIÓN FOLICULAR .....	203

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1: FRECUENCIA PORCENTUAL DE LAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DEL ESTRO .....	18
GRÁFICO N° 2: FRECUENCIA PORCENTUAL DE FORMACIÓN DE CRISTALES .....	23
GRÁFICO N° 3: FRECUENCIA PORCENTUAL DEL FOLÍCULO PRE-OVULATORIO Y OVULATORIO .....	27
GRÁFICO N° 4: CORRELACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DEL ESTRO Y LA HORA DE MUESTREO.....	29
GRÁFICO N° 5: CORRELACIÓN ENTRE LA FORMACIÓN DE CRISTALES DE MOCO CERVICAL Y HORA DE MUESTREO.....	30
GRÁFICO N° 6: CORRELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO FOLICULAR Y HORA DE MUESTREO.....	31
GRÁFICO N° 7: CORRELACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE ESTRO, FORMACIÓN DE CRISTALES Y EL DIÁMETRO FOLICULAR A LA HORA 0.....	34
GRÁFICO N° 8: CORRELACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE ESTRO, FORMACIÓN DE CRISTALES Y DIÁMETRO FOLICULAR A LA HORA 6.....	37
GRÁFICO N° 9: CORRELACIÓN DE CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE ESTRO, FORMACIÓN DE CRISTALES Y DIÁMETRO FOLICULAR A LA HORA 12.....	40
GRÁFICO N° 10: CORRELACIÓN DE CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE ESTRO, FORMACIÓN DE CRISTALES Y DIÁMETRO FOLICULAR A LA HORA 18.....	43
GRÁFICO N° 11: CORRELACIÓN DE CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE ESTRO, FORMACIÓN DE CRISTALES Y EL DIÁMETRO FOLICULAR A LA HORA 24.....	46

## RESUMEN

El propósito de un sistema de ganadería lechera es lograr la máxima rentabilidad productiva, ésta finalidad se logra con una interacción correcta de los principales factores tales como: reproducción, genética, nutrición, sanidad y manejo; de los cuales la reproducción es un factor muy importante, ya que las vacas lecheras tienen que parir un ternero por año para ser productivamente rentables. En la actualidad se suscitan problemas reproductivos que limitan el principal propósito de los sistemas de ganadería lechera, uno de ellos es la mala detección del estro (celo) debido a factores principalmente de manejo. Se planteó el presente trabajo con el objetivo de optimizar el momento para la inseminación artificial, correlacionando tres métodos de gran importancia para los sistemas intensivos de ganadería lechera, como son las características externas del estro, el cual es el primer paso para inseminar un animal; la formación de cristales del moco cervical, propiedad biofísica de mayor importancia por su formación de helechos (arborización), la cual permite detectar el estro (celo); finalmente, como un método altamente tecnológico, la medición del diámetro folicular de los ovarios mediante ultrasonografía, siendo un método de diagnóstico de mayor certeza en lo que respecta a la reproducción. Este estudio se llevó a cabo en un sistema intensivo lechero, ubicado en el distrito de Santa Rita de Siguan, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa, cuya ubicación geográficamente está entre las coordenadas  $16^{\circ} 29' 34''$  Latitud Sur y  $72^{\circ} 05' 40''$  Longitud Oeste. Se trabajó durante los meses de abril a octubre del presente año, con 18 vacas fisiológicamente sanas y en producción, realizando el muestreo a las 0, 6, 12, 18 y 24 horas en la etapa del estro (celo), y en busca del método más adecuado se correlacionó según el tiempo, cada método individualmente, iniciando con la observación de las características externas del estro (celo), que de acuerdo a su presentación se les dio una puntuación acumulada dando como resultado  $r=0,896$ , posteriormente, para calificar la formación de cristales se recolectó moco cervical de las vacas en estudio; resultando  $r=0,907$ , en cuanto a la medición del diámetro folicular de los ovarios se realizaron ultrasonografías endorectales, siendo  $r=0,996$ . A su vez para determinar el momento óptimo para la inseminación artificial se correlacionó los tres métodos estudiados, reflejando: hora 0:  $r = 0,388$ , hora 6:  $r = 0,431$ , hora 12:  $r = 0,908$ , hora 18:  $r = 0,727$ , y la hora 24:  $r = 0,645$ . Concluyendo que el método más adecuado es la medición del diámetro folicular mediante ultrasonografía. Finalmente existe una correlación positiva muy fuerte a la hora 12, entre las características externas del estro (celo), la formación de cristales y el diámetro folicular. Se recomienda seguir con la investigación, experimentando la inseminación a la hora 12 para obtener índices de preñez esperados.

## ABSTRACT

The purpose of a system of dairy farming is to achieve the maximum productive profitability, this purpose is achieved with a correct interaction of the main factors such as: reproduction, genetics, nutrition, health and management; where the reproduction is a very important factor, since dairy cows have to give birth to one calf per year to be productively profitable. There are currently reproductive problems that limit the main purpose of dairy farming systems, one of which is the poor detection of estrus due to mainly management factors. The objective of this study was to optimize the timing of artificial insemination, correlating three methods of great importance for the intensive systems of dairy farming, such as the external characteristics of estrus, which is the first step to inseminate an animal; the formation of crystals of the cervical mucus, biophysical property of greater importance for its formation of ferns (arborization), which allows to detect estrus (estrus); Finally, as a highly technological method, the measurement of the follicular diameter of the ovaries by ultrasonography, being a diagnostic method of greater certainty with regard to reproduction. This study was carried out in an intensive milk system, located in the district of Santa Rita de Siguan, Arequipa province, Arequipa department, whose geographical location is between the coordinates  $16^{\circ} 29' 34''$  South latitude and  $72^{\circ} 05' 40''$  West Length. During the months of April to October of this year, 18 healthy and productive cows were sampled at 0, 6, 12, 18 and 24 hours in estrus (estrus) stage, and in search of The most adequate method was correlated according to time, each method individually, starting with the observation of external estrus characteristics (estrus), which according to their presentation were given a cumulative score resulting in  $r = 0.896$ , later, to qualify The formation of crystals collected cervical mucus from the cows under study; Resulting  $r = 0.907$ , in the measurement of the follicular diameter of the ovaries, endorectal ultrasound was performed, where  $r = 0.996$ . In order to determine the optimal timing for artificial insemination, the three methods were correlated, reflecting: hour 0:  $r = 0.388$ , hour 6:  $r = 0,431$ , hour 12:  $r = 0.908$ , hour 18:  $r = 0.727$ , and hour 24:  $r = 0.645$ . Concluding that the most appropriate method is the measurement of the follicular diameter by ultrasonography. Finally, there is a very strong positive correlation at hour 12 between the external characteristics of estrus (estrus), crystal formation and follicular diameter. It is recommended to continue the research, experiencing insemination at hour 12 to obtain expected pregnancy rates.

## INTRODUCCIÓN

La crianza de ganado lechero y producción lechera en el Perú nuevamente está surgiendo, esto se debe a la estabilidad económica que existe actualmente en el país, sin embargo, aún es dependiente de la demanda interna de productos lácteos y de la situación del mercado internacional. Se espera que en el sistema intensivo de producción lechera se produzca la consolidación de los establos de mayores tamaños y más eficientes, (Jonás 2015). Dicha actividad genera trabajo e ingresos económicos a muchas familias y empresas, de esta manera, aportan con el crecimiento de un país, logrando así un mayor desarrollo y bienestar. Siendo el propósito de un sistema ganadero lograr la máxima rentabilidad productiva, ésta se logra con la interacción correcta de factores tales como: reproducción, genética, nutrición, sanidad, y de manejo. De modo que, en cuanto a la reproducción, las vacas lecheras tienen que parir a intervalos regulares (un ternero por vaca por año), con la finalidad de incrementar la producción individual y total del establo (Palmer, 2008).

Una de las causas primordiales que limitan la eficiencia reproductiva de la vaca lechera es la mala detección del estro, convirtiéndose en un aspecto crítico en la explotación lechera, lo que conlleva a una reproducción retrasada, trayendo consigo consecuencias como: la reducción del tiempo de la vaca produciendo leche, debido a que el pico de producción no se da con tanta frecuencia y los periodos de seca se extienden; el número de terneros nacidos por año decrece, dando menos oportunidades para descartar vacas con baja producción de leche, disminuyendo la posible ganancia genética en la explotación lechera, así mismo, el costo directo para el tratamiento de los desórdenes reproductivos, los servicios y honorarios veterinarios se incrementa.

Con el pasar de los años se han desarrollado varios métodos de campo para la detección del estro, pero la forma más segura y de menor costo es la visualización de las características externas del estro (Jiménez *et al.*, 2006), siendo el primer paso para inseminar un animal. La señal más confiable de que un animal está listo para inseminarse es el comportamiento de permitir la monta por otro animal. El tener varios animales en estro en el mismo grupo aumentará la actividad de monta y los signos serán más visibles. (Sepúlveda *et al.*, 2003).

Por otro lado, el moco cervical con respecto a la detección del estro y el acercamiento del día de la ovulación, es una de estas manifestaciones que da un índice efectivo y a la vez su práctica es económica (García, 2010). Una de las propiedades biofísicas más representativas del moco, es la formación de cristales (forma de helechos), la cual permite la detección del estro y juega un papel importante sobre la motilidad espermática, pudiendo ser un factor predictivo, para que el productor identifique el momento ideal para realizar la inseminación artificial (Velázquez *et al.*, 2006). Siendo éste, un método más sencillo, rentable en lo que respecta a la reproducción y por ende a la fertilidad de vacas lecheras (Cortés, 2012).

La ultrasonografía en reproducción bovina se incrementa cada día por el veterinario clínico, pues su utilización es demandada cada vez más por los ganaderos y los centros científicos, ya que su aplicación confirma o desestima la valoración realizada por palpación rectal, constituyendo un medio de diagnóstico certero, en la dinámica de las ondas foliculares, desarrollo del cuerpo lúteo, determinación del estado de gestación precoz, sexado de las crías y la evaluación de los procesos patológicos del sistema reproductor, entre otros usos. Ésta es totalmente inocua, no irradia al paciente, ni al operador. La experiencia del operador tiene una gran importancia para el uso adecuado de la misma, la coordinación entre la visualización de la imagen y los movimientos realizados con la mano, así como la localización de los órganos reproductivos son de fundamental importancia (Colazo *et al.*, 2013).

Sabiendo que estos tres métodos son de gran utilidad en lo que respecta a la reproducción animal; se trabajó con 18 vacas en producción, en etapa del estro, muestreando a la hora 0, 6, 12, 18 y 24, siendo la hora 0, cuando el animal permite la monta. El trabajo se inició con la observación de las características externas del estro, que de acuerdo a su presencia se le dio una puntuación acumulada, posteriormente introduciendo una pipeta de inseminación artificial hasta la cérvix se recolectó moco cervical mediante aspiración, siendo observado a la luz del microscopio, de esta forma se calificó la formación de cristales, finalmente se realizó la medición para el diámetro folicular de los ovarios mediante la ultrasonografía endorectal.

Luego de llenada la base de datos se realizó un estudio estadístico de correlaciones bivariadas de Pearson, el cual busca entrelazar en parejas estos tres métodos y para una asociación más compleja y detallada se utilizó la correlación canónica, con el objetivo principal de optimizar el momento para la inseminación artificial. Los dos primeros métodos estudiados no requirieron gastos considerables y pueden ser practicados de forma sencilla en la explotación lechera, complementada con el método de ultrasonografía, siendo ésta última utilizada en la reproducción bovina por su eficiencia. Este estudio abre camino para más investigaciones, no sólo optimizando el tiempo para inseminación artificial, si no también valorando los índices de tasa de preñez efectiva, la cual dará mayor rentabilidad económica en la explotación lechera.





**CAPÍTULO ÚNICO:  
RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

# 1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DEL ESTRO, FORMACIÓN DE CRISTALES DEL MOCO CERVICAL Y DIAMÉTRO FOLICULAR OVÁRICO DE VACAS LECHERAS EN PRODUCCIÓN A LA HORA 0, 6, 12, 18 Y 24.

## 1.1. CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DEL ESTRO

En la **tabla N°1**, se observa la puntuación de las características externas del estro, de 18 vacas en producción según la hora de muestreo; puntuación obtenida según la tabla adaptada por Van Eerdenburg *et al.*, (1996).

**TABLA N° 1:**  
**ESTADÍGRAFO PARA PUNTUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DEL ESTRO**

N°	VACA	HORA				
		0	6	12	18	24
1	Samsung	135	135	145	32	10
2	Begonia	132	115	120	32	4
3	Yolita	123	135	170	35	10
4	Pamela	130	148	174	35	14
5	Ildiva	115	127	170	35	10
6	Lola	106	135	170	24	14
7	Loreto	114	104	160	35	10
8	Chocolate	110	110	174	24	14
9	Vilma	135	103	135	4	3
10	Lavalle	135	135	164	35	14
11	Merliz	107	115	150	39	4
12	Arequipa	130	104	177	35	10
13	Elegant	120	103	115	39	3
14	Málaga	125	124	124	19	10
15	Apurímac	103	127	103	20	3
16	Piura	103	120	152	35	3
17	Pimienta	115	124	135	25	7
18	Levita	115	107	115	4	7
<b>Media</b>		<b>119,61</b>	<b>120,61</b>	<b>147,39</b>	<b>28,17</b>	<b>8,33</b>
<b>Mediana</b>		<b>117,50</b>	<b>122,00</b>	<b>151,00</b>	<b>33,50</b>	<b>10,00</b>
<b>Moda</b>		<b>135,00</b>	<b>135,00</b>	<b>170,00</b>	<b>35,00</b>	<b>10,00</b>
<b>Desviación estándar</b>		<b>11,39</b>	<b>13,75</b>	<b>24,22</b>	<b>10,72</b>	<b>4,20</b>
<b>Rango</b>		<b>32,00</b>	<b>45,00</b>	<b>74,00</b>	<b>35,00</b>	<b>11,00</b>
<b>Mínimo</b>		<b>103,00</b>	<b>103,00</b>	<b>103,00</b>	<b>4,00</b>	<b>3,00</b>
<b>Máximo</b>		<b>135,00</b>	<b>148,00</b>	<b>177,00</b>	<b>39,00</b>	<b>14,00</b>
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		<b>9,52</b>	<b>11,40</b>	<b>16,43</b>	<b>38,07</b>	<b>50,41</b>

Fuente: Elaboración propia.

Para la hora 0, la media hallada fue de  $119,61 \pm 11,39$ , el valor máximo hallado fue de 135,00 y el valor mínimo de 103,00 generando una diferencia de 32,00 puntos, en lo que respecta a las características externas del estro.

En el caso de la hora 6, se halló una media de  $120,61 \pm 13,75$ , con un valor máximo hallado de 148,00 y el valor mínimo de 103,00 lo cual genera una diferencia de 45,00 puntos.

A la hora 12 la media hallada fue de  $147,39 \pm 24,22$ , el valor máximo hallado fue de 177,00 y el valor mínimo de 103,00 resultando una diferencia de 74,00 puntos.

Analizando la hora 18, resultó una media de  $28,17 \pm 10,72$ , siendo el valor máximo de 39,00 y el valor mínimo de 4,00 lo cual genera una diferencia de 35,00 puntos.

Finalmente, a la hora 24 se halló una media de  $8,33 \pm 4,20$ , el valor máximo hallado fue de 14,00 y el valor mínimo de 3,00 generando una diferencia de 11,00 puntos.

La **tabla N°2**, presenta la frecuencia de las características externas del estro de forma individual, a las cuales se les dieron una puntuación según la hora de muestreo; tabla adaptada por Van Eerdenburg *et al.*, (1996).

**TABLA N° 2:**  
**FRECUENCIA ( $f_i$ ) DE LAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DEL ESTRO**

Características Externas del Estro	HORA										Valores Estadísticos	
	0		6		12		18		24		X <sup>2</sup>	P
	f <sub>i</sub>	%	f <sub>i</sub>	%	f <sub>i</sub>	%	f <sub>i</sub>	%	f <sub>i</sub>	%		
Descarga de mucus vaginal (3)*	11	61,11	8	44,44	7	38,89	5	27,78	7	38,89	2,53	>0,05
Flehmen (3)*	6	33,33	2	11,11	6	33,33	3	16,67	5	27,78	3,00	>0,05
Inquietud (4)*	8	44,44	9	50,00	11	61,11	12	66,67	10	55,56	1,00	>0,05
Monta Moviéndose (10)*	9	50,00	9	50,00	8	44,44	9	50,00	3	16,67	3,58	>0,05
Olfateo de la vagina a otra vaca (10)*	4	22,22	6	33,33	8	44,44	9	50,00	4	22,22	3,36	>0,05
Apoyo del mentón en otra vaca (15)*	7	38,89	5	27,78	14	77,78	10	55,56	0	0,00	5,11	>0,05
Monta(o intento) a otra vaca (35)*	1	5,56	1	5,56	5	27,78	3	16,67	0	0,00	4,40	>0,05
Monta lateral o por la cabeza a otra vaca (45)*	0	0,00	1	5,56	5	27,78	0	0,00	0	0,00	2,67	>0,05
Acepta la monta (100)*	18	100,00	18	100,00	18	100,00	0	0,00	0	0,00	0,00	>0,05

\* Puntaje para las características externas del estro (celo).

**Fuente:** Elaboración propia.

Según la prueba de Chi cuadrado ( $X^2=2,53$ ), muestra que la descarga de mucus vaginal no presentó diferencia estadística significativa ( $P>0,05$ ).

Chi cuadrado ( $X^2=3,00$ ), indica que el reflejo de flehmen, no presentó diferencia estadística significativa ( $P>0,05$ ).

El resultado de la prueba de Chi cuadrado ( $X^2=1,00$ ), para la inquietud muestra que no hubo diferencia estadística significativa ( $P>0,05$ ).

Chi cuadrado ( $X^2=3,58$ ), muestra que la monta moviéndose, no presentó diferencia estadística significativa ( $P>0,05$ ).

Para el olfateo de la vagina a otra vaca el resultado de Chi cuadrado fue ( $X^2=3,36$ ), indicando que no hay diferencia estadística significativa ( $P>0,05$ ).

Con respecto al resultado de Chi cuadrado ( $X^2=5,11$ ) obtenido para el apoyo del mentón en otra vaca, se observa que no hubo diferencia estadística significativa ( $P>0,05$ ).

La prueba de Chi cuadrado ( $X^2=4,40$ ) indica que la monta (o intento) a otra vaca, no presentó diferencia estadística significativa ( $P>0,05$ ).

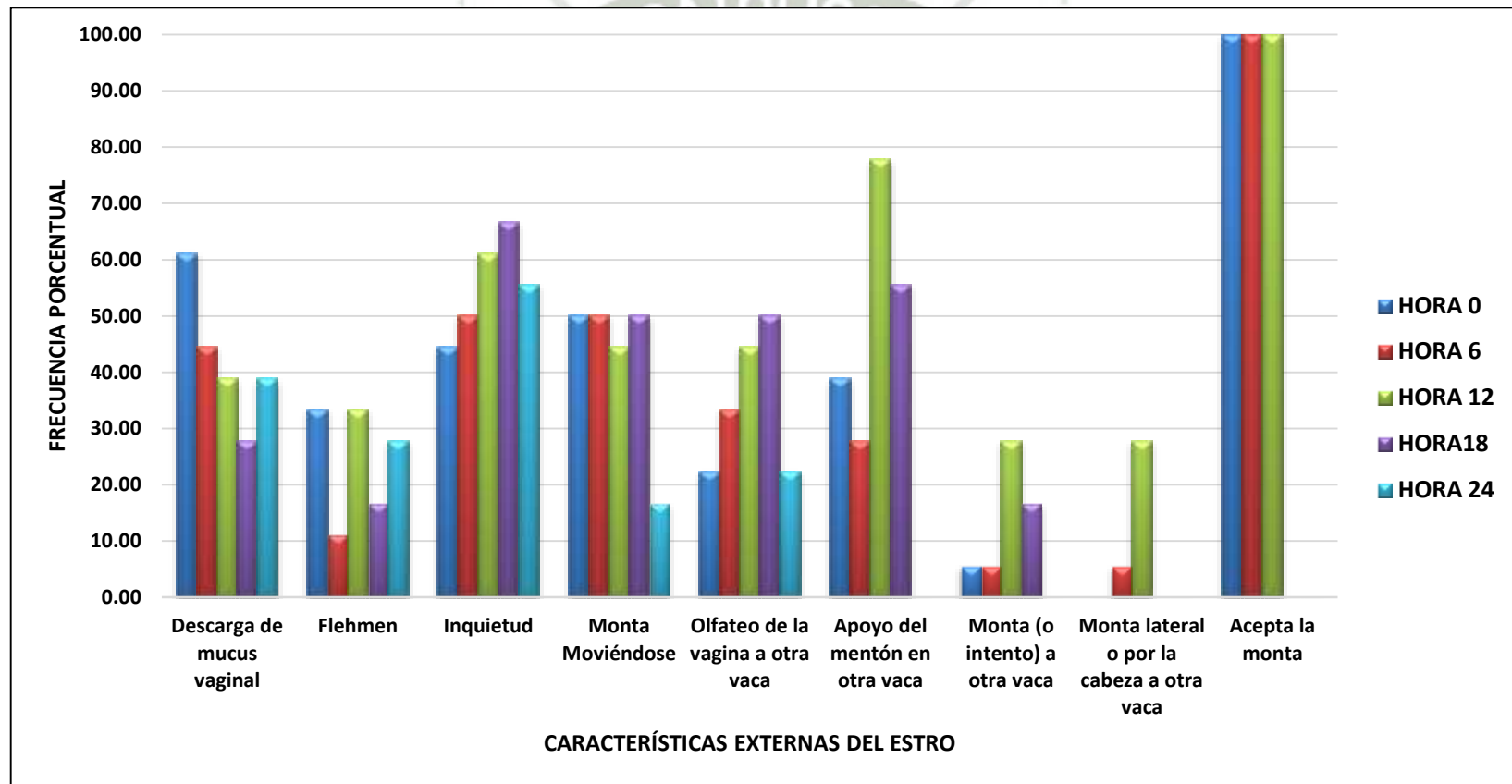
Chi cuadrado ( $X^2=2,67$ ), muestra que la monta lateral o por la cabeza a otra vaca, no presentó diferencia estadística significativa ( $P>0,05$ ).

Con respecto al resultado Chi cuadrado ( $X^2=0,00$ ), indica que la acepta de la monta, no presentó diferencia estadística significativa ( $P>0,05$ ).

Estos resultados indican que las vacas durante la etapa del estro, no presentaron diferencias estadísticas significativas, esto quiere decir que las características externas del estro se mantuvieron constantes.

El **gráfico N°1**, muestra la frecuencia porcentual de las características externas del estro de forma individual según la hora de muestreo.

**GRÁFICO N° 1:**  
**FRECUENCIA PORCENTUAL DE LAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DEL ESTRO**



Fuente: Elaboración propia.

La descarga de mucus vaginal se presentó durante las 24 horas de muestro, dándose la mayor descarga a la hora 0 con 61,11% y la menor descarga a la hora 18 con un 27,78%.

Para el reflejo de Flehmen, se observó durante las 24 horas de muestreo, presentándose en menor frecuencia a la hora 6 con un 11,11%.

La inquietud, también se observó durante las 24 horas de muestreo, siendo en mayor frecuencia a la hora 18 con un 66,67%.

En la monta moviéndose, se presentó con una frecuencia constante, de la hora 0 a la hora 18, identificando un bajo porcentaje de 16,67% a la hora 24.

De igual manera, el olfateo de la vagina a otra vaca se presentó durante las 24 horas del muestreo, dándose a la hora 18 el de mayor porcentaje de 50,00%.

Con respecto al apoyo del mentón a otra vaca, el mayor porcentaje se dio a la hora 18 con un porcentaje de 77,78%, no observándose ésta característica externa del estro a la hora 24.

La monta (o intento) a otra vaca con respecto a las demás características del estro se manifestó de una manera menos frecuente, alcanzando su mayor porcentaje a la hora 12 con un 27,78%, no presentándose este a la hora 24.

Se analizó que la monta lateral o por la cabeza a otra vaca, fue una característica externa del estro poco frecuente, siendo observada solo a la hora 6 (5,56%) y a la hora 12 (27,78%).

Finalmente, la acepta de la monta se presentó con un porcentaje de 100%, desde la hora 0 a la hora 12, siendo ésta característica externa del estro nula a la hora 18 y 24.

La presencia de estas características, son constantes desde la hora 0 a la hora 12 en la mayoría de las vacas, observando una frecuencia menor a partir de la hora 18 a la hora 24, donde cesan la mayoría de estas características externas del estro.

La observación de las características externas es un método que requiere de una aguda observación, ya que la mayoría de las vacas poseen un patrón de comportamiento similar que cambia gradualmente desde el inicio hasta el final del estro. Algunas vacas pueden mostrar signos extremos de estro, otras pueden exhibir solo cambios mínimos de conducta, esto se puede deber a diferentes factores como sistemas de confinamiento (pasturas, establos, bretes); clima, entre otras, que pueden alterar la presencia en que los animales muestran las características del estro.

Palomares (2013), acota que, se debe tener en cuenta que el detectar las características del estro es el primer paso para inseminar un animal. La señal más confiable de que un

animal está listo para inseminarse es el comportamiento de permitir la monta por otro animal. El tener varios animales en celo en el mismo grupo aumentará la actividad de monta y los signos serán más visibles.

Diversos autores han trabajado en este tema, investigando la presencia de las características externas del estro, concordando así con Strappini *et al.*, (2015), quien manifiesta en su experimentación, que el 100% de las hembras mostraron al menos una característica asociada al estro, a su vez, se difiere con sus resultados donde indica que sólo el 22% de los animales mostraron la característica de aceptación de la monta. Con respecto a nuestros resultados donde encontramos que el 100% de las vacas muestreadas presentó ésta característica desde la hora 0 hasta las 12 horas. Ésta discrepancia es posible que se deba a diversos factores como localización geográfica de hábitat del animal, raza, edad, duración del estro, entre otros factores, tanto internos como externos que intervienen en la producción de sistemas de ganadería lechera.

La observación de las características externas del estro es un método que si bien es antiguo, sigue siendo el más utilizado por ser rentable y eficiente cuando se realiza adecuadamente. Concordando con Carroza *et al.*, (2010) quien comparó dos técnicas para detectar el estro, obteniendo un 70,8% para la observación visual de las características externas del estro y un 57,7% para un sistema de medición de actividad, concluyendo que la visualización de las características externas del estro es uno de los métodos más adecuado.

En la actualidad se vienen desarrollando modernos métodos para la detección de estro, uno de los más utilizados es la sincronización de estro, que si bien es un aporte significativo, éste a su vez, trae consecuencias en el aspecto reproductivo, modificando el equilibrio fisiológico hormonal, factor que hace que la detección de estro para aplicar la inseminación artificial sea cada vez más complicada y por lo tanto el ganadero tenga que invertir un mayor tiempo en la observación y control de sus vacas reproductoras, lo que trae consigo el acorte de una vida reproductiva de la vaca, por ende la disminución de los índices de producción esperados, como también inconvenientes económicos en el sistema de producción de ganado lechero.

Compartiendo el aporte de Sepúlveda *et al.*, (2003), quien impulsa a que las detecciones del estro se hagan de forma natural, observando las características externas del estro para así poder brindarle una calidad de vida a la vaca lechera. Teniendo en cuenta que países de la Unión Europea prohíben la venta y el consumo de alimentos que contengan hormonas, dado que estas tienen un impacto directo en el mercado, así como también se viene incrementando el consumo de productos limpios, verdes y éticos, por lo cual se trata de reducir o eliminar el uso de químicos y hormonas.

## 1.2. EVALUACIÓN DE LOS PATRONES DE CALIFICACIÓN PARA LA FORMACIÓN DE CRISTALES DEL MOCO CERVICAL

La **tabla N° 3**, muestra la calificación para la formación de cristales del moco cervical de 18 vacas en producción, las cuales fueron muestreadas en la etapa del estro (celo), obteniendo resultados según el patrón de calificación para la arborización y cristalización del moco cervical, propuesto por Tsiligianni *et al.*, (2000).

**TABLA N° 3:**  
**CALIFICACIÓN PARA LA FORMACIÓN DE CRISTALES DEL MOCO CERVICAL**

N°	VACA	HORAS				
		0	6	12	18	24
1	Samsung	1	1	4	2	1
2	Begonia	0	2	3	3	2
3	Yolita	3	3	4	4	2
4	Pamela	1	2	4	4	3
5	Ildiva	1	2	4	4	2
6	Lola	1	3	4	3	4
7	Loreto	1	1	4	4	2
8	Chocolate	0	3	4	4	4
9	Vilma	2	2	4	3	1
10	Lavalle	4	3	4	4	3
11	Merliz	1	3	3	4	2
12	Arequipa	4	1	4	4	4
13	Elegant	2	1	2	4	1
14	Málaga	3	3	3	3	3
15	Apurímac	3	1	2	2	2
16	Piura	1	3	3	4	3
17	Pimienta	0	2	3	3	2
18	Levita	1	1	2	1	1
<b>Media</b>		<b>1,61</b>	<b>2,06</b>	<b>3,39</b>	<b>3,33</b>	<b>2,33</b>
<b>Mediana</b>		<b>1,00</b>	<b>2,00</b>	<b>4,00</b>	<b>4,00</b>	<b>2,00</b>
<b>Moda</b>		<b>1,00</b>	<b>3,00</b>	<b>4,00</b>	<b>4,00</b>	<b>2,00</b>
<b>Desviación estándar</b>		<b>1,29</b>	<b>0,87</b>	<b>0,78</b>	<b>0,91</b>	<b>1,03</b>
<b>Rango</b>		<b>4,00</b>	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>
<b>Mínimo</b>		<b>0,00</b>	<b>1,00</b>	<b>2,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
<b>Máximo</b>		<b>4,00</b>	<b>3,00</b>	<b>4,00</b>	<b>4,00</b>	<b>4,00</b>
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		<b>80,05</b>	<b>42,45</b>	<b>22,94</b>	<b>27,22</b>	<b>44,10</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la hora 0, la media hallada fue de  $1,61 \pm 1,29$ , el valor máximo hallado fue de 4,00 y el valor mínimo de 0,00, lo cual genera una diferencia de 4,00 puntos a la hora de calificar la formación de cristales del moco cervical en la etapa del estro.

Analizando la hora 6, se halló una media de  $2,06 \pm 0,87$ , con un valor máximo hallado de 3,00 y un valor mínimo de 1,00, generando una diferencia de 2,00 puntos.

Para la hora 12, la media hallada fue de  $3,39 \pm 0,78$ , el valor máximo hallado fue de 4,00 y el valor mínimo de 2,00, lo cual genera una diferencia de 2,00 puntos.

En el caso de la hora 18, resultó una media de  $3,33 \pm 0,91$ , siendo el valor máximo hallado de 4,00 y el valor mínimo de 1,00, generando una diferencia de 3,00 puntos.

Finalmente para la hora 24, se halló una media de  $2,33 \pm 1,03$ , el valor máximo hallado fue de 4,00 y el valor mínimo de 1,00, lo cual genera una diferencia de 3,00 puntos.

La **tabla N° 4**, presenta la frecuencia de la formación de cristales del moco cervical según la hora de muestreo, que fueron calificadas según lo propuesto por Tsiligianni *et al.*, (2000).

**TABLA N° 4:**  
**FRECUENCIA ( $f_i$ ) DE FORMACIÓN DE CRISTALES**

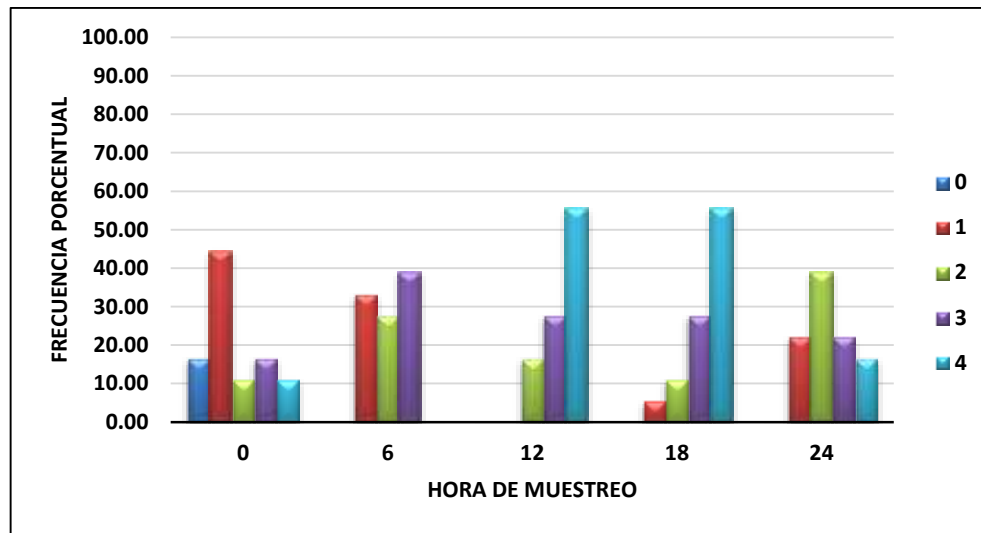
PATRÓN DE FORMACIÓN DE CRISTALES	HORA									
	0		6		12		18		24	
	$f_i$	%	$f_i$	%	$f_i$	%	$f_i$	%	$f_i$	%
0	3	16,67	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
1	8	44,44	6	33,33	0	0,00	1	5,56	4	22,22
2	2	11,11	5	27,78	3	16,67	2	11,11	7	38,89
3	3	16,67	7	38,89	5	27,78	5	27,78	4	22,22
4	2	11,11	0	0,00	10	55,56	10	55,56	3	16,67
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>100,00</b>	<b>18</b>	<b>100,00</b>	<b>18</b>	<b>100,00</b>	<b>18</b>	<b>100,00</b>	<b>18</b>	<b>100,00</b>
<b><math>X^2 = 48,17 P &lt; 0,05</math></b>										

**Fuente:** Elaboración propia.

La prueba de Chi cuadrado ( $X^2 = 48,17$ ), muestra que la formación de cristales del moco cervical presentó diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,05$ ).

El **gráfico N° 2**, muestra la frecuencia porcentual de la formación de cristales según la hora de muestreo.

**GRÁFICO N° 2:**  
**FRECUENCIA PORCENTUAL DE FORMACIÓN DE CRISTALES**



**Fuente:** Elaboración propia.

Sólo en la hora 0, se presentó la calificación “0” que corresponde a la ausencia de formaciones cristalinas con un porcentaje de 16,67%, el grado de calificación más representativa para ésta hora fue de “1” siendo el 44,44% del total de vacas muestreadas.

En el caso de la hora 6, la calificación más significativa para la formación de cristales fue de “3” con un 38,89%, lo que corresponde a muchas formaciones cristalinas típicas y una pequeña porción de formaciones atípicas.

Con respecto a la hora 12 y 18, la calificación de mayor porcentaje es de “4”, representada por un 55,56%, correspondiendo a formaciones cristalinas típicas.

Para la hora 24, el porcentaje más alto lo obtuvo la calificación “2” con un 38,89%, indicándonos que se presentó muchas formaciones de cristales atípicos y una pequeña porción de cristales típicos.

Cuantiosas investigaciones han sido reportadas con respecto a estudios sobre la cristalización del moco cervical, Richardson, *et al.*, (2011) menciona que, el moco cervical es una entidad heterogénea formada por una mezcla variada de subtipos de secreción, la cual varía dependiendo del momento exacto del ciclo estral, otras de las explicaciones de

la formación de los cristales y la variación de ésta, es la del contenido de sales que hay en el moco el cual varía, lo que es una consecuencia subyacente de estas hormonas.

Los estrógenos afectan las células secretoras de la cervix, las cuales son responsables de la producción y secreción del moco, y esto está estrechamente relacionado con la fase folicular, lo cual produce un notorio aumento de la producción del moco, por el alto nivel de estrógeno, el moco producido en esta fase se llama moco estrogénico, en donde una de sus características más resaltantes es la formación de patrones geométricos en forma de helechos u hojas de palma, lo cual se considera cristales típicos que es resultado de la presencia de estrógeno, coincidiendo así con Vigil *et al.*, (2014), ya que entre las horas 12 y 18 de la presente investigación, se presentó en mayores niveles este moco estrogénico y a su vez se observó los cristales típicos en forma de helecho.

Vigil *et al.*, (2011), considera la presencia de cristales atípicos debido a la acción de progesterona, en donde el moco pasa a ser un moco progestivo, el cual tiene una acción contraria a la del estrógeno (acción antiestrogénica), la cual inhibe su producción y cambia sus características, entre ellas el contenido de agua. Este moco pierde la capacidad de formar cristales en forma de hojas de helecho o de palma; esto es un claro indicador de la baja considerable de los niveles de estrógeno y un aumento en los niveles de progesterona, lo cual concuerda con lo obtenido a la hora 24, encontrándose en su mayoría formaciones de cristales atípicos, posiblemente debido a que se acerca el momento de la ovulación, donde se inicia el crecimiento del cuerpo lúteo generando altos niveles de progesterona.

De acuerdo al resultado mostrado entre la hora 0 y 6 con respecto a la formación de cristales atípicos, se deduce que ésta forma atípica puede deberse a varios factores: por niveles de progesterona, por fallas durante el procedimiento, al realizar el extendido sobre el portaobjetos, el cual rompe enlaces en el moco, ya que en la etapa del estro es donde hay una predominancia estrogénica, lo cual favorece la formación de cristales típicos (Tsiligianni, *et al.*, 2011).

De ésta forma también se concuerda con Cortes (2012), quien menciona que toda muestra que presenta formaciones típicas de helecho, se encuentra en la etapa del estro, el cual es un indicativo para la ovulación en el ejemplar. La ausencia de formaciones de cristales está relacionada con procesos de infertilidad (vacas repetidoras) y la formación de cristales atípicos es sugerencia de problemas reproductivos.

### 1.3. MEDICIÓN DEL DIAMÉTRO FOLICULAR OVÁRICO DE VACAS LECHERAS EN PRODUCCIÓN

En la **tabla N°5**, se observa el diámetro folicular ovárico de 18 vacas en producción, las cuales fueron muestreadas según la hora determinada en la etapa del estro (celo), de acuerdo a la denominación planteada por Gigli *et al.*, (2006).

**TABLA N° 5:**  
**DIAMÉTRO FOLICULAR (mm) DE OVARIOS EN LA ETAPA DEL ESTRO**

N°	VACA	HORA				
		0	6	12	18	24
1	Samsung	14,23	16,83	18,52	18,96	20,60
2	Begonia	15,81	16,23	17,56	18,83	18,23
3	Yolita	14,52	18,26	18,85	19,65	19,98
4	Pamela	14,80	16,53	19,23	19,56	18,12
5	Ildiva	13,83	16,60	18,83	19,25	19,25
6	Lola	13,77	17,30	18,82	18,70	19,40
7	Loreto	13,47	15,52	18,20	19,25	18,37
8	Chocolate	9,45	18,35	18,87	21,63	20,45
9	Vilma	12,02	12,07	15,35	17,37	14,72
10	Lavalle	18,77	18,97	20,72	21,07	21,25
11	Merliz	15,52	16,67	17,52	19,57	18,25
12	Arequipa	17,62	18,25	19,72	19,67	19,80
13	Elegant*	12,35	14,90	15,07	15,95	14,80
14	Málaga	12,00	13,65	14,82	16,22	19,85
15	Apurímac*	12,80	13,22	13,85	17,17	15,77
16	Piura	15,00	16,87	17,02	22,65	19,95
17	Pimienta	17,20	17,65	17,80	18,52	22,90
18	Levita*	11,20	13,40	13,50	13,95	14,02
<b>Media</b>		<b>14,13</b>	<b>16,18</b>	<b>17,46</b>	<b>18,78</b>	<b>18,65</b>
<b>Crecimiento en el tiempo</b>			<b>2,05</b>	<b>1,28</b>	<b>1,32</b>	<b>-0,13</b>
<b>Crecimiento porcentual (%)</b>			<b>14,51</b>	<b>7,89</b>	<b>7,55</b>	<b>-0,67</b>
<b>Mediana</b>		<b>14,03</b>	<b>16,64</b>	<b>18,00</b>	<b>19,11</b>	<b>19,33</b>
<b>Moda</b>		<b>#N/A</b>	<b>#N/A</b>	<b>#N/A</b>	<b>19,25</b>	<b>#N/A</b>
<b>Desviación estándar</b>		<b>2,36</b>	<b>2,00</b>	<b>2,09</b>	<b>2,09</b>	<b>2,42</b>
<b>Rango</b>		<b>9,32</b>	<b>6,90</b>	<b>7,22</b>	<b>8,70</b>	<b>8,88</b>
<b>Mínimo</b>		<b>9,45</b>	<b>12,07</b>	<b>13,50</b>	<b>13,95</b>	<b>14,02</b>
<b>Máximo</b>		<b>18,77</b>	<b>18,97</b>	<b>20,72</b>	<b>22,65</b>	<b>22,90</b>
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		<b>16,67</b>	<b>12,34</b>	<b>11,98</b>	<b>11,12</b>	<b>12,98</b>

\* Crecimiento folicular en el ovario izquierdo.

Fuente: Elaboración propia.

En hora 0, la media hallada fue de  $14,13 \pm 2,36$ , el valor máximo hallado fue de 18,77 y el valor mínimo de 9,45, lo cual genera una diferencia de 9,32 mm de diámetro.

Para la hora 6, se halló una media de  $16,18 \pm 2,00$ , con un valor máximo de 18,97 y un valor mínimo de 12,07, generando una diferencia de 6,90 mm de diámetro.

En caso de la hora 12, resultó una media de  $17,46 \pm 2,09$ , el valor máximo hallado fue de 20,72 y el valor mínimo de 13,50, generando una diferencia de 7,22 mm de diámetro.

A la hora 18, la media hallada fue de  $18,78 \pm 2,09$ , hallando un valor máximo de 22,65 y un valor mínimo de 13,95, lo cual genera una diferencia de 8,70 mm de diámetro.

Finalmente, para la hora 24, se halló una media de  $18,65 \pm 2,42$ , el valor máximo hallado fue de 22,90 y el valor mínimo de 14,02, lo cual genera una diferencia de 8,88 mm de diámetro.

Con relación al tiempo se analizó el desarrollo folicular promedio, mostrando de la hora 0 a la hora 6 un crecimiento de 2,05 mm, desde la hora 6 hasta la hora 12 un crecimiento de 1,28 mm, de la hora 12 a la hora 18 un crecimiento de 1,32 mm y finalmente de la hora 18 a la hora 24 una disminución de menos 0,13 mm.

Cabe mencionar que en el presente trabajo de investigación, en su mayoría se observó que el desarrollo folicular se dio en el ovario derecho.

La **tabla N°6**, presenta la frecuencia folicular pre-ovulatoria y ovulatoria en la etapa del estro según la hora de muestreo, de acuerdo a lo propuesto por Gigli *et al.*, (2006).

**TABLA N° 6:**  
**FRECUENCIA (f<sub>i</sub>) FOLICULAR PRE OVULATORIA Y OVULATORIA**

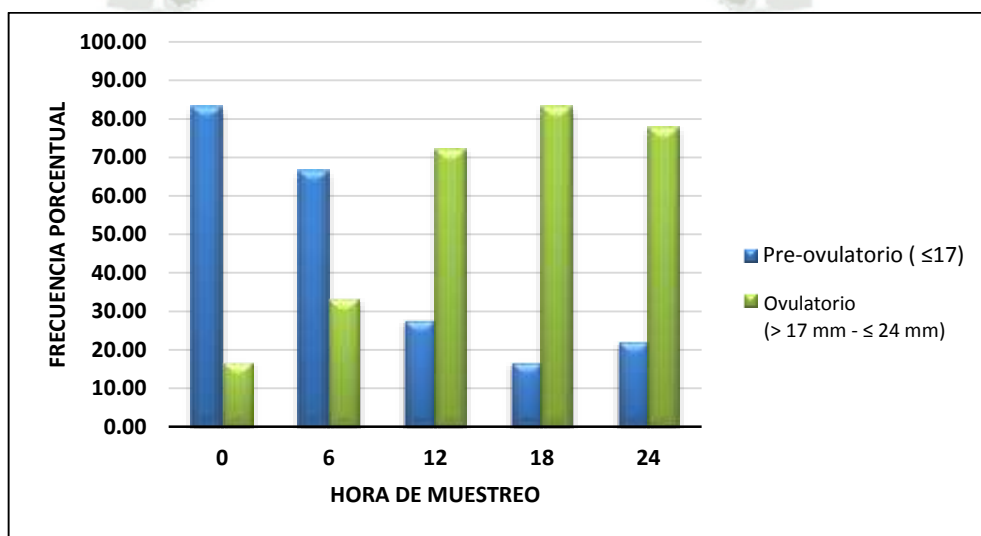
DIÁMETRO FOLICULAR	HORA									
	0		6		12		18		24	
	f <sub>i</sub>	%	f <sub>i</sub>	%	f <sub>i</sub>	%	f <sub>i</sub>	%	f <sub>i</sub>	%
Pre-ovulatorio ( ≤17)	15	83,33	12	66,67	5	27,78	3	16,67	4	22,22
Ovulatorio (> 17 mm - ≤ 24 mm)	3	16,67	6	33,33	13	72,22	15	83,33	14	77,78
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>100,00</b>	<b>18</b>	<b>100,00</b>	<b>18</b>	<b>100,00</b>	<b>18</b>	<b>100,00</b>	<b>18</b>	<b>100,00</b>
<b>X<sup>2</sup> = 25,97 P &lt; 0,05</b>										

**Fuente:** Elaboración propia.

La prueba de Chi cuadrado da como resultado ( $X^2 = 25,97$ ), mostrando que el diámetro folicular en las horas de muestreo presentó diferencia significativa ( $P < 0,05$ ).

El **gráfico N°3**, muestra la frecuencia porcentual del folículo pre-ovulatorio y ovulatorio según el diámetro en las diferentes horas de muestreo.

**GRÁFICO N° 3:**  
**FRECUENCIA PORCENTUAL DEL FOLÍCULO PRE-OVULATORIO Y OVULATORIO**



**Fuente:** Elaboración propia.

En la hora 0, se observa que el 83,33 % de las vacas presentan folículos pre-ovulatorios y solo el 16,67 % presentan folículos ovulatorios.

A la hora 6, el porcentaje de vacas con diámetro folicular pre-ovulatoria es de 66,67%, dándose un incremento para el porcentaje de folículos ovulatorios (33,33%).

En el caso de la hora 12, las vacas con presencia de folículos pre-ovulatorios fueron de 27,78%, y para los folículos ovulatorios se incrementó a un 72,22%.

Para la hora 18, el 16,67% de vacas presentaron folículos pre-ovulatorios, observándose un cambio significativo de folículos pre-ovulatorios a ovulatorios, lo que corresponde a un 83,33% de vacas muestreadas.

Finalmente a la hora 24, el 77,78% de las vacas muestreadas presentaron folículos ovulatorios.

Una de las grandes ventajas que ofrece la técnica de ultrasonografía es la posibilidad de realizar estudios de desarrollo folicular sin que dicho proceso se vea alterado o modificado, sin embargo existen pocos estudios sobre el crecimiento folicular probados mediante la ultrasonografía en vacas, esto se puede deber a que la realización de un examen ultrasonográfico diario durante varias semanas no resulta práctico en condiciones comerciales.

Palacios *et al.*, (2006), indica que el crecimiento folicular es constante y progresivo afirmando que puede crecer en un rango de 1.5 a 2.5 mm, hasta llegar a 20 mm deteniéndose en el inicio de la ovulación, comparándola con la presente investigación coincidimos, ya que obtuvimos un crecimiento promedio de 1.55 mm y una leve disminución de tamaño (- 0.13 mm) a la hora 24, suponiendo que se debe a que se acerca el momento de la ovulación, como Palacios *et al.*, (2006) indica que en el inicio de la ovulación se detiene el crecimiento folicular; siendo posiblemente también por el achatamiento del folículo debido a que las paredes se vuelven más delgadas.

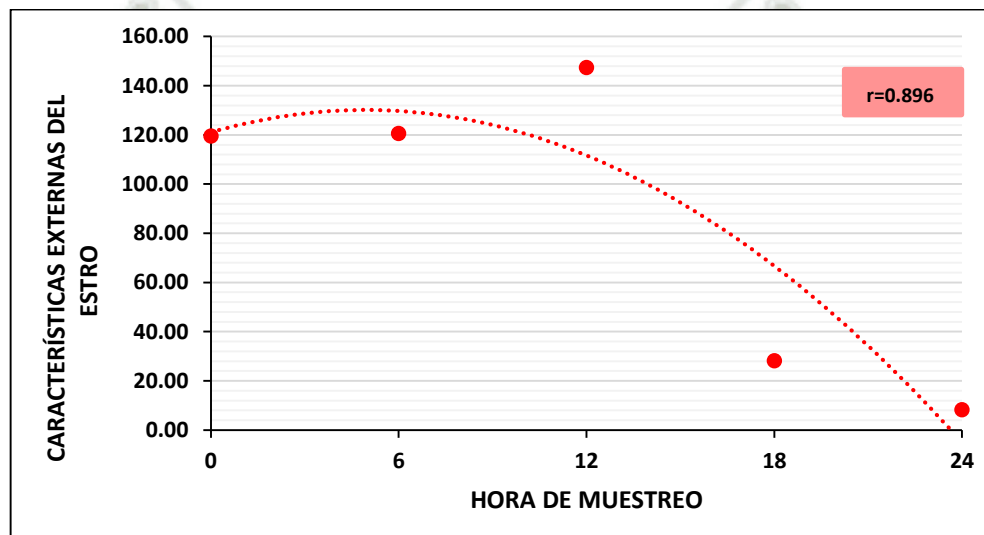
Colazo *et al.*, (2013), realizó una investigación donde propone medidas para diferenciar la denominación folículo pre – ovulatorio (< 16 mm) y folículo ovulatorio (17 a 22 mm), concordando con él, ya que la medida promedio más alta que obtuvimos fue de 18.78 mm lo que corresponde a que dicho resultado se encuentra dentro del rango para los folículos ovulatorios, ya que medidas mayores a 24 mm se definen como quistes foliculares la cual es una estructura anovulatoria con contenido líquido (Peter *et al.*, 2009).

Andringa (2013), hizo una investigación donde realizó ultrasonografías foliculares a diferentes horas del estro, encontrando un promedio  $16,2 \pm 1,7$  mm de diámetro máximo del folículo pre-ovulatorio de las vacas en estro, lo que concuerda con las medidas propuestas por Colazo *et al.*, (2013) y a su vez con el resultado obtenido en la presente investigación. Sin embargo factores como el nivel nutricional, stress calórico, especie, edad o anestro lactacional pueden modificar el patrón de desarrollo folicular (Murphy *et al.*, (1990); Savio, *et al.*, (1990); Roche *et al.*, (1992); Adams *et al.*, (1995).

## 2. CORRELACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DEL ESTRO, FORMACIÓN DE CRISTALES Y DIÁMETRO FOLICULAR SEGÚN EL TIEMPO DE MUESTREO (0, 6, 12, 18 Y 24).

El **gráfico N°4**, muestra la correlación que existe entre las características externas del estro (celo) y la hora de muestreo; puntuación obtenida según la tabla adaptada por Van Eerdenburg *et al.*, (1996).

**GRÁFICO N° 4:**  
**CORRELACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DEL ESTRO Y LA HORA DE MUESTREO**



**Fuente:** Elaboración propia.

En éste gráfico podemos observar que en el eje “y” se encuentra la puntuación de las características externas del estro y en el eje “x” las horas en las que se muestreó, interpretando éste gráfico según Hernández (2010), quien nos indica lo siguiente:

-1.00 = correlación negativa perfecta. (“A mayor X, menor Y”, de manera proporcional. Es decir, cada vez que X aumenta una unidad, Y disminuye siempre una cantidad constante.) Esto también se aplica “a menor X, mayor Y”.

- 0,90 = correlación negativa muy fuerte.
- 0,75 = correlación negativa considerable.
- 0,50 = correlación negativa media.
- 0,25 = correlación negativa débil.
- 0,10 = correlación negativa muy débil.

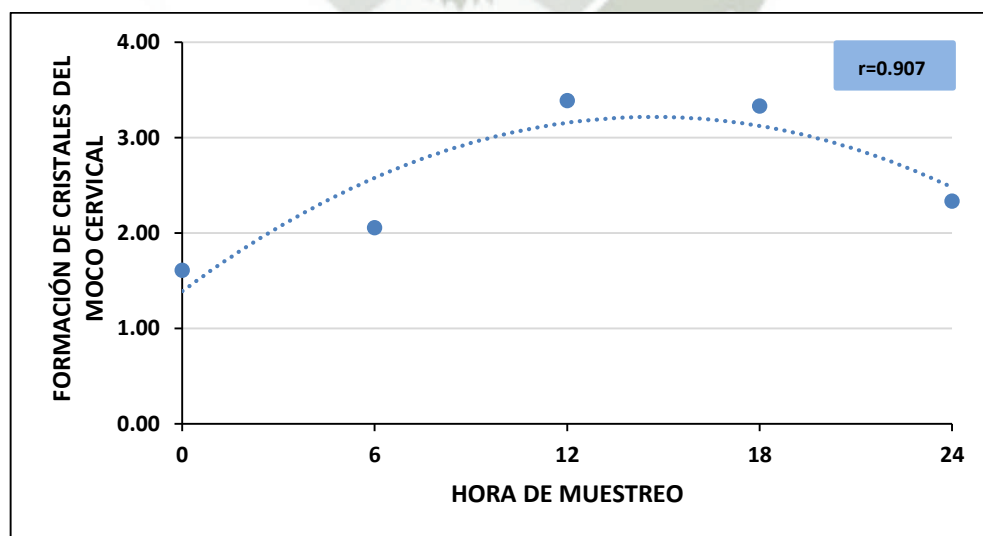
- 0,00 = no existe correlación alguna entre las variables.
- +0,10 = correlación positiva muy débil.
- +0,25 = correlación positiva débil.
- +0,50 = correlación positiva media.
- +0,75 = correlación positiva considerable.
- +0,90 = correlación positiva muy fuerte.
- +1,00 = correlación positiva perfecta.

Por tanto, como resultado se obtuvo:  $r = 0,896$ , indicándonos que existe una correlación positiva considerable; de la misma forma podemos analizar que la presencia de las características externas del estro entre la hora 0 y 6 es baja, con relación a la hora 12 dándose en esta hora la puntuación más alta.

Posteriormente en la hora 18 se observó que la intensidad de las características del estro, tuvo un descenso significativo, siendo este más notorio a las 24 horas donde casi no se observaron características externas del estro.

El **gráfico N°5**, muestra la correlación entre la formación de cristales del moco cervical y la hora de muestreo; calificación obtenida según lo propuesto por Tsiligianni *et al.*, (2000).

**GRÁFICO N° 5:**  
**CORRELACIÓN ENTRE LA FORMACIÓN DE CRISTALES DE MOCO CERVICAL Y HORA DE MUESTREO**



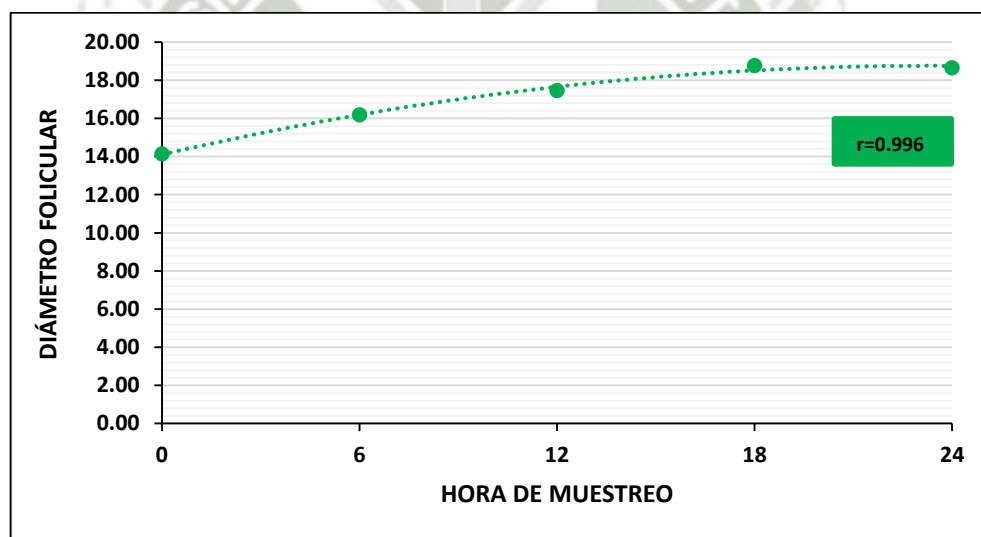
**Fuente:** Elaboración propia.

En este gráfico podemos observar que en el eje “y” se encuentra el patrón de calificación para la formación de cristales y en el eje “x” las horas en las que se muestreó, interpretando esta gráfico según Hernández (2010).

Por tanto, como resultado de esta investigación se obtuvo:  $r= 0,907$ , esto indica que existe una correlación positiva muy fuerte entre la formación de cristales del moco cervical y la hora de muestreo, siendo la hora 0 el inicio de formación de cristales, incrementándose a la hora 6, dando las calificaciones más altas a la hora 12 y 18 lo que corresponde a una formación de cristales típica, clásica de helechos, presentándose un valor más bajo a la hora 24, con una predominancia de formación de cristales atípicos.

El **gráfico N° 6**, muestra la correlación entre el diámetro folicular y hora de muestreo, según lo propuesto por Gigli *et al.*, (2006).

**GRÁFICO N° 6:**  
**CORRELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO FOLICULAR Y HORA DE MUESTREO**



**Fuente:** Elaboración propia.

En este gráfico podemos observar que en el eje “y” se encuentra el diámetro folicular (mm) y en el eje “x” las horas en las que se muestreó, interpretando este gráfico según Hernández (2010).

Por consiguiente, como resultado de esta investigación se obtuvo:  $r= 0,996$ , indicándonos que existe una correlación positiva muy fuerte casi perfecta entre el diámetro folicular de los ovarios y la hora de muestreo, observándose que desde la hora 0 a la 18, se logró un crecimiento folicular relativo, y a la hora 24 se tuvo como respuesta un mínimo descenso no significativo.

### 3. CORRELACIÓN BIVARIADA DE PEARSON PARA CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DEL ESTRO, FORMACIÓN DE CRISTALES DEL MOCO CERVICAL Y EL DIAMÉTRO FOLICULAR OVÁRICO DE VACAS LECHERAS EN PRODUCCIÓN A LA HORA 0, 6, 12, 18 Y 24.

En la **tabla N°7**, se observa un resumen de las tres variables estudiadas.

**TABLA N° 7:**  
**PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LOS MÉTODOS ESTUDIADOS SEGÚN LA HORA DE MUESTREO**

N°	Vaca	0			6			12			18			24		
		Características externas del estro	Calificación de formación de cristales	Diaméto folicular	Características externas del estro	Calificación de formación de cristales	Diaméto folicular	Características externas del estro	Calificación de formación de cristales	Diaméto folicular	Características externas del estro	Calificación de formación de cristales	Diaméto folicular	Características externas del estro	Calificación de formación de cristales	Diaméto folicular
1	Samsung	135	1	14.23	135	1	16.83	145	4	18.52	32	2	18.96	10	1	20.60
2	Begonia	132	0	15.81	115	2	16.23	120	3	17.56	32	3	18.83	4	2	18.23
3	Yolita	123	3	14.52	135	3	18.26	170	4	18.85	35	4	19.65	10	2	19.98
4	Pamela	130	1	14.80	148	2	16.53	174	4	19.23	35	4	19.56	14	3	18.12
5	Ildiva	115	1	13.83	127	2	16.60	170	4	18.83	35	4	19.25	10	2	19.25
6	Lola	106	1	13.77	135	3	17.30	170	4	18.82	24	3	18.70	14	4	19.40
7	Loreto	114	1	13.47	104	1	15.52	160	4	18.20	35	4	19.25	10	2	18.37
8	Chocolate	110	0	9.45	110	3	18.35	174	4	18.87	24	4	21.63	14	4	20.45
9	Vilma	135	2	12.02	103	2	12.07	135	4	15.35	4	3	17.37	3	1	14.72
10	Lavalle	135	4	18.77	135	3	18.97	164	4	20.72	35	4	21.07	14	3	21.25
11	Merliz	107	1	15.52	115	3	16.67	150	3	17.52	39	4	19.57	4	2	18.25
12	Arequipa	130	4	17.62	104	1	18.25	177	4	19.72	35	4	19.67	10	4	19.80
13	Elegant	120	2	12.35	103	1	14.90	115	2	15.07	39	4	15.95	3	1	14.80
14	Málaga	125	3	12.00	124	3	13.65	124	3	14.82	19	3	16.22	10	3	19.85
15	Apurímac	103	3	12.80	127	1	13.22	103	2	13.85	20	2	17.17	3	2	15.77
16	Piura	103	1	15.00	120	3	16.87	152	3	17.02	35	4	22.65	3	3	19.95
17	Pimienta	115	0	17.20	124	2	17.65	135	3	17.80	25	3	18.52	7	2	22.90
18	Levita	115	1	11.20	107	1	13.40	115	2	13.50	4	1	13.95	7	1	14.02
Media		119.61	1.61	14.13	120.61	2.06	16.18	147.39	3.39	17.46	28.17	3.33	18.78	8.33	2.33	18.65
Mediana		117.50	1.00	14.03	122.00	2.00	16.64	151.00	4.00	18.00	33.50	4.00	19.11	10.00	2.00	19.33
Moda		135.00	1.00	#N/A	135.00	3.00	#N/A	170.00	4.00	#N/A	35.00	4.00	19.25	10.00	2.00	#N/A
Desviación estándar		11.39	1.29	2.36	13.75	0.87	2.00	24.22	0.78	2.09	10.72	0.91	2.09	4.20	1.03	2.42
Rango		32.00	4.00	9.32	45.00	2.00	6.90	74.00	2.00	7.22	35.00	3.00	8.70	11.00	3.00	8.88
Mínimo		103.00	0.00	9.45	103.00	1.00	12.07	103.00	2.00	13.50	4.00	1.00	13.95	3.00	1.00	14.02
Máximo		135.00	4.00	18.77	148.00	3.00	18.97	177.00	4.00	20.72	39.00	4.00	22.65	14.00	4.00	22.90
Coefficiente Variación (%)		9.52	80.05	16.67	11.40	42.45	12.34	16.43	22.94	11.98	38.07	27.22	11.12	50.41	44.10	12.98

### 3.1. CORRELACIÓN BIVARIADA PARA LA HORA 0

En la tabla N°8, se observa la correlación bivariada entre características externas del estro, formación de cristales y el diámetro folicular de 18 vacas en producción en la etapa del estro.

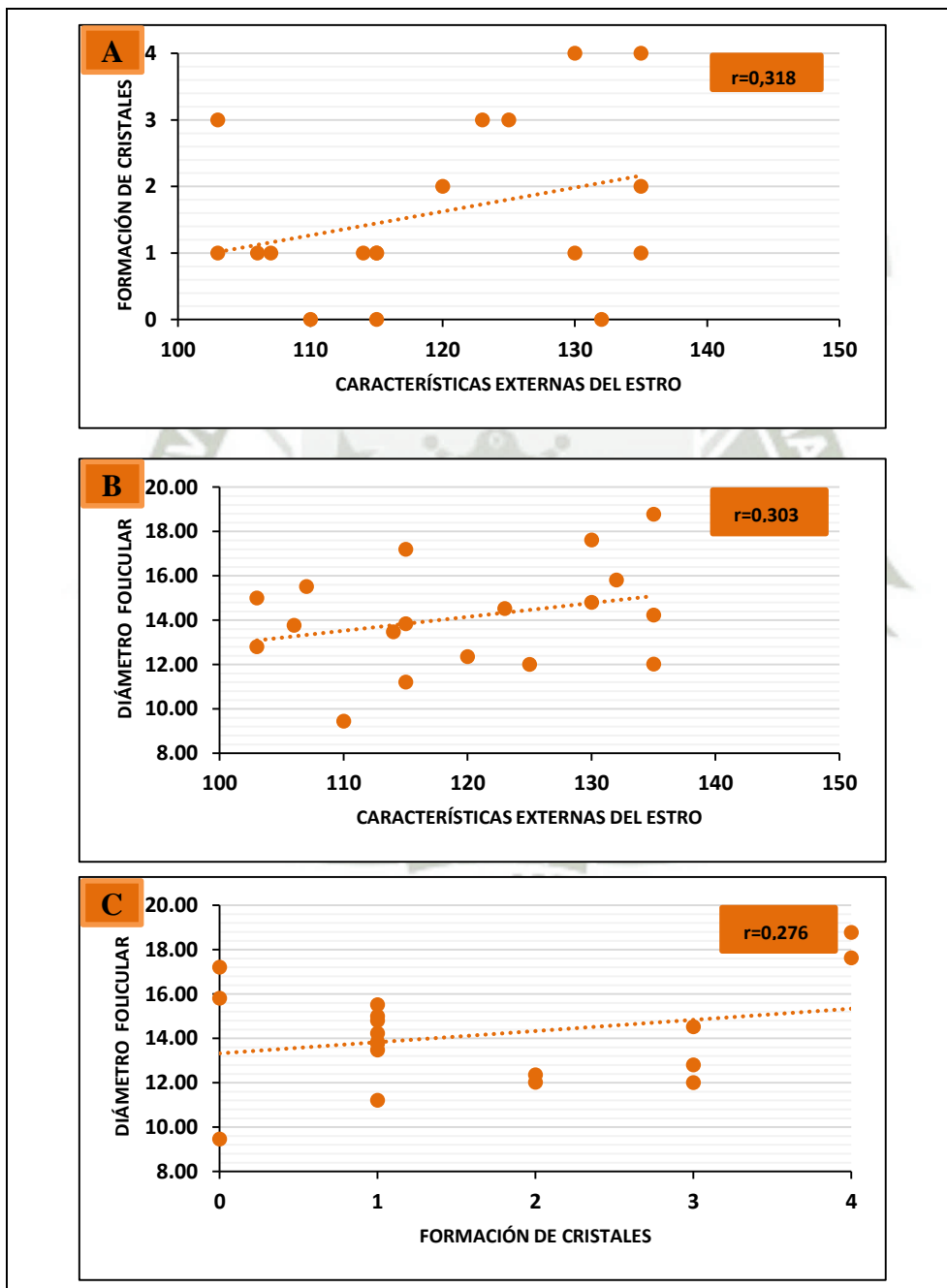
**TABLA N° 8:**  
**CORRELACIÓN BIVARIADA DE PEARSON PARA LAS VARIABLES ESTUDIADAS A LA HORA 0**

Variables		C.E.	F.C.	D.F.
<b>Características externas el estro (C.E.)</b>	Correlación de Pearson	1	0,318	0,303
	Significancia (bilateral)		0,199	0,222
<b>Formación de Cristales (F.C.)</b>	Correlación de Pearson	0,318	1	0,276
	Significancia (bilateral)	0,199		0,267
<b>Diámetro Folicular (D.F.)</b>	Correlación de Pearson	0,303	0,276	1
	Significancia (bilateral)	0,222	0,267	

Según la matriz de correlación de Pearson a la hora 0, muestra que las características externas y la formación de cristales del moco cervical no presentaron correlación estadística significativa ( $P > 0,05$ ), de la misma manera las características externas del estro y el diámetro folicular no presentó correlación estadística significativa ( $P > 0,05$ ).

El **gráfico N° 7**, muestra la correlación bivariada de Pearson entre las características externas del estro, la formación de cristales del moco cervical y el diámetro folicular a la hora 0, entrelazadas en parejas y para su mayor explicación divididas en A, B y C.

**GRÁFICO N° 7:**  
**CORRELACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE ESTRO, FORMACIÓN DE CRISTALES Y EL DIÁMETRO FOLICULAR A LA HORA 0**



Fuente: Elaboración propia.

Para una mejor explicación el Gráfico N° 7 se subdivide éste gráfico en A, B y C, observando las correlaciones bivariadas entrelazadas en parejas con el fin que puedan correlacionarse todas las variables entre sí.

Para la interpretación de los gráficos se utilizó lo expuesto por Hernández (2010).

En el gráfico 7.A, se presenta en el eje “x” las características externas del estro, y en el “y” la formación de cristales, teniendo como resultado  $r= 0,318$ , indicando que existe una correlación positiva débil.

En el gráfico 7.B, se presenta en el eje “x” las características externas del estro, y en el “y” el diámetro folicular, obteniendo  $r= 0,303$ , de ésta manera indica que existe una correlación positiva débil.

En el gráfico 7.C, se presenta en el “x” la formación de cristales y en el eje “y” el diámetro folicular, siendo  $r=0,276$  indicando también la existencia de una correlación positiva débil.

Por tanto, a la hora 0 las correlaciones bivariadas de Pearson para estas tres variables, resulta siendo una correlación positiva débil.

### 3.2. CORRELACIÓN BIVARIADA PARA LA HORA 6

En la **tabla N° 9**, se presenta la correlación bivariada entre características externas del estro, formación de cristales y el diámetro folicular de 18 vacas en producción en la etapa del estro.

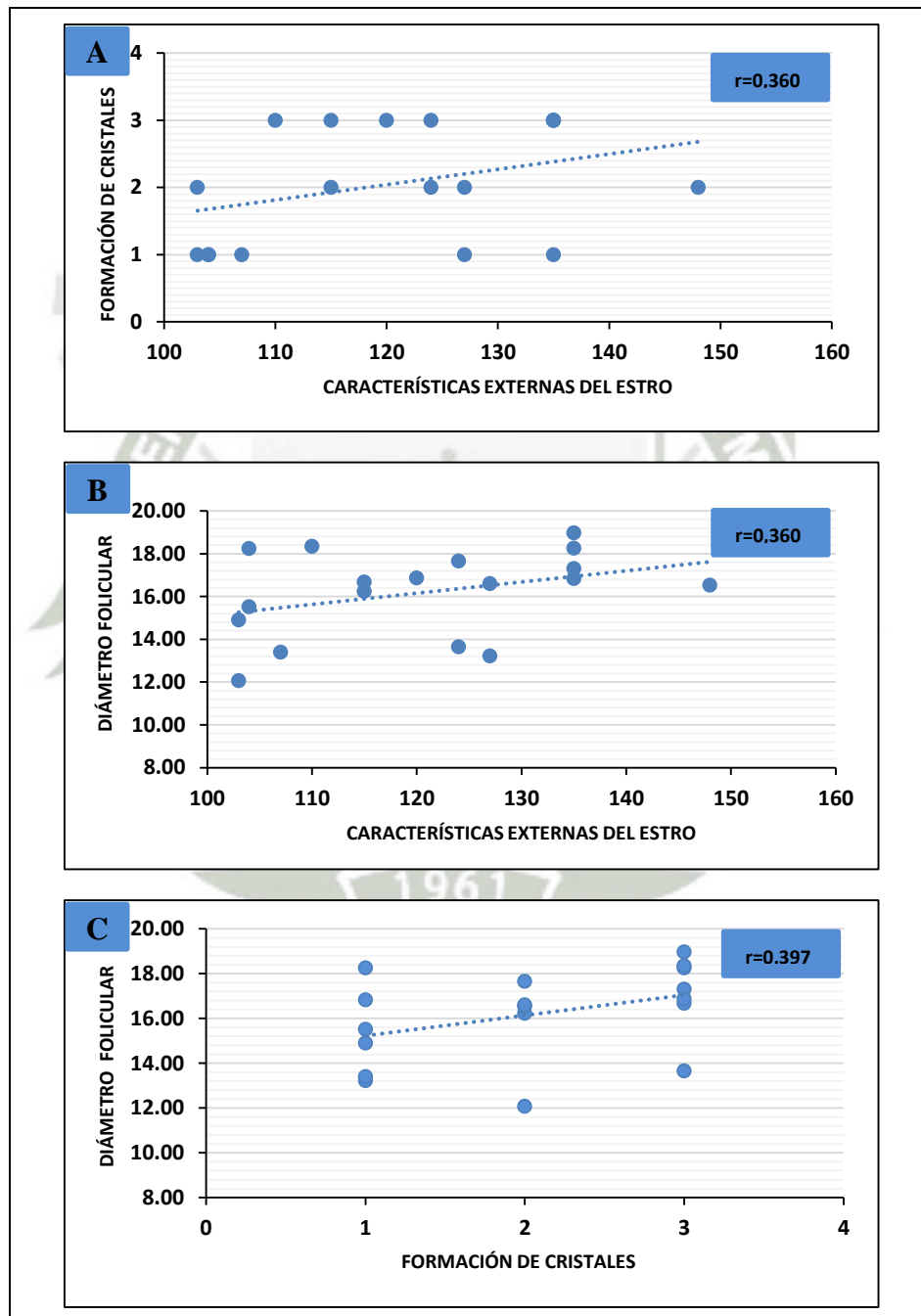
**TABLA N° 9:**  
**CORRELACIÓN BIVARIADA DE PEARSON PARA LAS VARIABLES ESTUDIADAS A LA HORA 6**

		<b>C.E.</b>	<b>F.C.</b>	<b>D.F.</b>
<b>Características externas del estro (C.E.)</b>	Correlación de Pearson	1	0,360	0,360
	Significancia (bilateral)		0,143	0,142
<b>Formación de Cristales (F.C.)</b>	Correlación de Pearson	0,360	1	0,397
	Significancia (bilateral)	0,143		0,103
<b>Diámetro Folicular (D.F.)</b>	Correlación de Pearson	0,360	0,397	1
	Significancia (bilateral)	0,142	0,103	

Según la matriz de correlación de Pearson a la hora 6 muestra que las características externas y la formación de cristales del moco cervical, no presentó correlación estadística significativa ( $P > 0,05$ ), de la misma manera las características externas del estro y el diámetro folicular no presentó correlación estadística significativa ( $P > 0,05$ ).

El gráfico N° 8, muestra la correlación bivariada de Pearson entre las características externas del estro, la formación de cristales del moco cervical y el diámetro folicular a la hora 6, entrelazadas en parejas, divididas en A, B y C.

**GRÁFICO N° 8:**  
**CORRELACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE ESTRO, FORMACIÓN DE CRISTALES Y DIÁMETRO FOLICULAR A LA HORA 6**



Fuente: Elaboración propia.

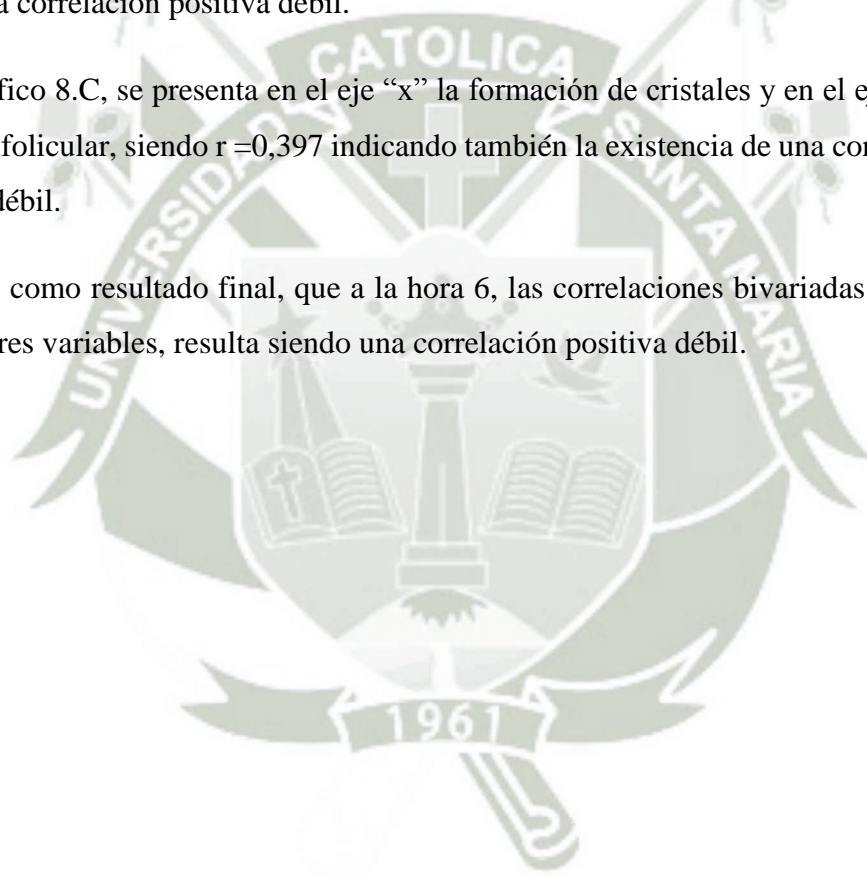
Esté gráfico N° 8 se subdivide en A, B y C, presentando la correlación bivariada entrelazada en parejas con el fin que puedan correlacionarse entre sí, y para la interpretación de los gráficos se utilizó lo expuesto por Hernández (2010).

En el gráfico 8.A, se presenta en el eje “x” las características externas del estro, y en el eje “y” la formación de cristales, teniendo como resultado  $r = 0,360$ , indicando que existe una correlación positiva débil.

En el gráfico 8.B, se presenta en el eje “x” las características externas del estro, y en el eje “y” el diámetro folicular, obteniendo una  $r = 0,360$ , de ésta manera indica que existe una correlación positiva débil.

En el gráfico 8.C, se presenta en el eje “x” la formación de cristales y en el eje “y” el diámetro folicular, siendo  $r = 0,397$  indicando también la existencia de una correlación positiva débil.

Teniendo como resultado final, que a la hora 6, las correlaciones bivariadas Pearson de estas tres variables, resulta siendo una correlación positiva débil.



### 3.3. CORRELACIÓN BIVARIADA PARA LA HORA 12

La tabla N° 10, muestra la correlación bivariada entre características externas del estro, formación de cristales y el diámetro folicular de 18 vacas en producción, en la etapa del estro.

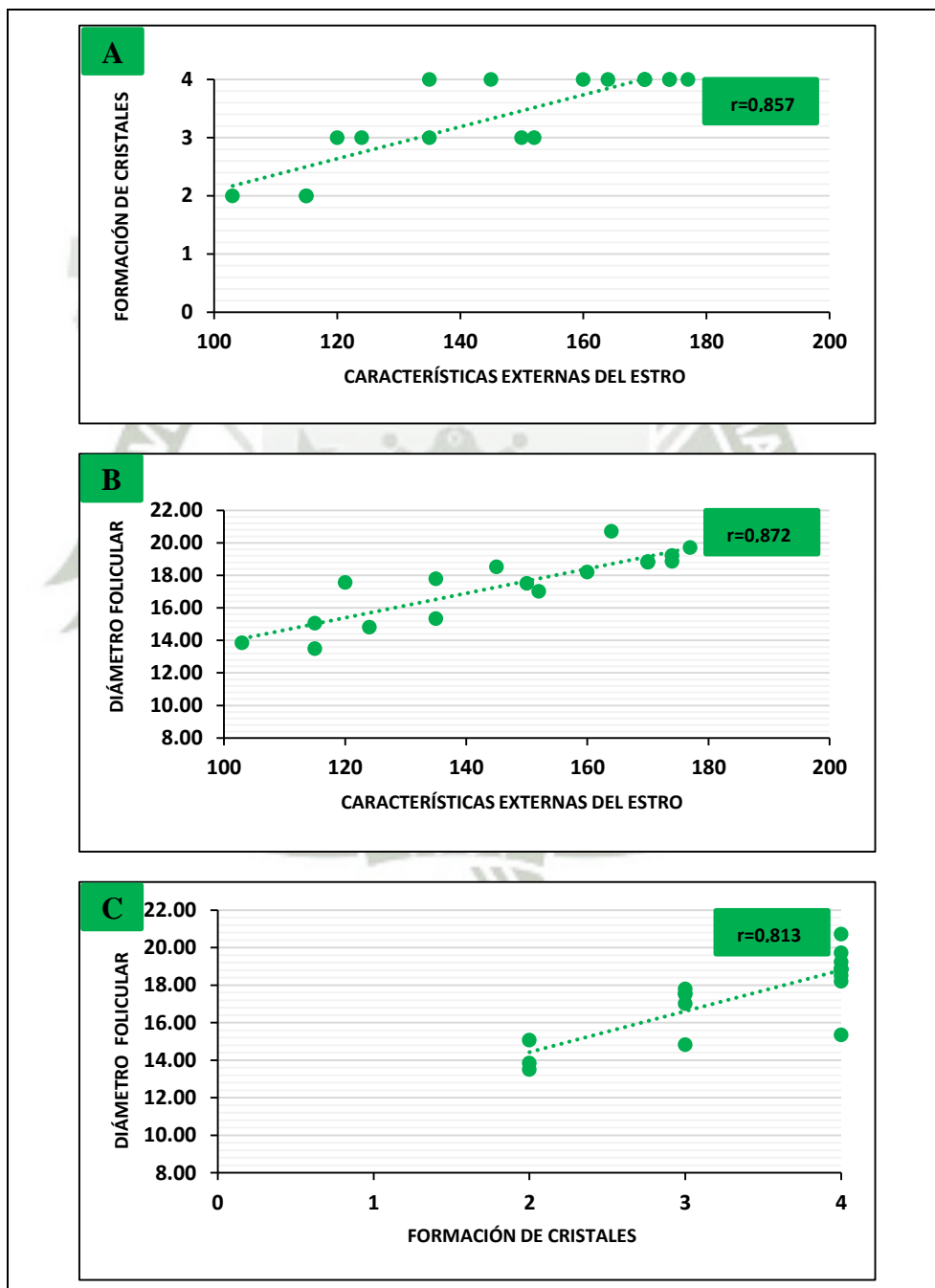
**TABLA N° 10:**  
**CORRELACIÓN BIVARIADA DE PEARSON PARA LAS VARIABLES ESTUDIADAS A LA HORA 12**

		<b>C.E.</b>	<b>F.C.</b>	<b>D.F.</b>
<b>Características externas el estro (C.E.)</b>	Correlación de Pearson	1	0,857**	0,872**
	Significancia (bilateral)		0,000	0,000
<b>Formación de Cristales (F.C.)</b>	Correlación de Pearson	0,857	1	0,813**
	Significancia (bilateral)		0,000	0,000
<b>Diámetro Folicular (D.F.)</b>	Correlación de Pearson	0,872**	0,813**	1
	Significancia (bilateral)	0,000	0,000	
** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).				

Según la matriz de correlación de Pearson a la hora 12 muestra que las características externas y la formación de cristales del moco cervical presentó correlación altamente significativa ( $P < 0,01$ ), de la misma manera las características externas del estro y el diámetro folicular presenta correlación estadística significativa ( $P < 0,01$ ). La cual muestra una correlación muy fuerte entre ambas variables.

El gráfico N° 9, muestra la correlación bivariada de Pearson entre las características externas del estro, la formación de cristales del moco cervical y el diámetro folicular a la hora 12, entrelazadas en parejas y para su mayor explicación divididas en A, B y C.

**GRÁFICO N° 9:**  
**CORRELACIÓN DE CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE ESTRO,**  
**FORMACIÓN DE CRISTALES Y DIÁMETRO FOLICULAR A LA HORA 12**



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico N° 9, se subdivide en A, B y C, mostrando las correlaciones bivariadas entrelazadas en parejas con el fin que puedan correlacionarse todas las variables entre sí, y para la interpretación de los gráficos se utilizó lo expuesto por Hernández (2010).

En el gráfico 9.A, se presenta en el eje “x” las características externas del estro, y en el eje “y” la formación de cristales, teniendo como resultado  $r = 0,857$ , indicando que existe una correlación positiva considerable.

En el gráfico 9.B, se observa en el eje “x” las características externas del estro, y en el “y” el diámetro folicular, obteniendo una  $r = 0,872$ , de ésta manera indica que existe una correlación positiva considerable.

En el gráfico 9.C, se observó en el eje “x” la formación de cristales y en el eje “y” el diámetro folicular, siendo  $r = 0,813$  indicando también la existencia de una correlación positiva considerable.

Analizando así, a la hora 12 las correlaciones bivariadas Pearson de estas tres variables, da como resultado una correlación positiva considerable. Esto implica que vacas con comportamiento de estro con mayor frecuencia tienden a tener una mayor formación de cristales en forma de helechos, a su vez un mayor crecimiento folicular.

### 3.4. CORRELACIÓN BIVARIADA PARA LA HORA 18

La tabla N° 11, presenta las correlación bivariada entre características externas del estro, formación de cristales y el diámetro folicular de 18 vacas en producción, a la hora 18 en la etapa del estro.

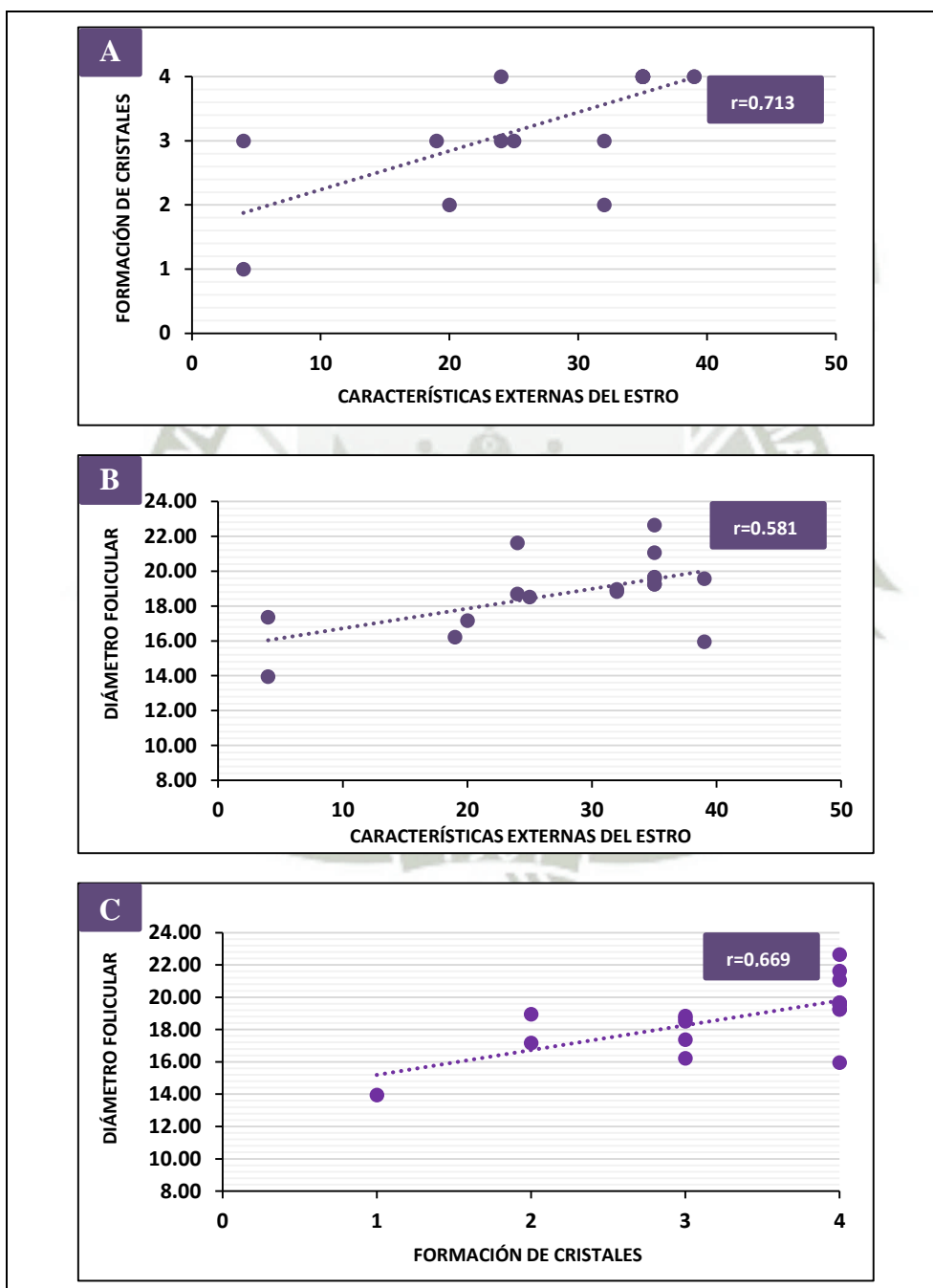
**TABLA N° 11:**  
**CORRELACIÓN BIVARIADA DE PEARSON PARA LAS VARIABLES ESTUDIADAS A LA HORA 18**

		<b>C.E.</b>	<b>F.C.</b>	<b>D.F.</b>
<b>Características externas del estro (C.E.)</b>	Correlación de Pearson	1	0,713	0,581*
	Significancia (bilateral)		0,001	0,011
<b>Formación de Cristales (F.C.)</b>	Correlación de Pearson	0,713**	1	0,669**
	Significancia (bilateral)	0,001		0,002
<b>Diámetro Folicular (D.F.)</b>	Correlación de Pearson	0,581*	0,669**	1
	Significancia (bilateral)	0,011	0,002	
** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).				
* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).				

Según la matriz de correlación de Pearson a la hora 18 se muestra que las características externas y la formación de cristales del moco cervical, presentó correlación estadística significativa ( $P < 0,01$ ), de la misma manera las características externas del estro y el diámetro folicular presentó correlación estadística significativa ( $P < 0,05$ ).

El **gráfico N° 10**, muestra la correlación bivariada de Pearson entre las características externas del estro, la formación de cristales del moco cervical y el diámetro folicular a la hora 18, entrelazadas en parejas, divididas en A, B y C.

**GRÁFICO N° 10:**  
**CORRELACIÓN DE CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE ESTRO,**  
**FORMACIÓN DE CRISTALES Y DIÁMETRO FOLICULAR A LA HORA 18**



Fuente: Elaboración propia

Se presenta el Gráfico N° 10, subdividido en A, B y C, los cuales muestran las correlaciones bivariadas entrelazadas en parejas con el fin que puedan correlacionarse todas las variables entre sí. Para la interpretación de los gráficos se utilizó lo expuesto por Hernández (2010).

En el gráfico 10.A, se aprecia en el eje “x” las características externas del estro, y en el “y” la formación de cristales, teniendo como resultado  $r = 0,713$ , indicando que existe una correlación positiva media.

En el gráfico 10.B, se observa en el eje “x” las características externas del estro, y en el “y” el diámetro folicular, obteniendo una  $r = 0,581$ , de ésta manera indica que existe una correlación positiva media.

En el gráfico 10.C, se presenta en el eje “x” la formación de cristales, y en el eje “y” el diámetro folicular, siendo  $r = 0,669$ , indicando también la existencia de una correlación positiva media.

Para las correlaciones bivariadas Pearson a la hora 18, muestran una correlación positiva media, en lo que respecta a las parejas conformadas por: las características externas del estro, formación de cristales y diámetro folicular.

### 3.5. CORRELACIONES BIVARIADAS PARA LA HORA 24

La tabla N°12, muestra las correlaciones bivariadas entre características externas del estro, formación de cristales y diámetro folicular de 18 vacas en producción, en la etapa del estro.

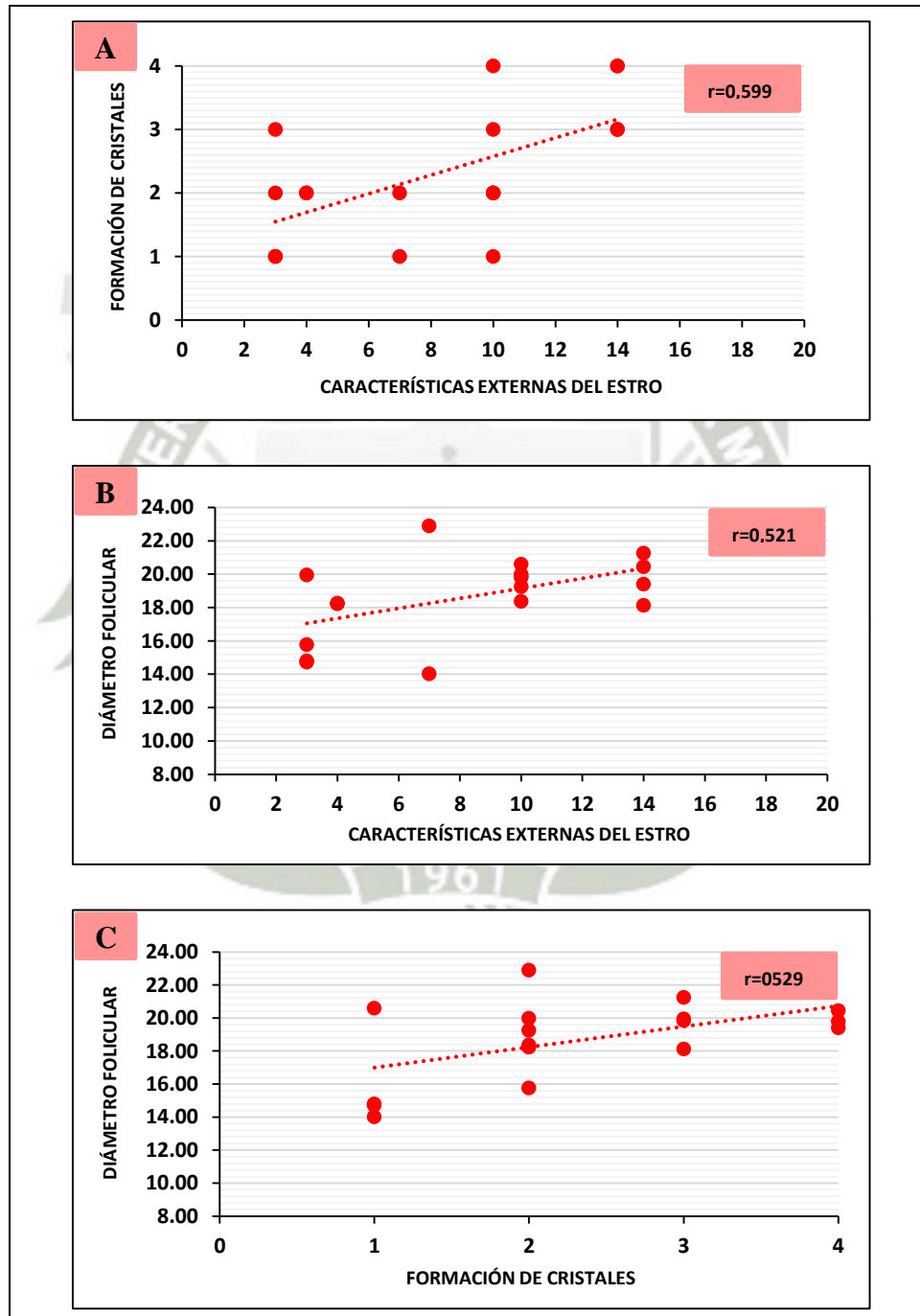
**TABLA N° 12:**  
**CORRELACIÓN BIVARIADA DE PEARSON PARA LAS VARIABLES ESTUDIADAS A LA HORA 24**

		<b>C.E.</b>	<b>F.C.</b>	<b>D.F.</b>
<b>Características externas del estro (C.E.)</b>	Correlación de Pearson	1	0,599	0,521
	Significancia (bilateral)		0,009	0,027
<b>Formación de Cristales (F.C.)</b>	Correlación de Pearson	0,599	1	0,529
	Significancia (bilateral)	0,009		0,024
<b>Diámetro Folicular (T.F.)</b>	Correlación de Pearson	0,521	0,529	1
	Significancia (bilateral)	0,027	0,024	

En la tabla N° 12, según la matriz de correlación de Pearson a la hora 24 se muestra que las características externas y la formación de cristales del moco cervical, no presentó correlación estadística significativa ( $P > 0,05$ ), de la misma manera las características externas del estro y el diámetro no presentó correlación estadística significativa ( $P > 0,05$ ).

El gráfico N° 11, muestra las correlaciones bivariadas de Pearson entre las características externas del estro, la formación de cristales del moco cervical y diámetro folicular a la hora 24.

**GRÁFICO N° 11:**  
**CORRELACIÓN DE CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE ESTRO,**  
**FORMACIÓN DE CRISTALES Y EL DIÁMETRO FOLICULAR A LA HORA 24**



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 11, se subdivide en 11A, 11B y 11C, presentando la correlación bivariada entrelazada en parejas con el fin que puedan correlacionarse todas las variables entre sí. Para la interpretación de los gráficos se utilizó lo expuesto por Hernández (2010).

En el gráfico 11.A, se presenta en el eje “x” las características externas del estro, y en el “y” la formación de cristales, teniendo como resultado una  $r = 0,599$ , indicando que existe una correlación positiva media.

En el gráfico 11.B, en el eje “x” las características externas del estro, y en el “y” el diámetro folicular, obteniendo una  $r = 0,521$ , de ésta manera indica que existe una correlación positiva media.

En el gráfico 11.C, se aprecia en el eje “x” la formación de cristales, y en el eje “y” el diámetro folicular, siendo  $r = 0,529$ , indicando también la existencia de una correlación positiva media.

Finalmente el resultado de la hora 24, nos da una correlación positiva media al igual que el de la hora 18, y a diferencia de la hora 0 y 6 donde muestra una correlación positiva débil, dándose la mejor correlación a la hora 12.

#### 4. CORRELACIÓN CANÓNICA PARA CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DEL ESTRO, FORMACIÓN DE CRISTALES DEL MOCO CERVICAL Y DIÁMETRO FOLICULAR OVÁRICO DE VACAS LECHERAS EN PRODUCCIÓN

La tabla N°13, presenta las correlaciones canónicas entre las características externas del estro, formación de cristales del moco cervical y el diámetro folicular de 18 vacas en producción, en las diferentes horas de muestreo.

**TABLA N° 13:**  
**CORRELACIÓN CANÓNICA DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS**

Hora	Correlación	Autovalor	Estadístico de Wilks
0	0,388	0,178	0,849
6	0,431	0,228	0,815
12	0,908	4,706	0,175
18	0,727	1,121	0,472
24	0,645	0,713	0,584

Para la interpretación de esta tabla, se utilizó lo expuesto por Hernández (2010), quien nos indica lo siguiente:

-1,00 = correlación negativa perfecta. (“A mayor X, menor Y”, de manera proporcional. Es decir, cada vez que X aumenta una unidad, Y disminuye siempre una cantidad constante.) Esto también se aplica “a menor X, mayor Y”.

-0,90 = correlación negativa muy fuerte.

-0,75 = correlación negativa considerable.

-0,50 = correlación negativa media.

-0,25 = correlación negativa débil.

-0,10 = correlación negativa muy débil.

0,00 = no existe correlación alguna entre las variables.

+0,10 = correlación positiva muy débil.

+0,25 = correlación positiva débil.

- +0,50 = correlación positiva media.
- +0,75 = correlación positiva considerable.
- +0,90 = correlación positiva muy fuerte.
- +1,00 = correlación positiva perfecta.

La correlación canónica a la hora 0, muestra  $r = 0,388$ , la cual señala una correlación positiva débil entre las características externas del estro, formación de cristales y el diámetro folicular.

A la hora 6, la correlación canónica resulta  $r = 0,431$  la cual señala una correlación positiva débil.

La correlación canónica para la hora 12 muestra  $r = 0,908$ , señalando una correlación positiva muy fuerte.

La correlación canónica a la hora 18, presentó  $r = 0,727$ , siendo una correlación positiva media.

Finalmente a la hora 24, la correlación canónica resultó  $r = 0,645$ , señalando una correlación positiva media.

Manifestando que, si bien a las 0 y 6 horas existe una correlación positiva, esta es débil, la cual no es significativa para esta investigación, en tanto a las 18 y 24 horas representan una correlación positiva media, dándose la correlación positiva muy fuerte a la hora 12. Por tanto, el momento adecuado para la inseminación artificial según la presente investigación, es a la hora 12 luego de iniciado el estro.

Numerosas investigaciones han sido reportadas en relación al momento óptimo para la inseminación artificial, al respecto Roelofs *et al.*, (2010), cita la investigación realizada por Hernández (1990), de acuerdo a la regla am/pm-pm/am o regla mañana–tarde, tarde–mañana, la cual ha sido usada exitosamente a través del mundo, quien realizó una comparación de fertilidad de tres momentos, encontrando rangos mayores de fertilidad ubicados entre 6 y 24 horas después del estro, y rangos de menor fertilidad situados entre 0 y 6 horas y luego de 24 horas del inicio del estro, indicando que en la raza Holstein el

mejor porcentaje de fertilidad se observó en inseminaciones realizadas a 12 horas del celo.

Resultados similares obtuvieron, Dransfield *et al.*, (1998), estos investigadores analizaron el tiempo desde el inicio del estro hasta la inseminación artificial, la tasa de concepción fue óptima en vacas inseminadas 4 a 16 horas posteriores al inicio del estro (46-51%). La reducción más importante se obtuvo en vacas inseminadas más allá de las 16 horas del inicio del estro (28-32%). Aparentemente ocurre una reducción en las tasas de concepción en vacas inseminadas muy cerca (0-4 horas) del inicio del estro (43%).

Se deduce que, cuando una hembra bovina es servida cuando no es el momento óptimo de la inseminación artificial, puede darse el caso que el óvulo no este totalmente viable al unirse al espermatozoide, pudiendo ocurrir fallas de fertilización o posteriormente, mortalidad embrionaria, las cuales son indicativos de que la inseminación no se realizó en el momento adecuado para lograr una buena fertilidad.

En cuanto a la correlación hallada  $r = 0.908$ , entre las características externas del estro, formación de cristales del moco cervical y diámetro folicular de los ovarios, los cuales permitieron reafirmar que la hora 12 es el momento óptimo para la inseminación artificial, se coincide con Barón (2015) y Ramírez (2014); quienes encontraron una correlación entre la forma de helechos, diámetro folicular y manifestaciones de celo, afirmando que el momento óptimo para la inseminación se da entre las 12 – 20 horas, a su vez, indican que la presencia de helechos es respuesta de una fase folicular madura, ya que demostraron que entre la hora 12 y 24 en etapa de estro, su estudio coincide con la fase ovulatoria, con el incremento de las manifestaciones externas y con la existencia de folículos de un diámetro entre 17 mm - 18mm; discrepando con el diámetro de los folículos, ya que dichos autores afirman que la presencia de folículos ovulatorios se dio después de la hora 20, en cambio, en la presente investigación encontramos un diámetro indicativo de folículo ovulatorio a partir de la hora 12, es posible que esto se deba a que el trabajo que realizaron ellos, se experimentó mediante un programa hormonal de sincronización para estro, donde el proceso estral puede variar.

Del mismo modo se coincide con el aporte de Andringa *et al.*, (2013), quien encontró una correlación positiva entre la puntuación del estro (celo) y el diámetro folicular.

Por tanto, se concuerda con los autores antes mencionados, quienes indican que existe una correlación entre los tres métodos estudiados y, que los puntajes altos de las características externas del estro conllevan a una mayor formación de cristales (forma de helechos), en lo que respecta al moco cervical y a su vez a un mayor crecimiento folicular. Estos eventos claves se deben al incremento de las concentraciones circulantes de estradiol (E2), debido al crecimiento de un folículo pre-ovulatorio en el ovario. Luego de la regresión del cuerpo lúteo (CL), el folículo dominante crece y produce cantidades crecientes de estradiol. La vaca se vuelve sexualmente activa antes del inicio del estro (pasividad a la monta) a causa del aumento de estradiol en ausencia de progesterona (P<sub>4</sub>) circulante. La P<sub>4</sub> está baja debido a la regresión del cuerpo lúteo. Si este no regresa y la P<sub>4</sub> permanece elevada, algunos o todos los eventos subsecuentes (pico de hormona luteinizante (LH), celo, ovulación) no ocurrirán aunque el estradiol aumente.

Luego de que las concentraciones de estradiol alcanzan niveles suficientes durante un cierto tiempo, se producen cambios a nivel cerebral que provocan el inicio de las manifestaciones de estro, existe también secreción de Hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) en grandes cantidades desde el hipotálamo. La secreción de GnRH causa el pico de LH. Estos dos eventos (celo y pico de GnRH/LH) ocurren muy cercanos en el tiempo, pero en realidad son debidos a dos acontecimientos distintos que están normalmente sincronizados. Por lo tanto, es posible que en algunas vacas ocurra el celo sin el correspondiente pico de LH (Wiltbank, 2006).

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Utilizando la correlación bivariada de Pearson y canónica se afirma que la correlación positiva muy fuerte se dio a la hora 12, ratificando que con estos tres métodos de estudio se puede optimizar el tiempo para la inseminación artificial, siendo la hora 12 la más adecuada.

**SEGUNDA:** Al evaluarse tres métodos de gran importancia en la etapa del estro de la vaca lechera se asevera que el método adecuado para optimizar el momento de la inseminación artificial es la medición del diámetro folicular, mediante la ultrasonografía, sin embargo no está al alcance económico de todos los sistemas de crianza lechera; como segunda opción, se tiene a la formación de cristales del moco cervical, método de campo, económicamente al alcance de los productores y como tercera opción a la observación de las características externas del estro, que si bien es una de las más utilizadas tiene sus limitaciones debido a la falla en la detección del estro.

**TERCERA:** El inicio del estro (celo) se da a la hora 0 (momento que la vaca monta o se deja montar), donde se incrementa las características externas del estro, ascendiendo significativamente de la hora 0 hasta la hora 12, siendo ésta última la que alcanzó la puntuación más elevada y constante. Posteriormente se presentó un descenso a la hora 18 hasta la 24, donde cesan la mayoría de estas características externas del estro.

**CUARTA:** En la etapa del estro se da la formación de cristales tanto típicos como atípicos del moco cervical, dándose así una formación de cristales atípicos en la hora 0 y a su vez, en la hora 6 muchas formaciones cristalinas típicas y una pequeña porción de cristales atípicos, encontrando una mayor formación de cristales en forma de helecchos a la hora 12 y 18, variando en la hora 24 presentando cuantiosas formaciones de cristales atípicos y una pequeña porción de cristales típicos.

**QUINTA:** El crecimiento folicular en su mayoría se dio en el ovario derecho. Desde el inicio de la etapa del estro hasta la hora 18 se reflejó un crecimiento constante del diámetro folicular y una disminución leve, a la hora 24. Así mismo, los porcentajes de folículos pre-ovulatorios fueron altos desde la hora 0 a la 6, y a partir de la hora 12 a 24 se inició la presencia de folículos ovulatorios en porcentajes altos.

## RECOMENDACIONES

1. Siendo la hora 12 la hora óptima para la inseminación artificial de acuerdo a lo investigado en el presente trabajo, se sugiere poner en práctica la inseminación artificial, a esta hora para poder evaluar los índices de preñez, tomando en cuenta las condiciones favorables tanto para el animal como el manejo de esta técnica. A su vez, se recomienda seguir esta línea de investigación para obtener la hora de ovulación para mejorar los índices reproductivos.
2. Por consiguiente, ya que estos tres métodos fueron de gran importancia para realizar este estudio dando resultados positivos de gran importancia, se indica, que como primera elección está la ultrasonografía reproductiva, seguida por la calificación de la formación de cristales del moco cervical y finalmente la puntuación de las características externas del estro, recomendando utilizarlas de acuerdo a las disponibilidades del productor de forma práctica y en el campo.
3. Para optimizar el tiempo de la inseminación artificial, de una manera sencilla y con un costo mínimo, se sugiere la observación de características externas del estro, tres observaciones al día de 30 minutos; tomando como inicio de la etapa del estro (hora 0) cuando la vaca acepta la monta.
4. Otro método de elección el cual es más preciso y económicamente accesible en los sistemas de crianza intensiva de ganadería lechera es la calificación para la formación de cristales del moco cervical, el cual nos permite optimizar el tiempo para la inseminación artificial; es por ello que se debe implementar este método en los establos de crianza lechera así disminuyendo gastos, evitando realizar experimentos hormonales o utilizando equipos de alto costo, alargando así la vida reproductiva del animal.
5. Si bien la ultrasonografía es un método de alto costo, es la más precisa para optimizar el momento de la inseminación artificial debido a su avance tecnológico, se aconseja como primera elección la adquisición de este equipo en los establos de ganadería lechera ya que éste método es una inversión, que a largo plazo disminuirá las pérdidas económicas con respecto a la reproducción.



## I. ASPECTOS GENERALES

**Nombre del Proyecto:** Curso de capacitación para técnicos y propietarios de establos lecheros, para optimizar el tiempo de la inseminación artificial en el distrito de Santa Rita de Siguan.

**Formulador- Ejecutor:** MVZ. Noelia Alejandra Begazo Abril.

**Entidades involucradas y beneficiarios:**

**Institución que financia:** Universidad Católica de Santa María.

**Entidad auspiciadora:** Universidad Católica de Santa María.

**Beneficiarios:** Técnicos y propietarios de establos lecheros del distrito de Santa Rita de Siguan.

### Marco Referencial

El momento óptimo para realizar la inseminación artificial ha sido discutido desde los inicios de utilización de esta técnica, sin embargo, se requiere seguir investigando ya que los porcentajes logrados, aun no son del todo satisfactorios y es de suma importancia para lograr una eficiencia en la reproducción, la cual se mide por el número de crías obtenidas en el año y ésta va ligada a la producción, que es el factor más importante que determina el éxito o fracaso de un sistema de ganadería lechera.

## II. IDENTIFICACIÓN

El distrito de Santa Rita de Siguan está ubicado a 150 km de la ciudad de Arequipa a 1200 m.s.n.m. en la zona de la costa, la vocación de la población del distrito está relacionada con la actividad agropecuaria, principalmente en la pecuaria, en los últimos tiempos se han experimentado mejoras de la calidad genética del ganado lechero, y los cambios tecnológicos radicales en los métodos de comercialización y transformación de leche fresca, por ello se pretende sensibilizar a los técnicos y propietarios de establos lecheros, para la utilización de éstos métodos que aportan en la reproducción bovina, por ende el aumento de la producción.

## **Definición del problema y sus características**

La capacidad reproductiva de las vacas lecheras se ve afectada, siendo amenazada por los problemas reproductivos, que paulatinamente se están incrementando y, hoy en día es una de las principales causas de pérdidas económicas. La técnicas más utilizadas para mejorar la tasa de preñez, es la inseminación artificial, esta ha sido muy investigada pero no ha logrado porcentajes totalmente satisfactorios para el ganadero, debido a factores como un manejo inadecuado, detección del estro inadecuado, problemas reproductivos en el rebaño, ya sean por la mala alimentación, problemas genéticos, entre otros factores.

Actualmente la mayoría de los ganaderos en su intento por lograr una cría por año han implementado en su sistema de crianza intensiva de ganadería lechera programas de sincronizaciones de estro, equipos de detección de estro de alto costo, los cuales tampoco han resuelto el momento adecuado para la inseminación artificial, incrementando más aún los costos, motivo por el cual se realizó la presente investigación sobre métodos para la detección del estro mediante la puntuación de las características externas del estro, calificación de la formación de cristales del moco cervical y el diámetro folicular ovárico mediante ultrasonografía, siendo éstos métodos muy eficaces, permitiendo optimizar el momento de la inseminación artificial, logrando así la preñez.

### **Objetivos:**

#### **Objetivo General**

Sensibilizar a los técnicos y propietarios de establos lecheros sobre métodos que ayuden a optimizar el momento de la inseminación artificial a un bajo costo.

#### **Objetivos específicos**

- Capacitación teórica sobre la correlación de las características externas del estro, formación de cristales, diámetro folicular para la búsqueda de una optimización de la inseminación artificial.
- Instruir a los técnicos para la utilización de éstos tres métodos estudiados en el campo.

### III. FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN

#### **Análisis de Demanda**

El estrato de técnicos y propietarios de sistemas de crianza intensiva de ganadería lechera los cuales necesitan recibir esta capacitación para mejorar los índices reproductivos y de producción.

#### **Análisis de Oferta**

La Universidad Católica de Santa María, hace un esfuerzo por financiar y llevar a cabo estos tipos de capacitación.

#### **Balance de Oferta y Demanda**

El incremento de problemas reproductivos en los últimos tiempos hace necesario nuevas investigaciones en la ganadería lechera, por tanto, es de suma importancia capacitar a los ganaderos sobre la posible propuesta de una mejora en la reproducción.

#### **Presupuesto**

El costo del curso de capacitación sería cubierto en un 100% por la Universidad Católica de Santa María.

### IV. PONENTES

Profesionales en Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Católica Santa María.

<b>NOMBRE</b>	<b>FUNCION TECNICA</b>
Noelia Alejandra Begazo Abril	Investigadora principal
Fernando Alberto Fernández Fernández	Co-investigador
Sandra Bernardi	Co-investigador
Juan Eduardo Reátegui Ordóñez	Asesor de investigación

## V. PROGRAMA

**Programa:** Teórico.

Mes: Diciembre 2016.

Tema: Métodos de optimización para la inseminación artificial

Ponente: MVZ. Noelia Alejandra Begazo Abril.

Hora: 8:00 – 13:00 horas

Lugar: Anfiteatro de la Municipalidad Distrital de Santa Rita de Sigwas.

**Programa:** Práctico.

Mes: Diciembre 2016.

Tema: Experiencia práctica de las características externas del estro, formación de cristales y diámetro folicular ovárico.

Ponente: MVZ. Noelia Alejandra Begazo Abril.

Hora: 7:00 – 13:00 horas.

Lugar: Fundo América - Santa Rita de Sigwas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Abusineina, M.E. “A study of the fern-like crystalline patterns of the cervical and vaginal mucus of cattle”. *Vet Res.* 1962; 74: 619–21.
2. Alliston, C.W.; Patterson, T.B.; Ulberg, L. C. “Crystallization patterns of cervical mucus as related to estrus in beef cattle”. *J Anim Sci.* 1958; 17: 322–5.
3. Andringa, M.F.A.; Cavestany, D.; Van Eerdenburg F.J.C.M. “Relaciones entre la expresión de celo, diámetro del folículo y ovulación en vacas de leche en pastoreo” *SMVU.* 2013; Vol. 49 - # 190.
4. Ball. P.J.H.; A.R. Peters. *Reproduction in Cattle.* Blackwell Publishing Professional, Ames – Iowa; 2004.
5. Bane, A.; Rajakoski, E. “The bovine estrous cycle”. *Cornell Vet.* 1961; 51: 77- 95.
6. Baron, M. Correlación entre la cristalización del moco cervical, la ecografía y la concentración de estrógenos en vacas, para la detección del momento óptimo de la inseminación artificial [Internet]. 2015 Jun [citado 15 Jul 2016]. Disponible en:[https://issuu.com/medicinaveterinariajdc/docs/correlaci\\_\\_n\\_de\\_la\\_cristalizacion\\_\\_d](https://issuu.com/medicinaveterinariajdc/docs/correlaci__n_de_la_cristalizacion__d).
7. Barrera, H.L.; Hernandez O.R.; Roda M.G. *Ensayo de Reproducción animal bovino.* Universidad Martín Lutero UML – Siuna; 2010 [Citado 3 abr 2016]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos89/ensayo-reproduccion-animal-bovino/ensayo-reproduccion-animal-bovino.shtml#ixzz48zNvhwCw>.
8. Barros, C.; Argüello, B.; Jedlicki, A.; Vigil, P.; Herrera, E. “Scanning electron microscope study of human cervical mucus”. *Gamete Res.* 1985; 12: 85–9.
9. Becher, N.; Waldorf, K.A.; Hein, M. y Uldbjerg, N. “The cervical mucus plug: structured review of the literature”. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2009; 88: 502–13.
10. Billings, E. Artículo control de la fertilidad. [Internet]. 2003 Ene [citado 30 Jun 2016]. Disponible <http://www.seap.es>.

11. Bishnoi, B.L.; Vyas, K.K.; Dwaraknath, P.K. “Note on spinnbarkeit and crystallization pattern of bovine cervical mucus during oestrus”. *Indian J Anim Sci.* 1982; 52: 438–40.
12. Blair, G.W.S.; Folley, S.J.; Malpress, F.H.; Coppen, F.M.V. “Variations in certain properties of bovine cervical mucus during the oestrous cycle”. *Biochem.* 1941; J, 35: 1039–49.
13. Bollwein, H.; Prost D., Ulbrich, S.E.; Niemann, H.; Honnens, A. Effects of a shortened preovulatory follicular phase on genital blood flow and endometrial hormone receptor concentrations in Holstein-Friesian cows. *Theriogenology*; 2010.
14. Bone, J.F. “Crystallization patterns in vaginal and cervical mucus smears as related to bovine ovarian activity and pregnancy”. *Am J Vet Res.* 1954; 15: 542–7.
15. Boyd, L.J.; Gibbons, R.A.; Tasker, J.B. “Characteristics of cervical mucus from progestagen-treated cattle”. *Br Vet J.* 1972; 128: 260 – 9.
16. Brito, L.F.C.; Palmer, C.W. Cystic ovarian disease in cattle. *Large Animal Veterinary rounds* 4, issue 10. 2004.
17. Brownlie, J.; Hibbitt, K.G. “Antimicrobial proteins isolated from bovine cervical mucus”. *J Reprod Fertil.* 1972; 29: 337–347.
18. Cambridge University Press. *Manual de Laboratorio de la OMS para el examen del semen humano y de la interacción entre el semen y el moco cervical.* Publicado en inglés para la organización mundial de la salud; 1992 [Citado 10 abr 2016]. Disponible en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/39626/1/9500616092\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/39626/1/9500616092_spa.pdf).
19. Campos da Paz, A. “The crystallization test as a guide to the treatment of cervical hostility”. *Fertil Steril.* 1953; 4: 137– 48.
20. Carlstedt, I.; Sheehan, J.K. Macromolecular architecture and hydrodynamic properties of human cervical mucins”. *Biorheology.* 1984; 21: 225.

21. Carroza V.P.E.; Comparación de dos métodos de detección de celo en vacas Holstein americano de alta producción. 2010 [Citado 1 oct 2016]. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112285>.
22. Castellanos, F.; Galina, C.S.; Orihuela, J.A.; Navarro-Fierro, R.; Mondragón, R. Estrous expression in dairy cows and heifers (*Bos taurus*) following repeated PGF2a injection and choice of selecting a mounting partner. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1997; 51: 29-37.
23. Castilla, L. Manual Práctico de Estadística para las ciencias de la Salud. Editorial Trillas D.F. México; 2011. p. 167.
24. Cavestany, D.; Fernandez, M., Perez, M.; Tort, G., Sanchez, A., Sienra, R. Oestrus behaviour in heifers and lactating dairy cows under a pasture-based production system. *Vet Quart.* 2008; 30, 10-36.
25. Colazo, M.G.; Kastelic, J.P. Aspectos básicos y aplicados del uso de la ultrasonografía en el manejo reproductivo del ganado bovino, 2013.
26. Cortés, M.E.; González, F.; Vigil, P. “Crystallization of bovine cervical mucus at oestrus: An update”. *Rev Med Vet.* 2014a; 28: 103-16.
27. Cortés, M.E.; González, F.; Hauyón, R.; Vigil, P. “Highly symmetrical crystallization in six rectilinear and well-defined axes found in bovine cervical mucus obtained at oestrus: A finding”. *Rev Fac Med Vet Zoot.* 2014b; 61: 164-70.
28. Cortés, M.E.; Hauyón, R.; Vigil, P.; González, F. “Evidence of fractality in a pattern of crystallization of bovine cervical mucus obtained at oestrus”. *Int J Morphol.* 2012; 30: 1461–1465.
29. Cortés, M.E.C. Morphological and ultrastructural characterization of different types of bovine cervical mucus using light and scanning electron microscopy. Tesis doctoral, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago; 2012.
30. Del Río, M.J.; Godoy, A.; Toro, A.; Orellana, R.; Cortés, M.E.; Moreno, R.D.; Vigil, P. “La reacción acrosómica del espermatozoide: avances recientes”. *Rev Intl Andrología.* 2007; 5: 368–73.

31. Di Prinzio, M.E.; Nappi, A.; Maglione, D.I.; Ruscica, V.; Bernardi. “Caracterización del moco cervical bovino en el momento de la inseminación” XIV J. Div Téc Cient.; 2013 [Citado 20 abr 2016]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Ana\\_Strappini/publication/287978184\\_Importancia\\_de\\_la\\_deteccion\\_de\\_celo\\_utilizando\\_metodos\\_amigables\\_con\\_el\\_bienestar\\_animal/links/567ac9b908aebccc4dfd598b.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ana_Strappini/publication/287978184_Importancia_de_la_deteccion_de_celo_utilizando_metodos_amigables_con_el_bienestar_animal/links/567ac9b908aebccc4dfd598b.pdf).
32. Doehr, S.A. y Moghissi, K.S. “Human and bovine cervical mucins”. En: Blandau, R.J., Moghissi, K.S. (eds). *The Biology of the Cervix*. University of Chicago Press, Chicago; 1973. pp. 125–42.
33. Dourey, A.; Colazo, M.G.; Ponce-Barajas, P.; Ambrose, D.J. Relationship between endometrial cytology and interval to first ovulation and pregnancy in postpartum dairy cows in a single herd. *Res Vet Sci* 2010, doi:10.1016/j.rvsc.2010.11.011.
34. Dransfield, M.; Nebel, R.; Pearson, R.; Warnick, L. Timing of insemination for dairy cows identified in oestrus by a radiotelemetric oestrus detection system. *J. Dairy Sci.* 1998; 81: 1874-1882.
35. Doby, R.T.; Prange, R.W. *Physiology and Endocrinology of the Estrous Cycle*. Dairy Integrated Reproductive Management. University of Massachusetts. IRM- 2; 2004.
36. Eggert-Kruse, W.; Botz, I.; Pohl, S.; Rohr, G.; Strowitzki, T. “Antimicrobial activity of human cervical mucus”. *Hum Reprod.* 2000; 15: 778–84.
37. el-Naggar, M.A.; Baksai-Horváth, E. “The sugar content of the cérvico-vaginal mucus of cattle during the sexual cycle, with special; 1971.
38. Elstein, M. “Cervical mucus: its physiological role and clinical significance”. *Brit Med Bull.* 1978; 34: 83–8.
39. Elstein, M.; Moghissi, K.S.; Borth, R. Cervical mucus: Present state of knowledge. In: Elstein, M., Moghissi, K. S., Borth, R. (eds). *Cervical Mucus in Human Reproduction: based on a col/oquium held in Geneva on 18-20 September 1972, within the who Expanded Programme of Research, Oevelopment, and Research Training in Human Reproduction; 1973. pp. 11-21 (Scriptor, Copenhagen).*

40. England, G.C.; Allen, W.E. "Crystallization patterns in anterior vaginal fluid from bitches in oestrus". *J Reprod Fertil.* 1989; 86: 335–39.
41. Esslemont, R.J.; Bryant, M.J. Oestrus behaviour in a herd of dairy cows. *Vet. Rec.* 1976; 99: 472-475.
42. Esslemont, R.J.R.; Flencross, G. Bryant JJ, Pope GS. A quantitative study of preovulatory behaviour in cattle. *Appl. Anim. Behav.* 1980; 6: 1-17.
43. Fallen, G.R.; Crofts, J.M. "Some aspects of oestrus in cattle, with reference to fertility on artificial insemination. 2. Crystallisation patterns in cervico-vaginal mucus". *Queensland J Agric Sci.* 1960; 16: 431–37.
44. Farin, P.W.; Younquist, R.S.; Parfet, J.R.; Garverick, H.A. Diagnosis of luteal and follicular ovarian cysts by palpation per rectum and linear-array ultrasonography in dairy cows. *J Am Vet Med Assoc.* 1992; 200, 1085-1089.
45. Firk, R.; Stamer, E.; Junge, W.; Krieten, W. Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. *Livest Product Sci.* 2002; 75, 219-232. 19.
46. Fordney-Settlage, D. A. Review of cervical mucus and sperm interactions in humans. *Int. J. Fertil.* 1981; 26:161-169.
47. Forman, I. "Cervical mucus arborization, aid in ovulation timing". *Amer J Obstet Gynecol.* 1956; 3: 463.
48. Fraser, A.F.; Broom, D.M. *Farm animal behaviour and welfare.* Bailliere Tindall. Londres, Reino Unido; 1990. 547 pp.
49. Gaddum-Rosse, P.; Lee, W.I. Sperm motility in cervical mucus a comparative study. *Anat. Rec.* 1978; 190:593.
50. Galina, C.; Arthur, G.H. Review on cattle reproduction in tropics. Part 4. Oestrus cycles. *Animal Breeding Abstr.* 1990; 58: 687-707.
51. Garcia, L. Reproducción, características del ciclo estral, 2010 [Internet]. Ene [citado 10 Jun 2016]. Disponible [http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/genetica/articulos/reproduccion-caracteristicas-ciclo-estral-t2789/p0.htm#\\_=\\_](http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/genetica/articulos/reproduccion-caracteristicas-ciclo-estral-t2789/p0.htm#_=_)

52. Gendler, S.J.; Spicer, A.P. Epithelial mucin genes. *Annu Rev Physiol.* 1995; 57: 607.
53. Ghannam, S.A.; Sorensen, A.M. "Early pregnancy diagnosis in the bovine". *J Dairy Sci.* 1967; 50: 562–67.
54. Gibbons, R.A. "Chemical properties of two mucoids from bovine cervical mucin". *Biochem J.* 1959; 73: 209–17.
55. Gibbons, R.A.; Glover, F.A. "The physicochemical properties of two mucoids from bovine cervical mucin". *Biochem J.* 1959; 73: 217–25.
56. Gigli, I.; Russo, A.; Agüero, A. Consideraciones sobre la dinámica ovárica en equino, bovino y camélidos sudamericanos. *InVet*, 2006 8(1), 183-204.
57. Ginther, O.J.; Matthew, D. Doppler ultrasound in equine reproduction: principles, techniques, and potential. *J Equine Vet Sci.* 2004; 24, 516-526.
58. Gipson, I.K. "Human endocervical mucins". *Ernst Schering Res Found Workshop*, 2005; 52: 219–44.
59. Gipson, I.K. Mucins of the human endocervix. *Front Biosci.* 2001; 6: 01245.
60. Gipson, I.K.; Ho, S.B.; Spurr-Michaud, S.J.; Tisdale, A.S.; Zhan, Q.; Torlakovic, E.; Pudney, J.; Anderson, O.J.; Toribara, N.W.; Hill, J.A. Mucin genes expressed by human female reproductive tract epithelia. *Biol Reprod.* 1997; 6(4): 999.
61. Gonzales, M. Sincronización de celos e inseminación artificial. [Internet]. 2008 May [citado 10 Abr 2016]. Disponible [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201502/LECTURA\\_FASE\\_I.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201502/LECTURA_FASE_I.pdf).
62. González, A.; Evelin, N. Los signos físicos del celo y su relación con la fertilidad en el ganado lechero. *Mundo Pecuario*, V, N° 1, 37-63; 2007 [Citado 1 may 2016]. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/29601/1/articulo3.pdf>.
63. Hafez, B.; Hafez, E. S. E. Anatomía del Aparato Reprodutor de la Hembra. En Hafez, E.S.E., Hafez B. *Reproducción e Inseminación Artificial en Animales*. 7ma Edición. Editorial McGraw- Hill Mundo Pecuario V, N° 1, 37-63, 2009 .Los signos

- físicos del celo y su relación con la fertilidad en el ganado lechero 62 Interamericana, México, D.F.; 2002. pp.13-29.
64. Hafez, E.S.E.; Hafez, B. Ciclo Reproductor. En Hafez, E.S.E., Hafez, B., Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. 7ma Edición. Editorial McGraw- Hill Interamericana, México, D.F.; 2002. pp. 56-69.
65. Hafez, E.S.E.; Schein, M.W.; Ewbank, R. The behaviour of cattle En Hafez ESE (Ed.) The behaviour of domestic animals. Bailliere, Tindall and Cassell. Londres, Reino Unido; 1969. pp. 235-295.
66. Hernández, R. Metodología de la Investigación, Quinta Edición. McGraw-Hill Interamericana, 2010.
67. Herzog, K., Brockhan-Lüdemann, M.; Kaske, M.; Beindorff, N.; Paul, V.; Niemann, H.; Bollwein, H. Luteal blood flow is more appropriate indicator for luteal function during the bovine estrous cycle than luteal size. *Theriogenology*. 2010; 73, 691-697.
68. Holy, L. Bases Biológicas de la Reproducción Bovina. Editorial Diana, S. A. México D.F.; 1983. pp.47- 79.  
<http://www.fveter.unr.edu.ar/jornadas2013/55.DI%20PRINZIO,M.%20Caracterizaci%F3n%20del%20moco.pdf>.
69. Hurnik, J.F.; King, G.; Robertson, H.A. Oestrous and related behavior in postpartum Holstein cows. *Appl. Anim. Ethol*. 1975; 2: 55-58.
70. Jiménez, F.; Urdaneta Rincón, M.; González, R.; Sandoval, J; Urdaneta, M; Parra, A. Evaluación de cuatro métodos de detección del celo en novillas de doble propósito [Internet]. 2006 Jun [citado 10 Jun 2016]. Disponible [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/113\\_jimenez\\_celo.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/113_jimenez_celo.pdf).
71. Jonas, L. Producción lechera en el Perú y el mundo, 2015 [Citado 10 set 2016]. Disponible en: <http://mvxxi.blogspot.pe/2015/05/desdetiempos-inmemoriales-el-hombre-ha.html>.

72. Kasimanickam, R.; Duffield, T.F.; Foster, R.A.; Gartley, C.J.; Leslie, K.E.; Walton, J.S.; Johnson, W.H. Endometrial cytology and ultrasonography for the detection of subclinical endometritis in postpartum dairy cows. *Theriogenology*. 2004; 62, 9-23.
73. Kastelic, J.P.; Bergfelt, D.R.; Ginther, O.J. Relationship between ultrasonic assessment of the corpus luteum and plasma progesterone concentrations in heifers. *Theriogenology*. 1990a; 33, 1269-1278.
74. Kastelic, J.P.; Pierson, R.A. Ginther, O.J. Ultrasonic morphology of corpora lutea and central luteal cavities during the estrous cycle and early pregnancy in heifers. *Theriogenology*. 1990b; 34, 487-498.
75. Katz, D.F.; Berger, S.A. "Flagellar propulsion of human sperm in cervical mucus". *Biorheology*. 1980; 17: 169-75.
76. Kesserü, E.; Westphal, N. "Variation of the sialic acid-protein ratio in the human cervical mucus". *Reproducción*. 1975; 2: 131-9.
77. Kim, S.H.; Baek, J.S.; Lee, H.J.; Min, K.S.; Lee, D.H.; Yoon, J.T. "Detection of matrix metalloprotease-9 and analysis of protein patterns in bovine vaginal mucus during estrus and pregnancy". *J Embr Transfer*. 2012; 27: 93-100.
78. King, G.J. Sexual behavior in cattle. En *Studies of reproductive efficiency of cattle using RIA techniques*. International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria; 1990. pp. 59-66.
79. Lamb, G.C.; Smith, M.F.; Perry, G.A.; Atkins, J.A.; Risley, M.E.; Busch, D.C.; Patterson D.J. *Reproductive Endocrinology and Hormonal Control of the Estrous Cycle*. North Florida Research and Education Center, University of Florida; 2009.
80. Lucy, M.C. Estrus: Basic Biology and Improving Estrous Detection. *Proc. Dairy Cattle Reproductive Conference*; 2006. pp. 29-37.
81. Maatje, K.; Loeffler, S.; Engel, H.B. Optimal time of insemination in cows that show visual signs of oestrus by estimating onset of oestrus with pedometers. *J. Dairy Sci*. 80: 1098-1105.

82. MacDonald, R.R. (1969a): "Cyclic changes in cervical mucus. 1. Cyclic changes in cervical mucus as an indication of ovarian function". *J Obstet Gynecol Br Common*. 1969; 76: 1090-4.
83. MacDonald, R.R. "Cyclic changes in cervical mucus. 2. The role of saline". *J Obstet Gynecol Br Common*. 1969b; 76: 1094-9.
84. Marinov, U.; Lovell, J.E. "Secretary and ciliated cells of the bovine cervix". *Am J Vet Res*. 1967; 28: 1763-72.
85. Marshall, F.H.A.; Hammond, J. "Fertility and Animal Breeding". *Bull Minist Agric (Lond)*. 1937; 39: ii - 49.
86. Menárguez, M. Caracterización morfológica de diversos tipos de moco cervical. Tesis doctoral, Universidad de Murcia, Murcia; 1998. pp. 1-205.
87. Menárguez, M.; Pastor, L.M.; Odeblad, E. "Morphological characterization of different human cervical mucus types using light and scanning electron microscopy". *Hum Reprod*. 2003; 18: 1782-9.
88. MG, Ponce-Barajas P.; Ambrose, D.J. Pregnancy per AI in lactating dairy cows subjected to two different intervals from presynchronization to initiation of Ovsynch protocol. *J Dairy Sci*. 2013; 96:7640-7648.
89. Miamoto, A.; Shirasuna, K.; Hayashi, K.G.; Kamada, D.; Awashima, C.; Kaneko, E.; Acosta, T.J.; Matsui, M. A potential use of color ultrasound as a tool for reproductive management: New observations using color ultrasound scanning that were not possible with imaging only in black and white. *J Reprod Dev*. 2006; 52, 153-160.
90. Moniaux, N.; Escande, F.; Porchet, N.; Aubert, J.P.; Batra, S.K. Structural organization and classification of the human mucin genes. *Front Biosci*. 2001; 6: 01192.
91. Mullins, K.J.; Saacke, R.G. "Study of the functional anatomy of bovine cervical mucosa with special reference to mucus secretion and sperm transport". *Anat Rec*. 1989; 225: 106-17.

92. Murphy, M.; Boland, M.; Roche, J. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post partum beef suckled cows. *Journal of Reproduction and Fertility*, 1990; 90, 523-533.
93. Nebel, R.L.; Walker, W.L.; McGilliard, M.L.; Allen, C.H.; Heckman, G.S. Timing of insemination of dairy cows: fixed once daily versus morning and afternoon. *J. Dairy Sci.* 1994; 77: 3185-3191.
94. Noonan, J.J.; Schultze, A.B.; Ellington, E.F. "Changes in bovine cervical and vaginal mucus during the estrous cycle and early pregnancy". *J Anim Sci.* 1975; 41: 1084-9.
95. Odeblad, E. "The discovery of different types of cervical mucus and the Billings ovulation method". *Bull Nat Fam Plann Council Victoria.* 1994; 21: 1.
96. Odeblad, E. "The physics of the cervical mucus". *Acta Obstet Gynec Scand* 38; 1959. pp. 44-58.
97. Odeblad, E. "The spread out technique. Advantages, pitfalls and biological interpretation". En: *Actas IV Symposium Internacional de Métodos Naturales*, ed. by Asociación Española de Profesores de Planificación Familiar Natural, Esin, Barcelona; 1995. pp. 295-303.
98. Odeblad, E.; Ingelman-Sundberg, A.; Hallström, L.; Höglund, A.; Leppänen, U.; Rudolfsson-Åsberg, K.; Lisspers, K.; Perenyi, E.; Sahlin, K.; Lindström-Sjögren, C. "The biophysical properties of cervical-vaginal secretions". *Int Rev Nat Fam Plann.* 1983; 7: 1-56.
99. Oessey, J.L.; Buisine, M.P.; Porchet, N.; Aubert, J.P.; Oegand, P.; Laine, A. Evolutionary history of the 11 p15 human mucin gene family. *J Mol E.* 1998; vol.46 (1): 102.
100. Opsomer, G.; Grohn, Y.T.; Hertl, J.; Coryn, M.; Deluyker, H.; A de Kruif. Risk factors for postpartum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium: a field study. *Theriogenology.* 2000; 53, 841-857.

101. Orihuela, A. Some factors affecting the behavioural manifestations of oestrus in cattle: a review. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 70: 1-16.
102. Palacios, A.; Espinosa, J.V.M. Crecimiento folicular ovárico en animales domésticos: una revisión, 2006.
103. Palmer, C. Endometritis en vacas lecheras. 2008; 10 (37):25-32.
104. Palomares, R. “Estrategias de Detección de Celo para Ganado Lechero”, University of Georgia. College of Agricultural and Environmental Sciences. UGA Cooperative Extension Bulletin, 2013.
105. Papanicolaou, G.N. “A general survey of the vaginal smear and its use in research and diagnosis”. *Am J Obstet Gynecol.* 1946; 51: 316–28.
106. Pennington, J.A.; Albright, J.L.; Dieckman, M.A.; Callahan, C.J. Sexual activity of Holstein cows: seasonal effect. *J. Dairy Sci.* 1985; 68: 3023-3030.
107. Perry, G. The Bovine Estrous Cycle. South Dakota State University – Cooperative Extension Service – USDA. Pub. FS921A; 2004.
108. Peter, A.; et al. Compilation of classical and contemporary terminology used to describe morphological aspects of ovarian dynamics in cattle. En: *Theriogenology.* Jun 2009. Vol. 71, No. 9. p. 1343-57.
109. Pierson, A.R.; Ginther, O.J. Ultrasonic imaging of the ovaries and uterus in cattle. *Theriogenology.* 1988; 29, 21-37. Page 11.
110. Pierson, A.R.; Ginther, O.J. Ultrasonographic appearance of the bovine uterus during the estrous cycle. *J Am Vet Med Assoc.* 1987; 190, 995-1001.
111. Pierson, A.R.; Kastelic, J.P.; Ginther, O.J. Basic principles and techniques for transrectal ultrasonography in cattle and horses. *Theriogenology.* 1988; 29, 3-20.
112. Pierson, R.A.; Adams, G.P. Remote assessment of ovarian response and follicular status using visual analysis of ultrasound images. *Theriogenology.* 1999; 51, 47-57.

113. Prado, A.; Bernardi, S.; Bassi, A.; Marini, P. Estudio de la cristalización del flujo cérvico vaginal en hembras Holando Argentino. *Rev vet.*; 2012 [Citado 2 abr 2016]. Disponible en: <http://www.veterinariargentina.com/revista/2012/02/estudio-de-la-cristalizacion-del-flujo-cervico-vaginal-en-hembras-holando-argentino/>.
114. Prasad, A.; Kalyan, N.K.; Bachlaus, N.K.; Arora, R.C.; Pandey, R.S. “Biochemical changes in the cervical mucus of buffalo after induction of oestrus with prostaglandin F<sub>2α</sub> and cloprostenol”. *J Reprod Fertil.* 1981; 62: 583.
115. Raeside, J.I.; McDonald, M.F. “Arborization of cervical mucus in the ewe”. *J Endocrinol.* 1959; 18: 350–358.
116. Ramirez, Y. Correlación entre la cristalización del moco cervical, la ecografía y la concentración de estrógenos en vacas, para la detección del momento óptimo de la inseminación artificial [Internet]. 2014 Jun [citado 10 Jun 2016]. Disponible [https://issuu.com/medicinaveterinariajdc/docs/correlacion\\_entre\\_la\\_cristalizacion\\_](https://issuu.com/medicinaveterinariajdc/docs/correlacion_entre_la_cristalizacion_).
117. Rao, K.S.P.B.; Roberts, T.K.; Masson, P.L.; Heremans, J.F. “Lactoferrin, a major soluble protein of bovine oestrous cervical mucus”. *J Reprod Fertil.* 1973; 32: 89-92.
118. Richardson, L.; Hanrahan, J.P.; O'Hara, L.; Donovan, A.; Fair, S.; O'Sullivan, M.; Carrington, S.D.; Lonergan, P.; Evans, A.C.O. Ewe breed differences in fertility after cervical AI with frozen-thawed semen and associated differences in sperm penetration and physicochemical properties of cervical mucus. *Anim. Reprod. Sci.* 2011; 129: 37-43.
119. Rippe, C.A. El ciclo estral. *Reproduction in Cattle*; 2009 [Citado 26 abr 2016]. Disponible en: <http://www.dcrcouncil.org/media/Public/Rippe%20DCRCH%202009.pdf>.
120. Rivera, M.M.S.H. Revisión anatómica del aparato reproductor de las vacas. *Reproduction in Cattle*; 2009 [Citado 16 may 2016]. Disponible en: <http://www.dcrcouncil.org/media/Public/Rivera%20DCRCH%202009.pdf>.
121. Rodtian, P.; King, G.; Subrod, S.; Pongpiachan, P. Oestrus behavior of Holstein during cooler and hotter tropical seasons. *Anim. Reprod. Sci.* 1996; 45 (1-2): 47-58.

122. Roelofs, J.; López, F. Hunter, R. Van Eerdenburg, F. Hanzen, Ch. When is a cow in estrus. Clinical and practical aspects. *Theriogenology*. 2010; 74, 327-344.
123. Roelofs, J.B.; van Eerdenburg, F.J.; Soede, N.M.; Kemp, B. Various behavioral signs of and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. . *Theriogenology*. 2005; 63, 1366-1377.
124. Roland, M. “A simple test for the determination of ovulation, estrogen activity, and early pregnancy using the cervical mucus secretion; a preliminary report”. *Am J Obstet Gynecol*. 1952; 63: 81–9.
125. Rose, MC. Voynow JA. Respiratory tract mucin genes and mucin glycoproteins in health and disease. *Physiol Rev*. 2006; 86 (1): 245.
126. Rutllant, J.; López-Béjar, M.; López-Gatius, F. “Ultrastructural and rheological properties of bovine vaginal fluid and its relation to sperm motility and fertilization: a review”. *Reprod Dom Anim*. 2005; 40: 79–86.
127. Rutllant, J.; López-Béjar, M.; Santolaria, P.; Yániz, J.; López-Gatius, F. “Rheological and ultrastructural properties of bovine vaginal fluid obtained at oestrus”. *J Anat*. 2002; 201: 53–60.
128. Rutllant, J.; López-Gatius, F.; Camón, J.; López-Béjar, M.; López-Plana, C. A structural study of the bovine vaginal fluid at estrus. *Scanning*. 1999; 21: 204–11.
129. Saacke, R.G.; Dalton, S., Nadir, S.; Nebel, R.L.; Bame, J.H. Relationship of seminal traits and insemination time to fertilization rate and embryo quality. *Anim. Reprod. Sci*. 2000; 60-61: 663-677.
130. Sánchez, R.W. Examen del moco cervical; 2000 [Citado 17 may 2016]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/8705364/Qc-Examen-Del-Moco-Cervical>.
131. Sato, M.; Masaki, J. “The ultrastructure of the bovine cervical mucus under scanning electron microscopy”. *Tohoku J Agric Res*. 1981; 32: 27.
132. Sato, M.; Nihei, A.; Ohta, M.; Masaki, J. “Changes in sodium, potassium and chloride concentrations of bovine cervical mucus during the time of estrus induced by prostaglandin F<sub>2α</sub>analogue”. *Tohoku J Agric Res*. 1981; 32: 40–9.

- 133.Schumacher, G.F. "Biochemistry of cervical mucus". *Fertil Steril*. 1970; 21: 697–705.
- 134.Senamhi. Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú. Pronóstico: 614-1407.Jesús María, Lima – Perú; 2015 [Citado 2 may 2016]. Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/>.
- 135.Senger, P.L. *Pathways to pregnancy and parturition*. 2nd ed, Pullman, WA: Current Conceptions. 2003; pp. 34–5.
- 136.Sepúlveda, N.; Rodero, E. Comportamiento sexual durante el estro en vacas lecheras. INCI [Internet]. 2003 Sep [citado 14 Jul 2016]; 28(9): 500-503. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442003000900002&lng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000900002&lng=es).
- 137.Sepúlveda, N.; Rodero, E. Evaluación de la detección de celo en explotaciones lecheras. *Revista Científica de Veterinaria FCV-LUZ*. 2002; 12: 169-174.
- 138.Shearer, J.K. *Reproductive Anatomy and Physiology of Dairy Cattle* Animal Science Department, Florida Cooperative Extension Service. University of Florida. Original publication date September 1992. Reviewed June 2003. Publication #DS 57; 2003.
- 139.Sheehan, J.K.; Carlstedt, I. "Electron microscopy of cervical-mucus glycoproteins and fragments therefrom. The use of colloidal gold to make visible 'naked' protein regions". *Biochem J*. 1990; 265: 169–177.
- 140.Siddiqui, M.A.R.; Almamun, M. Ginther, O.J. Blood flow in the wall of the preovulatory follicle and its relationship to pregnancy establishment in heifers. *Anim Reprod Sci*. 2009b; 113, 287-292.
- 141.Siddiqui, M.A.R.; Gastal, E.L.; Gastal, M.O. Almamun, M.; Beg, M.A.; Ginther, M.A. Relationship of vascular perfusion of the wall of the preovulatory follicle to in Vitro fertilization and embryo development in heifers. *Reproduction*. 2009a; 137, 689-697.

- 142.Sims, J.M. Illustrations of the value of the microscope in the treatment of the sterile condition. *Br. Med. J.* 1868; 2: 492-494.
- 143.Singh, J.; Adams, G.A.; Pierson, G.A. Ultrasound image attributes of the bovine corpus luteum: structural and functional correlates. *J Reprod Fert.* 1997; 109, 35-44.
- 144.Singh, J.; Adams, G.P.; Pierson, R.A. Promise of new imaging technologies for assessing ovarian function. *Anim Reprod Sci.* 2003; 78, 371-399.
- 145.Singh, J.; Dominguez, M.; Jaiswal, R.; Adams, G.R. A simple ultrasound test to predict the superstimulatory response in cattle. *Theriogenology.* 2004; 62, 227-243.
- 146.Singh, J.; Adams, G.P. Pierson, R.A. Ultrasound image attributes of bovine ovarian follicles and endocrine and functional correlates. *J Reprod Fert.* 1998; 112, 19-29.
- 147.Sintex. Fisiología Reproductiva del Bovino. Laboratorio de Especialidades Veterinarias. Sitio Argentino de Producción Animal; 2005 [Citado 10 may 2016]. Disponible en: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
- 148.Sisson, S.; Grossman, J.D.; Getty, R. *Anatomy of the Domestic Animals.* Philadelphia: Saunders; 1975.
- 149.Smith, M.W.,; Jaeger, J.R.; Corah, L.R.; Stevenson, J.S.; Zapp, L.M.; Hites, M.J.; Lee, K.W. Detection of estrus in beef heifers by visual observation and radiotelemetry. *J. Anim. Sci.* 1993; 71 (Suppl 1): 36.
- 150.Strappini, A. C.; Norambuena, L.; Matamala, F. Importancia de la detección de celo utilizando métodos amigables con el bienestar animal, 2015 [Citado 11 oct 2016].
- 151.Swensson, T.; Andersson U. The influence of heat symptoms and the time of insemination of cattle on the early and late returns. *Nord. Vet. Med.* 1980; 32: 457-463.
- 152.Tamayo, T.M. La ecografía como medio diagnóstico y evaluación de los procesos reproductivos en el bovino. Universidad Agraria de La Habana. San José, La Habana; 2014.

153. Trimberger, G.W. Breeding efficiency in dairy cattle from artificial insemination at various intervals before and after ovulation. *NBR. Agric. Exp. Stn. Res. Bull.* 1948; 153: 1-26.
154. Tsiligianni, I.; Kocks, J.; Tzanakis, N.; Siafakas, N. & van der Molen, T. Factors that influence disease-specific quality of life or health status in patients with COPD: a systematic review and meta-analysis of Pearson correlations. *Prim Care Respir J*, 2011;20(3), 257-268.
155. Tsiligianni, T.; Karagiannidis, A.; Brikas, P.; Saratsis, P. “Chemical properties of bovine cervical mucus during normal estrus and estrus induced by progesterone and/or PGF $2\alpha$ ”. *Theriogenology*. 2001; 56: 41– 50.
156. Tsiligianni, T.; Karagiannidis, A.; Brikas, P.; Saratsis, P. physical Properties of Bovine Cervical Mucus During Normal And Induced (Progesterone and / or Pf $2\alpha$ ) Estrus. *Theriogenology*. 2000; 55:629-640.
157. Tsiligianni, T.; Karagiannidis, A.; Saratsis, P.; Brikas, P. “Enzyme activity in bovine cervical mucus during spontaneous and induced estrus”. *Can J Vet Res.* 2003; 67: 189–93.
158. Van Eerdenburg F. Estrus detection in dairy cattle: How to beat the Bull. *Vlaams Diergeneeskd Tijdschr.* 2006; 75, 61-69.
159. Van Eerdenburg, F.J.; Loeffler, H.S., Van Vliet, H.S. Detection of oestrus in dairy cows: a new approach to an old problem. *Vet Quart.* 1996; 118, 52-54.
160. Van Vliet, J.H., Van Eedenburg, F.J.C.M. Sexual activities and oestrus detection in lactation Holstein cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1996; 50: 57-69.
161. Velazques, J.G.; Gardozo, J.; Norberto, J.; Cusme, W. “Relación del moco cervical con la fertilidad del bovino doble propósito en el trópico bajo”. *Investigadores Corpoica, Sena.* 2006.
162. Verdugo, P. Goblet cells secretion and mucogenesis. *Annu Rev Physiol.* 1990; 52:157.

163. Vickery, B.H.; Bennett, J.P. The cervix and its secretion in mammals. *Physiol. Rev.* 1968; 48: 135-154.
164. Vigil, P.; Cortés, M.E.; Carrera, B.; Hauyón, R.; Aravena, C. El moco cervical en la fisiología reproductiva. En: Guzmán, E., Croxatto, H., Lalonde, A. (eds.) Selección de Temas en Ginecoobstetricia, Tomo III. Ediciones Publiimpacto. Santiago. 2014a; pp. 325-34.
165. Vigil, P.; Croxatto, H.B.; Cortés, M.E. Ciclo menstrual. En: Pérez Sánchez, A. (ed.) Ginecología. Editorial Mediterráneo, Santiago. 2014b; pp. 37-60.
166. Vigil, P.; Orellana, R.F.; Cortés, M.E. “Modulation of spermatozoon acrosome reaction”. *Biol Res.* 2011; 44: 151-59.
167. Vigil, P.; Riquelme, R.; Pinto, E.; Ceric, F. “Secreción cervical: relación entre las características bioquímicas y la penetración de los espermatozoides”. *Rev Chil Obstet Ginecol.* 1999; 64: 228-32.
168. Vigil, P.; Toro, A.; Godoy, A. “pHysiological action of estradiol on the acrosome reaction in human spermatozoa”. *Andrologia*, 2008; 40: 146-51.
169. Walker, W.L.; Nebel, R.L.; Mcgilliard, M.L. Time of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle. *J. Dairy Sc.* 1996; 79: 1555-1561.
170. Wiltbank, M.C.; Gümen, A.; Sartory, R. pHysiological classification of ovulatory conditions in cattle. *Proc. Bovine Reproduction: Education and Discussion. Solutions for the Practicing Veterinarian*; 2006. pp 93-125.
171. Woodman, H.E.; Hammond, J. The mucous secretion of the cervix of the cow. *J. Agr. Sci.* 1925; 15: 107-124.
172. Wordinger, R.J.; Ramsey, J.B.; Dickey, J.F.; Hill, J.R. “On the presence of a ciliated columnar epithelial cell type within the bovine cervical mucosa”. *J Anim Sci.* 1973; 36: 936-40.
173. Yudin, A.I., Hanson, F.W., Katz, D.F. “Human cervical mucus and its interaction with sperm: a fine-structural view”. *Biol Reprod.* 1989; 40: 661.

- 174.Zaaijer, D.; Van der Horst, C.J. “Cyclic changes in hormones, carbohydrates and indole metabolism in cervical mucus of normal, fertilizing cows and the relationship with non-fertility”. *Cytobios.* 1983; 37: 113.
- 175.Zondek, B. “Some problems related to ovarian function and to pregnancy”. *Recent Progress in Hormone Research;* 1954. 10: 395.







# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

## ESCUELA DE POSTGRADO

### MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y SALUD ANIMAL



**“CORRELACIÓN Y ASOCIACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DEL ESTRO, CRISTALIZACIÓN DEL MOCO CERVICAL Y ULTRASONOGRAFÍA FOLICULAR, EN VACAS LECHERAS, PARA OPTIMIZAR EL TIEMPO DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL. SANTA RITA DE SIGUAS, AREQUIPA - 2016”**

Tesis presentada por la Bachiller:

**NOELIA ALEJANDRA BEGAZO ABRIL**

Para optar el Grado Académico de:

**MAESTRA EN PRODUCCIÓN Y SALUD ANIMAL**

**AREQUIPA – PERÚ  
2016**

## I. PREÁMBULO:

La crianza de ganado lechero es una actividad pecuaria, la cual genera trabajo e ingresos económicos a muchas familias y empresas, de esta manera aportan con el crecimiento de un país, logrando así un mayor desarrollo y bienestar. Siendo el principal objetivo de un sistema ganadero, lograr la máxima rentabilidad productiva, este objetivo se logra con una interacción correcta de los principales factores tales como: reproducción, genética, nutrición, sanidad, y de manejo. Uno de los principales factores para lograr este objetivo, es la reproducción, por lo cual, las vacas lecheras tienen que parir a intervalos regulares (un ternero por vaca por año), para incrementar la producción individual y total del establo (Palmer, 2008). Una de las principales causas que limita la eficiencia reproductiva de la vaca lechera es la mala detección del estro convirtiéndose en un aspecto crítico para la explotación lechera, lo que conlleva a una reproducción retrasada trayendo consigo consecuencias como: la reducción del tiempo de la vaca produciendo leche, debido a que el pico de producción no se da con tanta frecuencia y los periodos de seca se extienden; el número de terneros nacidos por año decrece, dando menos oportunidades para descartar vacas con baja producción de leche, disminuyendo la posible ganancia genética en el valor genético de la explotación lechera, así mismo el costo directo para el tratamiento de los desórdenes reproductivos, servicio y honorarios veterinarios se incrementa. Con el pasar de los años se han desarrollado varios métodos para la detección del estro, pero la forma más segura y de menor costo es la visualización de las características externas del estro (Jiménez *et al.*, 2006). El detectar las características externas del estro es el primer paso para inseminar un animal. La señal más confiable de que un animal está listo para inseminarse es el comportamiento de permitir la monta por otro animal. El tener varios animales en estro en el mismo grupo aumentará la actividad de monta y los signos serán más visibles (Sepúlveda *et al.*, 2003).

Por otro lado el moco cervical es una de éstas manifestaciones que da mayor índice de efectividad de manera económica con respecto a la detección del estro y el acercamiento del día de la ovulación (García, 2010). Una de las propiedades biofísicas más representativas del moco es la cristalización (formación de helechos),

la cual permite la detección del estro y juega un papel importante sobre la motilidad espermática, y que ello puede ser un factor predictivo, para que el productor identifique el momento ideal para realizar la inseminación artificial (Velázquez, 2006). Siendo este, un método más sencillo y rentable en lo que respecta a la reproducción y por ende a la fertilidad de vacas lecheras (Cortés, 2012).

Finalmente la ultrasonografía en reproducción bovina se incrementa cada día por el veterinario clínico, pues su utilización es demandada cada vez más por los ganaderos y los centros científicos, ya que su aplicación confirma o desestima la valoración realizada por palpación rectal, constituyendo un medio de diagnóstico certero en la dinámica de las ondas foliculares, desarrollo del cuerpo lúteo, la determinación del estado de gestación precoz, sexado de las crías y la evaluación de los procesos patológicos del sistema reproductor, entre otros usos. Esta es totalmente inocua, no irradia al paciente ni al operador. La experiencia del operador tiene una gran importancia para el uso adecuado de la misma. La coordinación entre la visualización de la imagen y los movimientos realizados con la mano así como la localización de los órganos reproductivos son de fundamental importancia (Colazo *et al.*, 2013).

Por lo tanto, se pretende, entrelazar tres métodos de importancia en la crianza intensiva de ganadería lechera, dos de estos métodos que no requieren de gastos considerables y pueden ser practicadas en la explotación lechera de forma fácil, complementada con un método de gran ayuda que cada día se utiliza más en la reproducción bovina por su eficacia como es la ultrasonografía. Intentando encontrar una correlación fuerte a una hora determinada, entre las características externas del estro, formación de cristales del moco cervical y el diámetro folicular de los ovarios, para optimizar el tiempo de la inseminación artificial.

## II. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Enunciado del problema

Se pretende encontrar una correlación y asociación entre características externas del estro, cristalización del moco cervical y ultrasonografía folicular, en vacas lecheras, para optimizar el tiempo de la inseminación artificial.

#### 1.2 Descripción del problema

La producción es el factor que determina el éxito o el fracaso de un sistema de ganadería lechera, este factor se encuentra totalmente ligado a la reproducción, la cual se define como todos los procesos asociados a la generación de nuevos individuos partiendo de la gametogénesis, fecundación, parto, etc.

Para lograr una eficiente reproducción debe tomarse en cuenta los factores internos y externos. La eficiencia reproductiva se mide por el número de crías obtenidas en el año, en relación al número de hembras preñadas y total existente, número de servicio ya sea por monta natural o artificial (Barrera *et al.*, 2010).

Sucede que en la actualidad, la capacidad reproductiva de las vacas lecheras se ve afectada, siendo amenazada por los problemas reproductivos, que paulatinamente se están incrementando y, hoy en día es una de las principales causas de pérdidas económicas.

Una de las causas que limita la eficiencia reproductiva de la vaca lechera es la mala detección del estro convirtiéndose en un aspecto crítico para la explotación lechera, lo que conlleva a una reproducción retrasada trayendo pérdidas económicas. Con el paso de los años se han propuesto técnicas para detectar el estro en hembras bovinas, con diferentes grados de efectividad y aunque alguna de ellas da aciertos cercanos a 100%, también costos, los cuales no están al alcance de todos los productores.

Por lo anterior, la mayoría de productores recurre a la observación de las características externas del estro, la cual tiene un grado de eficacia alta, siempre y cuando se le dedique el tiempo de observación adecuado (Gonzales, 2008).

Actualmente la cristalización del moco cervical se viene introduciendo como una técnica de detección del estro, siendo una técnica de bajo costo (Cortés, 2012), así como también la ultrasonografía bovina se incrementa cada día por el veterinario clínico pues su utilización es demandada cada vez más por los ganaderos y los centros científicos, ya que su aplicación confirma o desestima la valoración realizada por palpación rectal, constituyendo un medio de diagnóstico certero en la dinámica de las ondas foliculares, desarrollo del cuerpo lúteo, la determinación del estado de gestación precoz, sexado de las crías y la evaluación de los procesos patológicos del sistema reproductor, entre otros usos (Colazo *et al.*, 2013).

Motivo por el cual, se ha propuesto correlacionar tres métodos indicativos del estro, como los que se mencionan para este estudio, con el fin de determinar el momento óptimo para la inseminación artificial, todo ello para lograr la preñez, por ende la rentabilidad de la explotación lechera.

### **1.2.1 Área del conocimiento al que pertenece**

Pertenece al área de ciencias de la salud animal dentro de producción y sanidad animal.

### 1.2.2 Análisis de operación de variables

**TABLA N° 1: VARIABLES E INDICADORES**

	VARIABLE	INDICADOR	SUBINDICADOR
<b>Variable Independiente</b>	Características externas del estro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descarga de mucus vaginal (3)*</li> <li>• Flehmen (3)*</li> <li>• Inquietud (4)*</li> <li>• Monta moviéndose (10)*</li> <li>• Olfateo de la vagina a otra vaca (10)*</li> <li>• Apoyo de la mentón en otra vaca (15)*</li> <li>• Monta (o intento) a otra vaca (35)*</li> <li>• Monta lateral o por la cabeza a otra vaca (45)*</li> <li>• Acepta la monta (100)*</li> </ul>	Escala de puntos para el comportamiento del estro. (*)
<b>Variable dependiente</b>	Características internas del estro	Moco cervical	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación de cristales típica</li> <li>• Formación de cristales atípica</li> </ul>
		Folículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro folicular</li> </ul>

(\*) Puntuación para las características externas del estro.

Fuente: Elaboración propia.

### 1.2.3 Interrogantes de investigación

- ¿Será posible optimizar el momento para la inseminación artificial correlacionando las características externas del estro, la formación de cristales del moco cervical y el diámetro folicular ovárico?
- ¿Será posible elegir el método más adecuado para optimizar el momento de la inseminación artificial en la etapa del estro?
- ¿Será posible identificar el momento óptimo para la inseminación artificial observando la presencia de características externas del estro?

- ¿Será un indicativo la calificación de la formación de cristales del moco cervical, para determinar el momento óptimo de la inseminación artificial?
- ¿Se podrá identificar el folículo pre ovulatorio u ovulatorio por medio del diámetro folicular mediante la ultrasonografía folicular ovárica?

#### 1.2.4 Tipo y nivel de investigación

- a) Tipo: cuasi experimental.
- b) Nivel de investigación: analítica, descriptiva y correlacional.

### 1.3 Justificación del problema

Con el presente estudio se pretende encontrar una correlación entre las características externas de la etapa del estro, formación de cristales del moco cervical y diámetro folicular, mediante ultrasonografía ovárica, para así determinar un momento óptimo para la inseminación artificial, utilizando dos métodos que no requieren de gastos considerables y pueden ser practicadas en la explotación lechera de forma fácil, si bien la observación de las características externas del estro han sido siempre utilizadas en las explotaciones lecheras como principal método de detección de estro, actualmente se viene implementando mediante el análisis y estudio de las formas que adquiere el moco cervical en las fases preovulatoria y ovulatoria, con esto se busca identificar el momento para la inseminación artificial (Billings, 2003), en hembras bovinas, complementada con un método de gran ayuda que cada día se utiliza más en la reproducción bovina, así mismo, incrementando los índices de tasa de preñez efectiva, por tanto mayor rentabilidad económica en la explotación lechera.

Es común que los productores no utilicen tecnologías de la reproducción, lo que limita el mejoramiento de la explotación lechera y con ello la producción de manera competitiva con otros mercados. Por esta razón debemos proponer mecanismos, que promuevan el mejoramiento de las producciones, el desempeño productivo y reproductivo de las explotaciones lecheras a cualquier escala y de fomentar tecnologías de diferentes niveles, que también estén al alcance de pequeños y medianos productores (Baron, 2015).

Al encontrar una correlación entre estos tres parámetros se estaría ofreciendo nuevos conocimientos para decidir el momento de la inseminación artificial, siendo esto un aporte más para las explotaciones ganaderas.

## **2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.1 Anatomía del aparato reproductor bovino**

#### **2.1.1 Vulva**

La vulva es el orificio externo del aparato reproductor, es la única parte visible desde afuera de la vaca. Con 3-4 pulgadas de largo en el plano medio, la vulva está localizada inmediatamente debajo de la abertura externa del recto y de la cola. La vulva está compuesta de pliegues de piel (epitelio estratificado escamoso, keratinizado) y vellos que ofrecen una adecuada protección a las estructuras internas del órgano reproductor. La vulva, al igual que otros órganos reproductivos durante el celo (tiempo de aceptación del macho) es afectada por los efectos del estradiol, incrementando la irrigación (luz de color rojo); incrementando la humedad y el tejido se inflama (hinchada). Todas estas características son importantes cuando se evalúan signos secundarios del celo. La vulva y el vestíbulo son las únicas partes que comparten el tracto urinario y el tracto reproductivo (Rivera, 2009).

#### **2.1.2 Vestíbulo**

El vestíbulo es la primera estructura que se encuentra craneal a la vulva, mide 3-4 pulgadas de largo, cubierto por tejido escamoso, de epitelio no keratinizado. La abertura externa de la uretra está localizada en el piso del vestíbulo. Caudal a esta estructura podemos encontrar un saco ciego (divertículo suburetral). Durante la IA es muy importante entender la localización de estas dos estructuras, de hecho es por esto la recomendación de introducir la pistola de inseminación en un ángulo de 30 grados para evitar la introducción en una de estas estructuras (Rivera, 2009).

### 2.1.3 Vagina

Se localiza craneal al vestíbulo y se extiende cranealmente por cerca de 8 pulgadas, hasta la entrada de la cérvix. Cubierta por epitelio estratificado escamoso no keratinizado. La vagina sirve de receptor del semen cuando se realiza la monta natural. Puede representar un obstáculo para llegar al blanco en IA por dos razones; primero, los pliegues de la vagina que ocurren en vacas abiertas gracias a la movilidad referida en la sección de introducción y segundo el fornix, que rodea la entrada de la cérvix, que es el resultado de la gruesa musculatura de la cérvix que se proyecta en la vagina y su diámetro reducido comparado con la vagina (Rivera, 2009).

### 2.1.4 Cérvix

Con unas 4 a 5 pulgadas de largo y unas 2 pulgadas de ancho, la cérvix es de suma importancia en la reproducción bovina. En general, la cérvix es una rápida disminución del tamaño del tracto reproductor que sirve de protección del útero a la entrada externa de contaminantes que de otra manera fácilmente entrarían desde la vagina. Durante la preñez, la cérvix crea un tapón natural (tapón cervical) para crear un medio estéril y seguro en el que vivirá el feto. La ruptura de este tapón durante la preñez que algunas veces puede suceder durante una inseminación errónea, (de una vaca preñada) puede provocar un aborto. La luz (lumen) de la cérvix es muy angosto y contiene una serie de pliegues de la mucosa que forma 3 o 4 anillos internos inclinados en dirección caudal. Hay algunas ramificaciones de estos principales o secundarios anillos que ayudan al transporte y reservorios del semen. Este gran número de anillos a su vez ayuda a la cérvix a expandirse durante el parto. Además la cérvix produce unas secreciones gruesas durante el metaestro, diestro, la preñez y unas secreciones delgadas que son abundantes durante el celo que ayudan a facilitar el transporte y la lubricación del semen. Una capa muscular fuerte, le da a la cérvix esa estructura dura que se siente cuando se realiza la palpación rectal y es lo que lo hace muy fácil de identificar por encima

de cualquier otra estructura. La perfecta identificación de la cérvix a la palpación rectal deberá ser el punto de partida para un adecuado procedimiento de IA. (Rivera, 2009).

### 2.1.5 Útero

Craneal a la cérvix, se encuentra el útero, envuelto en el ligamento ancho del útero el cual le da gran movilidad. Compuesto por epitelio ciliar columnar, el útero es el lugar donde se lleva a cabo la gestación, es el responsable de brindar protección al feto y mantener una compleja comunicación entre la madre y el feto. Aunque ésta compleja relación ha sido muy estudiada, aún existen algunas áreas fisiológicas y bioquímicas que no se entienden por completo. Las paredes del útero tienen numerosas funciones durante la gestación. Tiene un tejido secretor que produce la “leche uterina” que sirve de nutriente para el embrión durante las primeras etapas de la gestación. En el útero se pueden encontrar alrededor de 100 a 120 carúnculas del tamaño de un grano de maíz distribuidas uniformemente en el endometrio. Estas carúnculas sirven de punto de conexión para la placenta durante la preñez. Las carúnculas se unen íntimamente a los cotiledones para formar unas complejas y bien vascularizadas estructuras llamadas placentomas. Cada placentoma puede crecer hasta 2 pulgadas de ancho y sirve de unión de la placenta, de intercambio sanguíneo que lleva nutrientes al feto y recoge los desechos del mismo para llevarlos a la orina de la madre. La placenta también se convierte en una poderosa glándula secretora que interactúa con el endometrio y los ovarios para producir progesterona, estradiol, prolactina, y otras importantes hormonas. La pared uterina tiene una fuerte masa muscular que ayuda en la expulsión del feto al momento del parto y de sus membranas fetales, al poco tiempo después del parto. Desde el punto de vista anatómico el útero puede dividirse en cuerpo del útero y dos cuernos. El cuerpo del útero es la primera parte del útero en dirección caudo-craneal y es la única porción compartida de las dos mitades derecha e izquierda del útero. Internamente tiene una medida de

2 pulgadas de largo antes de la iniciación de la bifurcación interna, esta parte puede representar un obstáculo para un inexperto técnico en IA tratando de identificar el cuerpo del útero a través de la bifurcación externa durante la palpación rectal. El cuerpo del útero, inmediatamente después de la cérvix, se convierte en el blanco, o punto de depósito del semen durante la IA. Los cuernos uterinos son la continuación directa del cuerpo del útero. Cada cuerno (derecho e izquierdo) es una estructura cilíndrica y simétrica de cerca de 8-12 pulgadas de longitud y cerca de 2 pulgadas de diámetro dependiendo de la edad y estado fisio-patológico del animal (abierto, preñada, endometritis, tumores, etc.) después de la bifurcación externa y continuando en forma craneal los cuernos se doblan en una posición ventro-caudal y después se vuelven a doblar en forma dorsal para juntarse al oviducto (Rivera, 2009).

#### **2.1.6 Oviductos**

Con un tamaño de 7 pulgadas de largo y  $\frac{1}{4}$  de pulgada de ancho cada oviducto (derecho e izquierdo) se convierte en la estructura que une los cuernos uterinos con el ovario, además de ser el sitio donde se lleva a cabo la fertilización. El extremo craneal del oviducto presenta una abertura ancha y delgada en forma de embudo, llamada fimbria la cual abraza el ovario y captura el óvulo durante la ovulación. Una vez que el óvulo entra el oviducto, viaja y se deposita en la ampolla (la parte media del oviducto) esperando por el espermatozoide para llevar a cabo la fertilización. Si la fertilización ocurre el óvulo fertilizado (embrión) viaja en dirección caudal a través del istmo y la unión uterotubal para llegar al cuerno 3 a 4 días después (Rivera, 2009).

#### **2.1.7 Ovarios**

Los ovarios son las estructuras más importantes y complejas del tracto reproductor de las vacas, debido a que interactúa con otras glándulas y estructuras nerviosas en el cuerpo para poder controlar el ciclo reproductivo de la vaca. El complejo ovario-hipotálamo-hipófisis se

encarga de gobernar las funciones ováricas y uterinas que determinan los diferentes eventos del ciclo estral (celo y gestación). Los ovarios de aproximadamente 1.5 pulgadas de largo y  $\frac{1}{2}$  de ancho, contiene dos principales estructuras, el cuerpo lúteo (producción de progesterona) y los folículos, que producen el estradiol y producción de óvulos en diferentes estados de madurez. Aunque existen miles de óvulos en los ovarios, todos ellos se formaron durante el desarrollo embrionario o fetal mucho antes del nacimiento. Durante el ciclo estral de una vaca un grupo de óvulos compite por el desarrollo y la maduración final (Folículos de Graff), ejerciendo dominancia durante cada onda folicular, pero bajo condiciones normales, un solo folículo dominante de la última onda folicular puede ser ovulado (Rivera, 2009).

## 2.2 Fisiología reproductiva bovina

### 2.2.1 Ciclo estral

El ciclo estral es el tiempo que ocurre entre dos periodos estrales, también llamado celo o calor, y varía normalmente entre 17 a 24 días, considerándose 21 días como el tiempo promedio. Ciclos estrales inferiores a este tiempo se consideran anormales, mientras que los ciclos estrales más largos, se considera que se deben muy probablemente a una falla en la detección de calores. (Duby *et al.*, 2004).

#### A. Control neurológico y endocrinológico del ciclo estral

El ciclo estral está regulado por la interacción de varios órganos: entre ellos están el eje hipotálamo-hipófisis, el ovario y el útero. Las hormonas sirven como mensajeros químicos que viajan por la sangre hacia órganos y tejidos específicos que contienen receptores para hormonas específicas y que regulan las fases del ciclo estral (Lamb *et al.*, 2009).

- **Hipotálamo**

Forma parte de la base del cerebro y sus neuronas producen la Hormona Liberadora de las Gonadotropinas o (GnRH); la GnRH se difunde a través de los capilares al sistema hipofisiario y de allí a las células de la hipófisis anterior, en donde su función es estimular la producción y secreción de las hormonas hipofisiarias, Hormona Folículo Estimulante (FSH) y Hormona Luteinizante (LH) entre otras (Rippe, 2009).

- **Hipófisis**

Consta de una parte anterior y otra posterior. La hipófisis anterior o adenohipófisis, produce varios tipos de hormonas, de las cuales la Hormona Folículo-estimulante (FSH) y la Hormona Luteinizante (LH) cumplen un papel relevante en el ciclo estral. La FSH es la encargada del proceso de esteroidogénesis ovárica, crecimiento y maduración folicular y la LH es la que interviene en el proceso de ovulación, formación y mantenimiento del cuerpo lúteo. La hormona oxitocina, que también es producida en el hipotálamo, es almacenada en la adenohipofisis e intervendrá en los procesos de parto, bajada de la leche, transporte de espermatozoides en el útero, así como en el proceso de luteólisis o ruptura del cuerpo lúteo en el ovario (Rippe, 2009).

- **Ovarios**

Son glándulas que tienen básicamente dos funciones: una exocrina, que es la liberación de óvulos, y otra endocrina, que es la producción y secreción de hormonas. Entre las hormonas que producen los ovarios podemos citar, los estrógenos o estradiol, la progesterona y la inhibina. Los estrógenos son hormonas esteroides producidas en el folículo ovárico y son los responsables de estimular la conducta sexual o de celo actuando

sobre el sistema nervioso central del animal; además, tienen acción sobre otros órganos del aparato reproductivo como son los oviductos, el útero, la vagina y la vulva. Los estrógenos tienen un efecto de retroalimentación positiva sobre el hipotálamo produciendo la liberación de GnRH que a su vez inducirá la liberación de FSH y LH en la hipófisis anterior. La progesterona es también una hormona esteroide producida en el cuerpo lúteo por acción de la LH; es responsable de la preparación del útero para permitir la implantación del embrión y de mantener la gestación. Produce un efecto de retroalimentación negativa sobre el hipotálamo. La inhibina es una hormona proteica producida en el folículo que interviene en el mecanismo de regulación de la secreción de FSH y tiene un efecto de retroalimentación negativa sobre la hipófisis anterior produciendo una menor secreción de FSH (Rippe, 2009).

- **Útero**

Produce la Prostaglandina F<sub>2α</sub> (PGF<sub>2α</sub>), la cual interviene en la regulación del ciclo estral, mediante su efecto de luteólisis o regresión del cuerpo lúteo. También interviene en los procesos de ovulación y parto (Rippe, 2009).

## **B. Fases del ciclo estral**

A continuación, describiremos los eventos principales que ocurren durante el ciclo estral. El ciclo estral se puede dividir en tres fases:

- Fase Folicular o de regresión del cuerpo lúteo (Proestro).
- Fase Periovulatoria (Estro y Metaestro).
- Fase Luteal (Diestro).

El día 0 del ciclo estral, es el día del celo o calor aparente con signos manifiestos y se considera el día del comienzo del nuevo ciclo; sin embargo, y para efectos de mejor entendimiento, la descripción se

realizará a partir de la destrucción del cuerpo lúteo del ciclo estral anterior y finalizará con el día de celo del siguiente ciclo (Rippe, 2009).

#### **a. Fase folicular o proestro**

La fase del proestro se inicia con la regresión del cuerpo lúteo, del ciclo anterior o luteólisis y termina con el inicio del estro o celo; dura alrededor de dos o tres días. La destrucción del cuerpo lúteo ocurre gracias a la acción de la  $PGF2\alpha$  de origen uterino. Con la caída de los niveles de progesterona, el efecto de retroalimentación negativa que ejercía a nivel hipotalámico desaparece y comienza a aumentar la frecuencia pulsátil de las hormonas FSH y LH, las cuales estimulan el crecimiento folicular. Durante el proestro o fase folicular, ya existe un folículo dominante que llegará a ser una estructura de  $\frac{3}{4}$  a 1 pulgada de grande y con la apariencia de una ampolla llena de líquido folicular y el óvulo que será ovulado. Muchos folículos pueden llegar a desarrollarse durante el proceso de dinámica folicular que explicaremos más adelante, pero sólo 1 (2 ó 3 en el caso de gemelos o trillizos) será el folículo dominante seleccionado para ser ovulado. Este folículo dominante se diferencia de los demás; en que es estimulado coordinadamente por las hormonas FSH y LH para producir estrógenos. La pared del folículo consta de dos filas de células: una interna que está en contacto con el óvulo llamada células de la granulosa y otra más externa, llamada células de la teca; entre las dos hay una membrana llamada membrana basal. Estos dos tipos de células trabajan coordinadamente durante el desarrollo del folículo para producir estrógenos. El incremento en los niveles de estrógenos del folículo pre-ovulatorio alcanzan los centros nerviosos del hipotálamo que controlan las manifestaciones externas de celo. Aquí se inicia la fase de celo o estro (Lamb *et al.*, 2009).

## b. Fase periovulatoria (estro – metaestro)

El estro se define como un periodo de actividad y receptividad sexual, en donde el signo principal se da cuando el animal se mantiene en pie y quieto al ser montado por otro. También se observa, entre otros signos, inquietud, inflamación de la vulva, secreción de moco claro y transparente que sale por la vulva (Shearer, 2003). La duración de celo es muy variable entre grupos de animales variando entre 30 minutos a más de 30 horas (Lucy, 2006), pero se considera que  $16 \pm 4$  horas es el tiempo promedio. Los signos de estro, ocurren gracias a la presencia de los estrógenos provenientes del folículo. En cierto momento los niveles de estrógenos son lo suficientemente altos en concentración y duración como para inducir los síntomas de celo o calor (Wiltbank *et al.*, 2006), así como para incrementar las contracciones del tracto reproductivo, facilitando el transporte del esperma y del óvulo; éstos altos niveles de estrógenos afectan también a centros endocrinos en el hipotálamo que controlan la liberación de GnRH del hipotálamo y ésta a su vez la liberación de FSH y LH de la adeno-hipófisis. El incremento de LH se inicia después de que se hayan iniciado los signos de celo e inicia el proceso de ovulación (Lucy, 2006). La LH es generalmente considerada como la gonatropina primaria responsable de la ovulación, sin embargo, la FSH también ha sido observada como causante de ovulación y de formación de tejido luteal (Galway *et al.*, 1990 citado por Lamb *et al.*, 2009). Los niveles de FSH se incrementarán en amplitud unas horas después del pico de LH, relacionándose con el inicio de la primera oleada folicular que describiremos más adelante en la dinámica folicular. De 12 a 24 horas desde el inicio del celo, el sistema nervioso central del animal, se hace refractario a los estrógenos y todas las manifestaciones de celo o calor desaparecen. Inmediatamente

después de finalizado el celo se inicia el metaestro que puede durar de 3 a 5 días (Lamb *et al.*, 2009).

Durante el metaestro ocurre la ovulación, que tiene lugar entre 28 a 32 horas después de haberse iniciado el celo, o entre 10 a 15 horas de haber cesado los signos de celo en respuesta al pico preovulatorio de LH. Después de la ovulación se produce una hemorragia y el folículo se llena de sangre, convirtiéndose en una estructura conocida como cuerpo hemorrágico. El proceso siguiente es la luteinización de las células foliculares que se transformarán en células luteales; estos cambios ocurren entre el día 5 a 7 del ciclo, finalizando así la fase de metaestro e iniciándose la fase lútea o diestro (Rippe, 2009).

- **Inicio del estro**

Aunque no todos los autores coinciden, la mayoría de ellos apuntan a que el comienzo del estro se suele producir durante la noche o a primera hora de la mañana (Galina *et al.*, 1990; Van Vliet *et al.*, 1996; Castellanos *et al.*, 1997). En novillas que no están sometidas a ordeño, el momento del día en el que se producen los picos de aparición en celo se sitúa entre la 7:00 y las 8:00, coincidiendo con el suministro de concentrado, pero en vacas en producción, se producen a lo largo del día tres picos coincidentes con los periodos de ordeño; citado por (Sepúlveda *et al.*, 2003).

La ovulación ocurre en promedio a las  $27,6 \pm 5,4$ h después de iniciado el celo, no dándose diferencias entre ovulaciones espontáneas o inducidas por hormonas exógenas PGF2a (Walker *et al.*, 1996). Estos autores estimaron un tiempo de 9,5h desde que se produce la primera monta hasta que éstas cesan, por lo que las mayores tasas de concepción se consiguen con IA realizadas 5 a 6h después del primer evento

de celo. Igualmente, Swensson *et al.*, (1980) encontraron mayores tasas de concepción (71%) cuando la IA se práctica en el mismo día de la detección del celo en relación al segundo o tercer día. Coincidiendo con esto, Maatje *et al.*, (1997) concretan este intervalo entre el primer signo de celo y la IA en 11,8h. Nebel *et al.*, (1994) no encontraron diferencias en las tasas de concepción cuando la IA se practica a tiempo fijo en el primer día o mediante el protocolo mañana-tarde instaurado por Trimberger (1948). En la elección del protocolo también es necesario considerar que a partir de las 24h de la manifestación de celo, las tasas de fertilización mediante IA pueden aumentar, pero la calidad de los embriones, medida como % de embriones degenerados, se ve reducida (Saacke *et al.*, 2000); citado por (Sepúlveda *et al.*, 2003).

- **Duración del estro**

La interpretación de los datos referentes a la duración del celo es complicada, dado el efecto adicional de la época del año en su duración y porque el cese del celo es gradual (Orihuela, 2000).

En la bibliografía se encuentran diferentes formas de medir la duración del estro. Existe coincidencia entre los investigadores en que el signo más seguro de una vaca en estro se produce cuando ésta queda quieta al ser montada. Por ello, King (1990) define el periodo de receptividad sexual como el tiempo durante el cual la vaca permanece quieta al ser montada, estableciendo que la duración de la receptividad es igual a la duración del estro. Según Hurnik *et al.*, (1975), no siempre es posible establecer comparaciones entre el número de montas y la duración del celo, ya que el número de vacas en estro, el tipo de superficie y el tamaño del grupo

son factores difíciles de apreciar y su acción es determinante sobre la duración y la intensidad del comportamiento sexual en las vacas; citado por (Sepúlveda *et al.*, 2003).

Van Vliet *et al.*, (1996), registraron los principales signos de estro y dieron puntuación a cada uno de ellos, determinando el inicio del estro en función del momento en el que las vacas alcanzaban una puntuación concreta en base a los signos de estro acumulados en un periodo de 24h. Dentro del ciclo estral, la duración del celo oscila entre 9 a 28h, dependiendo de la localización geográfica, de la raza y de la edad de la vaca. Generalmente, el celo es más corto en el trópico y en las zonas subtropicales que en las templadas. En climas templados o moderados la duración del estro puede ser de 20 a 30% más duradero que en vacas de ambientes muy calurosos o fríos (Pennington *et al.*, 1985). Paralelamente, la duración del celo se ve afectada por el número de partos, pudiendo ser 50% más corto en las vacas primíparas que en las multíparas (Walker *et al.*, 1996); citado por (Sepúlveda *et al.*, 2003).

En vacas Holstein Friesian también se han observado diferencias en la longitud del estro, medida por el periodo de receptividad sexual, en función de si hay sólo una o más vacas en estro al mismo tiempo. En este sentido, King (1990) observó que la duración del estro cuando hay una vaca en celo fue sólo de 2,4h mientras que cuando se encontraban dos o más vacas en celo, la duración de éste aumentaba a más de 14h. Este mismo efecto ya había sido descrito por otros autores como Hurnik *et al.*, (1975); Esslemont *et al.*, (1980) y fue posteriormente corroborado por Van Vliet *et al.*, (1996). Teniendo en mente todas éstas consideraciones, procede tomar con cautela la tabla 2, que resume la duración de los

celos estimados por los diferentes autores en diferentes razas y condiciones de la explotación; citado por (Sepúlveda *et al.*, 2003).

**TABLA N° 2: DURACIÓN MEDIA DEL ESTRO EN HEMBRAS DE RAZAS  
LECHERAS**

Raza	Duración (h)	Referencias
Holstein	21,3 ± 2,1	Williams <i>et al.</i> , 1981
Holstein	15,7	Pennington <i>et al.</i> , 1986
Holstein	15,1 ± 8,5	Van Vliet y Van Eedenburg, 1996
Frisón	14,9 ± 4,7	Esslemont y Bryant, 1976
Holstein	12,2 ± 4,4	Van Vliet y Van Eedenburg, 1996
Frisón novillas	10,2 ± 1,2	Esslemont y Bryant, 1976
Holstein	10,1 ± 2,4	Hurnik <i>et al.</i> , 1975
Holstein	8,8 ± 5,5	Karg y Schallenberger, 1981
Holstein	8,8 ± 5,4	O'Farrell, 1982
Holstein	7,5 ± 2,4	Hurnik <i>et al.</i> , 1975

Fuente: Sepúlveda *et al.*, (2003).

- **Intensidad del estro**

Todos los celos no se expresan con igual claridad; su intensidad se suele medir subjetivamente en función de lo "excitable" que se muestre la vaca o en función de cuantas veces monta y se deja montar, o solicita la monta. Ante la falta de medidas objetivas, sólo es posible diseñar intensidades tales como fuerte, medio o débil (tabla 3), dependiendo del grado de aceptación de la monta, de la congestión y turgidez de la vulva, de su apariencia y cantidad de mucosidad, así como por el comportamiento de montar visiblemente a las otras vacas. Estos criterios proporcionan una seguridad razonable de las diferencias existentes entre razas, edades e individuos (Hafez *et al.*, 1969); citado por (Sepúlveda *et al.*, 2003).

**TABLA N° 3: INTENSIDAD DEL CELO EN FUNCIÓN DE LOS SIGNOS DE COMPORTAMIENTO EN BOVINOS DURANTE EL ESTRO**

Signos de estro	Intensidad de celo		
	Intenso	Intermedio	Débil
Inquietud	++++	+	-
Bramidos	+++	++	+
Lame a otros animales	++	++	+
Monta a otros animales	+++	++	+
Se deja montar	++++	+++	+++
Movimiento de la pelvis	++	++	+
Arqueo del lomo	++	++	+
Reduce su apetito	+	-	-

(++++) Comportamiento signo muy pronunciado.

(+++) Comportamiento o signo notorio.

(++) Comportamiento o signo débil.

(+) Comportamiento o signo apenas perceptible.

(-) No se presenta el signo o comportamiento.

**Fuente:** Fraser *et al.*, 1990, citado por (Sepúlveda *et al.*, 2003).

El éxito de la IA puede ser mejorado cuando ésta se realiza en celos de intensidad fuerte en relación a los de intensidad débil, de tal manera que la tasa de no retorno a celo puede verse incrementada en un 12% (Swensson *et al.*, 1980); citado por (Sepúlveda *et al.*, 2003).

La medida más habitual para determinar la intensidad del celo es el número de veces que la vaca se deja montar por unidad de tiempo y la duración de cada una de las montas. Según esto, Dransfield *et al.*, (1998) consideran celos de baja intensidad aquellos en los que el número de veces que la vaca permanece quieta ante la monta es menor de 1,5 veces en una hora. Estos mismos autores consideran como signos de estros débiles o de baja intensidad aquellos que se manifiestan durante menos de 7 horas. En un celo normal se pueden dar por término medio 10,1 montas. Walker *et al.*, (1996); Smith *et al.*, (1993) encontraron en novillas una duración media de

las montas de  $8,5 \pm 3,5$  segundos; citado por (Sepúlveda *et al.*, 2003).

La intensidad de los celos, al igual que su duración varía en función de múltiples factores (ambientales, raza, número de celo, presencia del observador, número de vacas, edad de las vacas, etc.) por lo que es difícil confeccionar un patrón y establecer comparaciones con los resultados de otros autores (King, 1990); citado por (Sepúlveda *et al.*, 2003).

Diferentes estudios revelan una gran variabilidad en el número de montas que se pueden dar en cada celo, variación que puede ser atribuida a múltiples factores, incluyendo el espacio disponible para caminar, la temperatura y el número de compañeras que se encuentran en celo en el mismo momento. Si sólo hay una vaca, la intensidad disminuye y cuando el número de vacas que están en celo aumenta de 1 a 2 ó 3, el número de montas pasa de 11,2 a 36,6 y a 52,6 respectivamente. Por el contrario, si son muchas vacas se puede dar un comportamiento imitativo colectivo que enmascara los celos verdaderos. La máxima expresión se da cuando 3 o más vacas están en celo al mismo tiempo (Hurnik *et al.*, 1975); citado por (Sepúlveda *et al.*, 2003).

Tanto en la duración como en la intensidad del celo se ha detectado como un factor influyente el tipo de piso, siendo menos acusado cuando los animales se encuentran confinados en corrales con piso de cemento que con piso de tierra. Este factor puede tener un efecto más marcado que el de la estación del año (Rodtian *et al.*, 1996); citado por (Sepúlveda *et al.*, 2003).

Está claramente establecido que *Bos indicus* muestra una duración e intensidad del estro mucho más débil que *Bos*

taurus (King, 1990). En los derivados del *Bos taurus* se han encontrado variaciones entre razas en la intensidad de celo, pero también entre individuos de diferente color de capa. Sin embargo, la importancia relativa del color de la capa como factor genético no está del todo clara. Esslemont *et al.*, (1976), trabajando con vacas frisonas, estimaron un número total de montas o interacciones de celo entre vacas de  $56 \pm 38,8$ . Encontraron también más actividad durante la noche y la mayor parte de las montas se produjeron al amparo de zonas sombreadas. Los estudios genéticos al respecto denotan que hay grandes diferencias entre las intensidades de celo estimadas para las hijas del mismo toro y se constata también el efecto rebaño, año y época de parto. Para este carácter se ha estimado una heredabilidad del 21% y una repetibilidad del 26-29%, siendo ambas cifras muy bajas (Hafez *et al.*, 1969); citado por (Sepúlveda *et al.*, 2003).

- **Características externas de la etapa del estro**

Las hembras mamíferos pueden presentar tres niveles en la manifestación conductual del estro, niveles que son de especial importancia para lograr con éxito el apareamiento con un macho. Éstos son la atracción, la proceptividad y la receptividad (Fraser *et al.*, 1990). La atracción se mide en función del grado en que la hembra evoca respuestas sexuales al macho. La respuesta depende tanto de los olores que ella produce como de su proceptividad, es decir, la medida en la que manifieste comportamiento de invitación o solicitud, y la receptividad es la predisposición de la hembra a aceptar el cortejo y la cópula del macho (Sepulveda *et al.*, 2003).

Los signos de estro en el bovino pueden incluir las siguientes manifestaciones:

#### - **Cambios de conducta durante el estro**

Durante el periodo de estro o celo pueden reconocerse tres etapas: la atracción, la proceptividad y la receptividad (Fraser *et al.*, 1990). La atracción se mide en función del grado en que la hembra evoca respuestas sexuales al macho. La respuesta depende tanto de los olores que ella produce como de su proceptividad, es decir, la medida en la que manifieste comportamiento de invitación o solicitud. En tanto que la receptividad es la predisposición de la hembra a aceptar el cortejo y la cópula del macho y es cuando se presentan diferentes signos de celo (Sepúlveda *et al.*, 2003).

La mayoría de los autores coinciden que en los bovinos el comienzo del celo se suele producir durante la noche o a primera hora de la mañana, sin embargo en vacas de producción puede producirse a lo largo del día coincidentes con los periodos de ordeño (Van Eerdenburg, 2006).

#### - **Signo primario de celo**

Aceptación de la monta: Ocurre cuando un animal queda quieto al ser montado por un macho o por otras hembras. Por ello, también se puede observar el pelo hirsuto en el flanco y base de la cola de la hembra que es montada (Sepúlveda *et al.*, 2003).

#### - **Signos secundarios de celo**

Dentro de éstos signos se pueden describir:

- ✓ **Descarga de flujo vaginal:** flujo mayor a 50 cm de longitud compuesto de un moco viscoso y limpio eliminado de la vagina que puede ir acompañado de

tumefacción vulvar. Para la inseminación artificial tiene poco valor porque este signo puede ser visto durante varios días. Además, estas descargas vaginales se visualizan poco en vacas que se encuentran en sistemas de pastoreo. Aunque es muy usado por productores, no es siempre asertivo en la detección de celo extensivos (Van Eerdenburg *et al.*, 1996); citado por (Sepúlveda *et al.*, 2003).

- ✓ **Mugido y otros signos:** La vaca en celo muge más de lo normal. También suele observarse que la cola queda levantada y aumenta el número de veces que orina, no observándose tal incremento en el número de defecaciones (Sepúlveda *et al.*, 2003).
- ✓ **Incremento de la actividad:** La vaca se observa inquieta, el pastoreo y la alimentación quedan muchas veces interrumpidos, el tiempo de rumia se reduce y la producción de leche disminuye. Aumenta sus desplazamientos, e intenta montar o solicita ser montada por otras vacas sin reparar en el rango social (Hafez *et al.*, 1969); citado por (Sepúlveda *et al.*, 2003).
- ✓ **Acicalamiento mutuo (allogrooming):** El acicalamiento mutuo en forma de lamidos a otros animales también se incrementa en este periodo (Sepúlveda *et al.*, 2003).
- ✓ **Flehmen:** Tras los olfateos puede manifestar el reflejo de flehmen o levantamiento del labio superior (Sepúlveda *et al.*, 2003). Aunque se observa con frecuencia durante el diestro, también tiene una alta frecuencia durante el estro. El flehmen es difícil de distinguir de otros tipos de conductas que no están relacionados al estro, como la inhalación de aire

fresco del medio por lo que puede ser considerado de menor importancia para determinar si una vaca está en celo o no (Van Eerdenburg *et al.*, 1996); citado por (Sepúlveda *et al.*, 2003).

- ✓ **Olfateo de vulva a otra hembra:** La vaca en celo suele olfatear a otra vaca o ser olfateada cerca de la cola por otro animal y empujarla. El animal que es receptor de esta actividad puede mostrar barro en sus costados y saliva sobre su espalda. El olfateo se produce durante el estro, así como entre los periodos de éste (Van Eedenburg *et al.*, 2006).
- ✓ **Apoyo de mentón:** llamado también “reflejo de papada” en donde un animal apoya su mentón en la grupa de otra vaca. Se produce durante el estro, pero también durante el diestro, sin embargo, la frecuencia durante el estro es sustancialmente mayor y por lo tanto es un buen indicador de éste (Van Eerdenburg *et al.*, 1996). A menudo es seguido el acto de montar a otra vaca.

Además de los signos anteriormente mencionadas, existen otras más generales, como la reducción del consumo voluntario y la producción de leche durante el estro (Van Eerdenburg *et al.*, 2006). Sin embargo la baja en la producción de leche ocurre después de la disminución del consumo voluntario y no se manifiesta en todos los animales, por lo tanto, estos pueden ser considerados como factores importantes, pero en combinación con algunos de los comportamientos anteriormente señalados. Debido al roce producido por las montas entre animales, se suele presentar también el pelaje hirsuto en el flanco y cola, heridas superficiales en la piel, barro en los costados del animal y saliva sobre su

espalda (Sepúlveda *et al.*, 2003). Recientemente se ha reportado que cuando la hembra está en celo interrumpe su patrón de pastoreo y alimentación, disminuyendo el tiempo empleado para la rumia (Reith *et al.*, 2012).

**TABLA N° 4: SIGNOS INDICADORES DE CELO Y ACTIVIDAD SEXUAL EN HEMBRAS BOVINAS**

De conducta		Física	Fisiológicas
Principal	Secundarios		
A) Aceptación de monta (inmovilidad, standing)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Topeteo</li> <li>2. Caminar alrededor</li> <li>3. Lamidos</li> <li>4. Olfateo</li> <li>5. Flehmen</li> <li>6. Bramidos</li> <li>7. Embestidas</li> <li>8. Apoyar la cabeza</li> <li>9. Intento de monta</li> <li>10. Seguimiento</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Descargas de mucus por la vulva</li> <li>2. Vulva roja y edematosa</li> <li>3. Excoraciones y depilaciones</li> <li>4. Cola manchada</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inapetencia</li> <li>2. Disminución de la producción láctea</li> <li>3. Micción frecuente</li> <li>4. Sangramiento en el metaestro.</li> </ol>

Fuente: Ramírez *et al.*, (2006).

- **Detección visual de hembras en celo**

A pesar de la gran variedad de métodos disponibles, la observación visual es el método comúnmente utilizado para la detección de animales en estro (Heres *et al.*, 2000). Su fundamento se basa en la identificación de aquellas hembras bovinas que presentan cambios de comportamiento o signología. Para obtener buenos resultados es necesario que el observador presente conocimientos del comportamiento sexual, dedique el tiempo suficiente a las observaciones y que las vacas presenten signos evidentes durante el periodo de observación (Van Eerdenburg *et al.*, 1996; Firk *et al.*, 2002; Roelofs *et al.*, 2005a; Cavestany *et al.*, 2008). Si bien la observación visual es descrita como una técnica simple y

práctica, se pueden producir importantes errores debido a su mala implementación (Catalano *et al.*, 2001).

Sepúlveda *et al.*, (2002), indican que los ganaderos y encargados de la detección de celo en las explotaciones muestran un deficiente conocimiento de los signos de estro, además de dedicar poco tiempo a las tareas de detección. Roelofs *et al.*, (2005), encontró que utilizando solo el criterio de pasividad o aceptación de monta, se logra detectar un 19% de las hembras en celo, realizando observaciones dos veces al día durante 30 minutos, los valores aumentan a 30% cuando se realizan tres observaciones diarias, cuando además se utiliza el criterio de intentar montar a otros animales la detección de celo es de un 61%, por otro lado Van Eerdenburg *et al.*, (1996), indican que se puede detectar un 100% de los celos cuando se realizan doce observaciones diarias de 30 minutos, mientras que el máximo que se logra con dos observaciones diarias es un 74% de detección.

#### - **Importancia de la detección del celo**

Para que se produzca la concepción, la inseminación debe tener lugar en el momento correcto del ciclo reproductivo de la hembra de tal modo que una fertilización exitosa depende en gran medida del intervalo de tiempo ocurrido entre la inseminación y la ovulación (Roelofs *et al.*, 2010).

En los rebaños lecheros comerciales, la inseminación artificial ha ido reemplazando a la monta natural y a menos que se utilice un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), es necesario una adecuada detección de celo para inseminar en el momento oportuno dado que la ovulación ocurre en promedio luego de 27

horas de iniciado el celo (Roelofs *et al.*, 2005; Cavestany *et al.*, 2008). La pérdida de un ciclo reproductivo conlleva varios efectos productivos ya que incrementa en promedio el lapso interparto en tres semanas para una vaca afectada, incrementa el costo en mano de obra y dosis de semen. A largo plazo disminuye el número de terneros nacidos por animal, la producción de leche total a lo largo de la vida productiva de la vaca, aumenta la tasa de reposición por problemas reproductivos, lo que conlleva una reducción en el progreso genético (Sepúlveda *et al.*, 2003).

El énfasis histórico en la detección de celo sufrió una disminución en los últimos años, como consecuencia del desarrollo de los programas de IATF, sin embargo el consumidor moderno está teniendo un impacto directo en el mercado, presentando una demanda creciente de productos “limpios, verdes y éticos”, tratando de reducir o eliminar el uso de químicos y hormonas. El uso de hormonas en la producción de alimentos, está siendo objetado con más frecuencia por los consumidores de tal manera que la utilización de programas hormonales que utilicen estradiol-17 $\beta$  y sus derivados ésteres en animales de consumo humano está prohibidos en los países miembros de la Unión Europea (UE). En busca de encontrar otras alternativas, durante los últimos años se ha impulsado el estudio de los cambios conductuales de la hembra bovina durante el periestro, sumado al desarrollo de sistemas alternativos económicos, confiables y precisos para detectar automáticamente el celo. Citado por (Sepúlveda *et al.*, 2003).

### c. Fase luteal o diestro

Esta fase se caracteriza por la presencia y dominio del cuerpo lúteo en el ovario y la producción de progesterona, y está regulada por las secreciones de la glándula pituitaria anterior, útero, ovario y la presencia de un embrión (Niswender *et al.*, 1976 citado por Lamb *et al.*, 2009), y va desde el día 5 del ciclo estral hasta el día 18. La regulación de la secreción de progesterona está probablemente controlada por un equilibrio de estímulos: uno luteotrópico o que estimula la progesterona y otro luteolítico o que inhibe la progesterona; ambos estímulos son secretados al mismo tiempo durante el ciclo estral (Lamb *et al.*, 2009).

La hormona LH que es considerada primariamente luteotrópica y la concentración de receptores luteales a la LH, están directamente relacionados con los cambios en los niveles de progesterona y el crecimiento del cuerpo lúteo en el ovario (Niswender *et al.*, 2000 citado por Lamb *et al.*, 2009).

La hormona FSH también interviene uniéndose a receptores en el cuerpo lúteo y provocaría un aumento en la secreción de progesterona. El cuerpo lúteo recibe la mayoría del flujo sanguíneo del ovario y la cantidad de flujo recibido está altamente relacionado con la cantidad de progesterona producida y secretada. Los niveles de progesterona más altos se alcanzan en torno al día 10 del ciclo estral y se mantienen hasta el día 16 ó 18 del ciclo dependiendo de la presencia o no de un embrión. Si la vaca está preñada, el cuerpo lúteo se mantiene, los niveles de progesterona son altos y se bloquea la reaparición de celos. El embrión alcanza el útero entre los días 3 a 4 del ciclo estral; durante los siguientes 10 a 12 días el embrión crecerá rápidamente y comenzará la formación de la placenta. La presencia de estas células embrionarias son las responsables de producir una señal probablemente química, que bloquea la

producción de  $\text{PGF2}\alpha$  por parte del útero, bloqueando la regresión del cuerpo lúteo en torno al día 16 del ciclo estral; este proceso se conoce con el nombre de “reconocimiento maternal”. Por tanto el mantenimiento del cuerpo lúteo y los altos niveles de progesterona dependen de la presencia de un embrión en desarrollo en el útero. Si la vaca no está preñada el cuerpo lúteo es inducido a degenerar por la acción de la  $\text{PGF2}\alpha$ . En este caso, la ausencia de un embrión y de las señales químicas que el produce provoca que las concentraciones de  $\text{PGF2}\alpha$  se incrementen durante la parte final de la fase lúteal o diestro. La  $\text{PGF2}\alpha$  producida por el útero es transportada por la vena útero-ovárica a la arteria ovárica por un mecanismo llamado a contracorriente y de allí al cuerpo lúteo. La  $\text{PGF2}\alpha$  tiene una acción directa e indirecta causando la luteólisis o regresión del cuerpo lúteo en rumiantes. Con la regresión del cuerpo lúteo, comienza la disminución de los niveles de progesterona y con ello el final de la fase luteal o diestro y el reinicio del proestro o fase de regresión del cuerpo lúteo (Lamb *et al.*, 2009).

### 2.2.2 Dinámica folicular

Se conoce como dinámica folicular al proceso de crecimiento y regresión de folículos primordiales que conllevan al desarrollo de un folículo preovulatorio (Sintex, 2005). En vacas, el desarrollo folicular ocurre en forma de ondas y se observan tanto en animales jóvenes como adultos, en vacas preñadas (excepto durante los últimos 30 días de gestación), durante el postparto y durante el ciclo estral. Entre 1 y 4 ondas de crecimiento y desarrollo folicular ocurren dentro un ciclo estral y el folículo preovulatorio se origina a partir de la última onda (Rippe, 2009).

El proceso por el cual los folículos se desarrollan en la vaca consta de 3 estados que son: reclutamiento, selección y dominancia; para entender la dinámica folicular bovina debemos definir estos conceptos:

**a. Reclutamiento**

Una cohorte de folículos de aproximadamente 3 mm de diámetro es estimulado por un aumento transitorio de la hormona FSH. El pico de FSH ocurre cuando el futuro folículo dominante alcanza un tamaño de aproximadamente 4 mm y luego los niveles de FSH disminuyen. El proceso por el cual la FSH declina es desconocido (Lamb *et al.*, 2009).

**b. Selección**

Es el proceso por el cual un folículo es elegido para ser dominante y evita la atresia, los demás folículos de esa cohorte se vuelven atrésicos, tal vez por la disminución en los niveles de FSH (Lamb *et al.*, 2009).

**c. Dominancia**

Es el proceso por el cual el folículo dominante ejerce un efecto inhibitorio sobre el reclutamiento de una nueva cohorte de folículos. Este efecto inhibitorio se mantiene hasta que esta dominancia desaparece bien porque el folículo muere o porque el folículo es ovulado (Lamb *et al.*, 2009). Este folículo que alcanza un tamaño marcadamente mayor que los demás es el responsable de la secreción de estradiol y adquiere la capacidad de continuar creciendo incluso en presencia de otras hormonas que crean un medio adverso para el resto de los folículos. Con la ovulación o destrucción del folículo dominante, se produce un nuevo incremento de FSH y una nueva onda folicular se inicia (Syntex, 2005).

El ciclo estral bovino consta básicamente de 2 ondas foliculares y cada una de ellas comienza con el reclutamiento de una cohorte de folículos antrales a partir de un grupo de pequeños folículos. Solo uno de ellos será seleccionado de esta cohorte y continuará creciendo, convirtiéndose en el folículo dominante; los demás se convertirán en

folículos atrésicos. Inmediatamente después de la ovulación, una nueva onda folicular comienza, el folículo dominante de esta onda no podrá ser ovulado por la presencia de altos niveles de progesterona y se volverá atrésico; inmediatamente una nueva onda folicular se inicia. El folículo dominante de la segunda onda folicular que está presente cuando la luteólisis ocurre, generalmente llegará a ser el folículo ovulatorio del celo (Adams, G.P., citado por Lamb *et al.*, 2009). Los ciclos estrales en vacas con 3 ondas foliculares son generalmente más largos (20 – 24 días) comparados con los ciclos estrales de vacas con 2 ondas foliculares (8 – 20 días) (Lamb *et al.*, 2009).

### 2.3 Moco cervical bovino

Las sustancias mucoides cumplen una importante función fisiológica en la protección de superficies epiteliales de sistemas como el reproductor, gástrico, visual y respiratorio.

Entre estas mucosidades destaca el moco cervical, el cual es segregado constantemente por las células del epitelio prismático de la cervix. Se le puede definir como una sustancia pegajosa, medianamente viscosa, translúcido u opaca, producida principalmente por la cervix de las hembras de conejos (Vickery *et al.*, 1968), ovejas (Richardson *et al.*, 2011), bovinos (Vickery *et al.*, 1968; Woodman *et al.*, 1925) y primates (Vickery *et al.*, 1968; Sims, 1868), entre otras especies; citado por (Cortés, 2012).

En la superficie de la cervix, insertas en la mucosa, se encuentra un sin número de criptas —antiguamente denominadas con el término genérico de «glándulas cervicales» — formadas por un epitelio de células columnares simples (no ciliadas) y células columnares ciliadas. (Marinov *et al.*, 1967; Wordinger *et al.*, 1973; Senger, 2003). Estudios clásicos de microscopía han revelado que las células columnares no ciliadas presentan gran cantidad de la mucosidad almacenada en su región apical (Wordinger *et al.*, 1973); citado por (Cortés, 2012).

Su cantidad depende del periodo del ciclo estral, en el inicio del celo. La cantidad de moco estral es muy voluminoso y se acumula en la cavidad de la vagina, a medida que avanza el celo es más abundante y filante lo que hace que la secreción salga, se observa como un cordón mucoso largo; este signo es muy importante porque nos está indicando el periodo del celo. Los cambios cualitativos cíclicos en el moco cervical durante el ciclo estral y las variaciones cíclicas en la disposición y viscosidad de estas macromoléculas causan modificaciones periódicos en la capacidad de los espermatozoides de penetrar al conducto cervical. La secreción de moco cervical es estimulada por estrógeno ovárico e inhibido por progesterona (Hafez B y Hafez E., 2002; Holy, 1983). La producción del moco cervical puede alcanzar en el curso del celo 106,8 a 2000 mililitros (Holy, 1983); citado por (Cortés, 2012).

Debido a su importancia para el objetivo de éste estudio, las características de la secreción cervical bovina se presentan en detalle a continuación:

### 2.3.1 Composición química del moco cervical bovino

El moco cervical es un biogel, específicamente un hidrogel y está compuesto de dos fases:

- **Fase acuosa (o soluble):** el moco cervical está formado mayoritariamente por agua en una proporción de un 92 a 95 % (Tsiligianni *et al.*, 2001). En esta fase se encuentran diversos compuestos de masa molecular baja, ejemplo: iones inorgánicos (electrolitos) tales como K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>, siendo el NaCl la principal sal presente en esta secreción, otorgándole la fuerza iónica a ésta (Sato *et al.*, 1981). Otros compuestos de masa molecular baja reportados en el moco son algunos aminoácidos, carbohidratos y lípidos (Schumacher, 1970). Se ha reportado que los azúcares más característicos de esta fase son la fructosa (el-Naggar *et al.*, 1971; Tsiligianni *et al.*, 2001) y la glucosa (Bane *et al.*, 1961; Zaaijer *et al.*, 1983; Tsiligianni *et al.*, 2001). Uno de los lípidos reportados en la secreción cervical bovina es el colesterol (Zaaijer *et al.*, 1983;

Tsiligianni *et al.*, 2001). En esta fase también encontramos proteínas solubles y enzimas. Entre las proteínas solubles se han reportado inmunoglobulinas (anticuerpos) y lactoferrina (Rao *et al.*, 1973); en tanto que las principales enzimas son la fosfatasa alcalina (Boyd *et al.*, 1972; Prasad *et al.*, 1981; Tsiligianni *et al.*, 2003), la lactato deshidrogenasa, la  $\alpha$ -amilasa, la  $\alpha$ -manosidasa, la  $\beta$ -N-acetilglucosaminidasa, la  $\beta$ -glucuronidasa, la  $\beta$ -galactosidasa (Tsiligianni *et al.*, 2003) y algunas metaloproteasas de matriz (Tsiligianni *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2012); citado por (Cortés, 2012).

- **Fase gel (sólida o insoluble):** conformada por componentes de alta masa molecular que corresponden a las glicoproteínas mucinas (Gibbons, 1959; Gibbons *et al.*, 1959; Rutllant *et al.*, 2005), que son secretadas desde las criptas presentes en el epitelio que recubre al cérvix (Mullins *et al.*, 1989). Estas glicoproteínas, al disponerse en un sistema polidisperso con un grado alto de ramificación (Gibbons, 1959), serían quienes le otorgan las propiedades estructurales y biofísicas al moco. La identificación de los genes que las codifican —conocidos como genes MUC— ha sido efectuada mayoritariamente en humanos (Gipson, 2005) y en éstos, así como en bovinos, la estructura proteica de las mucinas codificadas por dichos genes se caracteriza por poseer un esqueleto polipeptídico (20 a 25 %) que está unido a múltiples cadenas de heterosacáridos (75 a 80 %) (Doerh *et al.*, 1973). Entre las funciones de las mucinas destacan: ser ligandos para diversos compuestos y unir grandes volúmenes de agua (capacidad de hidratación), hecho que explica porque el fluido cérvico-vaginal se comporta como un gel altamente hidratado (Rutllant *et al.*, 2005; Becher *et al.*, 2009); la exclusión por efecto estérico de moléculas más grandes y la retención de moléculas cargadas positivamente (Becher *et al.*, 2009).

### 2.3.2 Mucinas

Las mucinas son una familia de proteínas de alto peso molecular y altamente glicosiladas, son producidas y secretadas por las células caliciformes presentes en el epitelio que recubre las criptas cervicales (Gipson, 2005). Los genes que codifican para las mucinas son denominados genes MUC, seguido por un número relacionado con el orden cronológico de su descubrimiento; así, por ejemplo, MUC1 fue el primer gen de mucina en ser identificado (Gipson, 2005). Actualmente más de 20 genes MUC han sido identificados (Rose, 2006) y al menos 13 de ellos se expresan en el tracto genital (Gipson, 2005; Gipson *et al.*, 1997; Gipson, 2001). La estructura molecular de las mucinas codificadas por dichos genes se caracteriza por poseer un esqueleto polipeptídico (20 a 25%) que está unido a múltiples cadenas de heterosacáridos (75 a 80%) (Elstein *et al.*, 1973), lo que explica que las mucinas estén altamente glicosiladas. Los estudios de secuenciación han permitido clasificar a las mucinas en dos categorías principales:

- **Las mucinas secretadas;** representadas por mucinas grandes formadoras de geles y mucinas solubles más pequeñas.
- **Las mucinas asociadas a membranas;** (Gipson, 2005; Gendler *et al.*, 1995; Moniaux *et al.*, 2001). En el epitelio del tracto reproductor se expresan tanto las mucinas secretadas (formadoras de geles y solubles) así como las asociadas a membranas, junto a otras que aún no han sido clasificadas satisfactoriamente (Gipson, 2005).

Las mucinas formadoras de geles son las proteínas más grandes conocidas y se asocian entre sí formando agrupaciones macromoleculares (Gipson, 2005), que son responsables de las llamadas propiedades reológicas (mencionadas más adelante) del moco cervical y de otras mucosidades (Cortés, 2012). Se ha propuesto que la estructura característica del moco, para la cual las mucinas son muy importantes, surge cuando estas glicoproteínas forman una especie de red de

moléculas interconectadas entre sí (Verdugo, 1990); citado por (Cortés, 2012).

Las mucinas poseen diversas funciones, entre las cuales destacan:

- El ser ligados para diversos compuestos tales como lectinas, moléculas de adhesión, factores de crecimiento, citoquinas y quimioquinas (Becher *et al.*, 2009).
- Tener una gran capacidad de hidratarse, uniendo grandes volúmenes de agua. Este carácter hidrofílico es atribuido a las O-glicosilaciones de la mucina (Gipson, 2005), lo cual explica el comportamiento de gel altamente hidratado observado para el fluido cervical (Becher *et al.*, 2009).
- La propiedad de excluir, por efecto estérico, a moléculas más grandes y microorganismos (Becher *et al.*, 2009).
- La capacidad de repeler moléculas cargadas negativamente y de retener a las positivas, debido al efecto de las cargas negativas presentes en los oligosacáridos de las mucinas (Becher *et al.*, 2009).

### 2.3.3 Funciones del moco cervical

El moco cervical es una secreción biológica de gran importancia ya que posee varias funciones en relación al proceso reproductivo, destacando las siguientes:

- Protege el tracto reproductivo de la hembra al mantener un ambiente húmedo y lubricado (Cortés *et al.*, 2014a; Vigil *et al.*, 2014a).
- Participa en el transporte de espermatozoides, al ser el primer medio que ellos deben atravesar en su ascenso hacia el lugar de la fecundación. Además, el moco actúa como un obstáculo o «filtro» selectivo, al permitir que solamente algunos de ellos migren a través

del tracto reproductivo de la hembra (Barros *et al.*, 1985; Rutllant *et al.*, 2002; Rutllant *et al.*, 2005).

- Modular la reacción acrosómica (RA) de los espermatozoides gracias a los estrógenos que hay en el moco. La RA consiste en la excitosis del acrosoma, evento necesario para la posterior fusión del espermatozoide con el ovocito, razón por la cual posee una gran importancia reproductiva (Del Río *et al.*, 2007). El moco cervical posee altos niveles de estradiol durante el periodo periovulatorio, esteroide que previene el desencadenamiento prematuro de la RA, retrasándola hasta el ascenso al sitio de la fecundación (Vigil *et al.*, 2008; Vigil *et al.*, 2011).
- Constituye una barrera que inhibe el ascenso y la colonización de los microorganismos, ya que algunos de los componentes del moco cervical son capaces de inhibir la penetración y proliferación microbiana (Brownlie *et al.*, 1972; Vickery *et al.*, 1978; Eggert-Kruse *et al.*, 2000).

#### 2.3.4 Modificaciones experimentadas por el moco cervical bovino durante el ciclo estral

El moco cervical bovino experimenta diversos cambios biofísicos, bioquímicos y ultraestructurales a lo largo del ciclo estral. Woodman *et al.*, (1925) reportaron que en el estro la secreción cervical bovina es abundante, bastante fluida y escurre hacia afuera del tracto reproductor en forma de hebras de líquido; pero después del estro el moco disminuye tanto su cantidad así como su fluidez (Woodman *et al.*, 1925). Por otra parte, durante la preñez el moco cervical bovino es muy espeso y adhesivo, con lo cual efectivamente sella la entrada del útero grávido (Marshall *et al.*, 1937). Blair *et al.*, (1941), reportaron que el nitrógeno total, la materia seca y la viscosidad del moco alcanzan valores mínimos alrededor del momento del estro; mientras que la elasticidad de flujo alcanza un máximo notorio en este periodo (Blair *et al.*, 1941). Se ha

reportado que en la fase de mitad del ciclo, cuando los espermatozoides son capaces de migrar por el moco, la proporción de agua en él es mayor que 98 % y el contenido de sales en el residuo seco es mayor que 50 %. Ya que la proporción de sales en el residuo seco disminuye, como consecuencia, el contenido de agua también decrece. Este cambio se traduce en una cantidad reducida de arborización en la muestra de moco desecado. En el moco obtenido de vacas preñadas se encuentra un 90 % de agua; en tanto que la cantidad de sales es cercana al 10 % del residuo seco y no se observa el fenómeno de arborización (MacDonald, 1969b). Noonan *et al.*, (1975), estudiaron los cambios en la cristalización del moco cervical bovino durante el ciclo estral y en la preñez. En general, se observó una relación inversa entre la prevalencia de arborización (ferning) y el contenido de materia seca, de las muestras de moco. Así, durante el ciclo estral, la concentración de materia seca de la secreción vaginal y cervical alcanzó su valor mínimo en el día del estro y su cúspide a mitad del ciclo. El ferning del moco cérvico-vaginal ocurrió en el día del estro en una proporción muy superior a lo observado para cualquier otro estadio del ciclo estral. La concentración de materia seca del moco cérvico-vaginal aumentó desde el día del estro hasta el día décimo noveno de gestación, pero la ocurrencia de cristalización disminuyó durante ese tiempo (Noonan *et al.*, 1975). Se ha propuesto que la ocurrencia del máximo de cristalización en el momento del estro se debe a la dominancia de los estrógenos durante la fase folicular (Ghannam *et al.*, 1967). Esto está de acuerdo con lo expuesto por Roland (1952); Zondek (1954), quienes proponen a los estrógenos como los causantes del aumento en el fenómeno de Ferning mediante un mecanismo de estimulación del metabolismo de los electrolitos en las criptas cervicales (Roland, 1952; Zondek, 1954). La progesterona tendría, por el contrario, un efecto inhibitorio sobre la acción de los estrógenos en las criptas, proponiéndose que esto es la causa del descenso en la cristalización (Roland, 1952; Forman, 1956), lo cual está en concordancia con el efecto de inhibición de formación de cristales que se reportó previamente para

dicha progestina (Campos da Paz, 1953). Hoy en día se sabe que las propiedades de los fluidos cérvico-vaginales bovinos están bajo un estricto control hormonal (Rutllant *et al.*, 2002); citado por (Cortés, 2012).

En relación a las mucinas, la investigación sobre sus cambios durante el ciclo reproductor bovino ha sido menor en comparación a la gran cantidad de estudios efectuados acerca de su expresión diferencial en el ciclo reproductor humano Gipson (2005).

Mullins *et al.*, (1989), investigaron los distintos tipos de mucinas (sialomucinas, sulfomucinas y mucinas neutras) durante el ciclo estral bovino, reportando una notoria producción de sialomucinas durante la fase folicular, a la vez que se observó también producción de mucinas neutras y sulfatadas. En cambio, en las vacas en fase lútea la producción de sialomucinas se reducía apreciablemente, aunque la producción de mucinas neutras y sulfomucinas continuaba siendo abundante. En relación a la ultraestructura de la secreción cérvico-vaginal bovina, Sato *et al.*, (1981), estudiaron el moco de vacas Holstein mediante microscopía electrónica de barrido (MEB), encontrando que durante el estro, el moco cervical posee una apariencia de red formada por filamentos enredados. Los más grandes, serían los soportes estructurales principales del moco; en tanto que los pequeños, forman una estructura reticular compleja. En el diestro, en cambio, el moco exhibe una malla con un fino entramado, y con un tamaño menor (Sato *et al.*, 1981). Durante las últimas décadas ha aumentado el interés en estudiar la ultraestructura del fluido cervical de diversos mamíferos, y se ha recomendado prestar especial atención a la geometría de la red de mucinas, especialmente en lo que respecta a los tamaños de los filamentos y a los intersticios entre ellos, debido a que este aspecto es de gran importancia para el transporte y la selección espermática (Katz *et al.*, 1980). Estudios con microscopía electrónica de transmisión han demostrado inequívocamente, que la red de moco cervical está formada

por estructuras fibrilares con pequeños espacios entre ellas (Carlstedt et al., 1984; Yudin *et al.*, 1989; Sheehan *et al.*, 1990; Rutllant *et al.*, 2005). Por su parte, la información obtenida mediante MEB ha permitido proponer que los componentes estructurales del fluido cérvico-vaginal en el estro consisten efectivamente de filamentos (Rutllant *et al.*, 1999), disponiéndose de manera tridimensional para formar una red, que es la estructura básica por la cual los espermatozoides ascienden hacia los segmentos craneales del tracto reproductivo de la hembra (Rutllant *et al.*, 2005). Recientes estudios de MEB apoyan la idea de que la ultraestructura del moco consiste en una malla de filamentos interconectados donde existen canales y poros (Cortés, 2012).

### 2.3.5 Propiedades biofísicas del moco cervical

El moco cervical posee múltiples propiedades biofísicas de gran importancia, aspecto, densidad, propiedades reológicas y ópticas, etc. Al ser un hidrogel, puede ser estudiado desde la perspectiva de la mecánica de fluidos. Las investigaciones sobre las propiedades biofísicas del moco cervical humano y bovino se iniciaron a mediados del siglo XX, destacando los trabajos pioneros del Dr. Erik Odeblad, médico y físico sueco. Según Odeblad (1959), dichas propiedades biofísicas son importantes ya que están relacionadas con la biología molecular del moco cervical y su conocimiento es útil para la comprensión de la fisiología y la arquitectura molecular de la secreción cervical. No obstante, el estudiar las propiedades biofísicas del moco cervical bovino es complicado, ya que éstas varían a través de las fases del ciclo estral, principalmente a causa de la estimulación neuro-hormonal que experimentan las criptas cervicales; citado por (Cortés, 2012).

Entre las propiedades biofísicas que han sido más estudiadas en el moco, destacan aquellas relacionadas con la reología<sup>1</sup> y con la cristalización. Destacando la viscosidad, la elasticidad y la filancia.

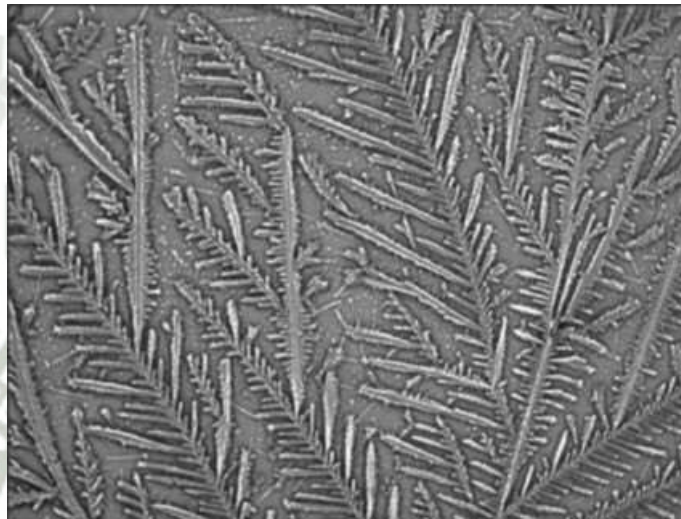
---

<sup>1</sup> Parte de la física que estudia la viscosidad, la plasticidad, la elasticidad y el derrame de la materia.

- **pH**

Durante el ciclo estral el pH del moco cervical sufre ligeras modificaciones, en particular durante el periodo periestral se han reportado valores próximos a 7 (Tsiligianni *et al.*, 2000), indicador físico del moco cervical que no ha sido asociado a la fertilidad.

**Figura 1. Morfología típica del moco cervical en el estro**



Observada bajo la luz del microscopio (200X). Se observa patrones cristalinos arborescentes semejantes a la hoja de helecho.

**Fuente:** Cortés, (2012).

- **Viscosidad**

Es la resistencia u oposición que presenta el moco cervical ante la tendencia a fluir. La viscosidad es una propiedad muy representativa de la secreción cervical (Kesserü, 1975).

Es mínima durante el estro, aumentan en la fase luteínica para luego transformarse en un tapón denso y blanquecino, en caso de que se haya producido la gestación y actúa como una barrera eficaz en el transporte de espermatozoides y la invasión de la luz uterina por bacterias, lo cual impide las infecciones del útero (Hafez B. ; Hafez E., 2002).

- **Elasticidad**

Corresponde a la capacidad del moco cervical de mantener su forma y su tamaño cuando se les aplica una fuerza y de recuperar tales características después de cualquier deformación, sin disipar energía. Ambas propiedades, viscosidad y elasticidad, varían durante el ciclo, siendo ocasionalmente estudiadas bajo el concepto mixto de viscoelasticidad. También se le puede definir como, la resistencia a la ruptura de los hilos cuando es sometida al estiramiento, es variable de acuerdo a la fase del ciclo (Tsiligianni, *et al.*, 2000).

- **Filancia**

También denominada fibrosidad o spinnbarkeit, es la capacidad del moco cervical de extenderse hasta formar finos hilos.

Otra propiedad física importante para el estudio del moco cervical es su capacidad de cristalizar, la cual es una de las características más llamativas de ésta y otras secreciones biológicas:

- **Cristalizaciones del moco cervical**

Este fenómeno fue descrito por Papanicolaou (1946), a mediados de la década de los cuarenta, cuando reconoce estructuras arboriformes – similares a hojas de helechos y de palma – en las cristalizaciones del moco (Papanicolaou, 1946). Una característica llamativa de muchos fluidos biológicos es su capacidad de formar diversas figuras geométricas cuando se estudia su morfología a microscopía de luz. Estos arreglos se obtienen a causa de un fenómeno de cristalización, que ocurre en todas las disoluciones que contienen proteínas u otros componentes orgánicos y electrolitos, especialmente aquellas con NaCl (aq). Dichas disposiciones geométricas han permitido proponer varios patrones de cristalización para las secreciones mucosas y, en particular, para el moco cervical (Odeblad, 1994). Una de las más destacadas es aquella conocida como cristalización tipo ferning o

arborización, semejante en apariencia a las hojas de los helechos o a las ramas de una palma. Varios investigadores han reportado este fenómeno en la secreción cérvico-vaginal humana, en la de perras, ovejas y también en bovinos, habiéndose propuesto en estos últimos algunas categorías de clasificación para las cristalizaciones observadas; citado por (Cortés, 2012).

MacDonald (1969a), ha argumentado que las variaciones en las propiedades físicas y en la apariencia microscópica del moco cervical, eran paralelos a los cambios en la función ovárica, relacionando tales variaciones con el patrón de cristalización observado. La arborización del moco cervical depende directamente de la acción de los estrógenos, guardando una estrecha relación con propiedades reológicas tales como: la viscosidad y la filancia. En los años 70, se llega a asumir claramente que el fenómeno de arborización es una propiedad muy útil para el estudio del moco y, por lo tanto, del ciclo reproductor (Menárguez, 1998).

Elstein (1978), propuso que, de todos los atributos del moco cervical, la arborización es indudablemente uno de los más sensibles a las variaciones en los niveles de los esteroides gonadales (Cortés, 2012).

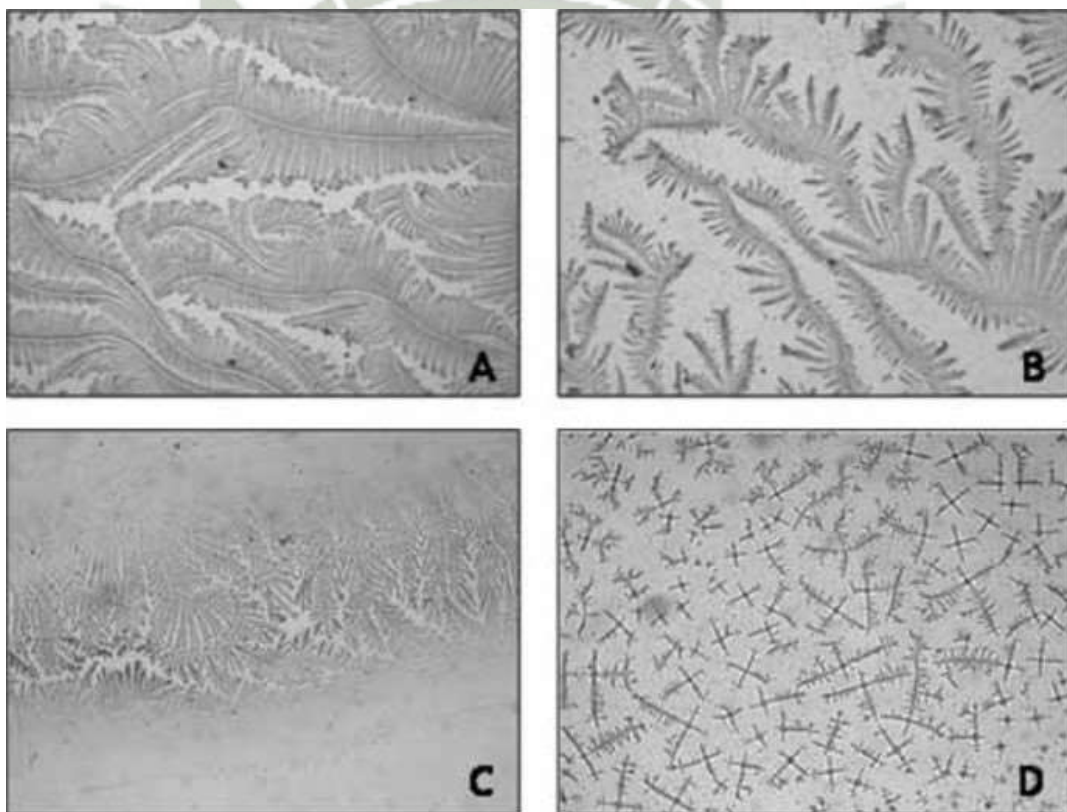
Tradicionalmente la cristalización de la secreción cervical se estudiaba depositando la muestra en un portaobjetos, dejándola desecar al aire o cubierta con un cubreobjetos. Sin embargo, más tarde se propuso la técnica spread it out (Odeblad *et al.*, 1983; Odeblad, 1995), consistente en depositar el moco sobre un portaobjetos y extenderlo en todas direcciones en forma de una estrella. Esto permite la observación, sin necesidad de un cubreobjeto y la clasificación de los distintos tipos de moco cervical con respecto a la morfología cristalográfica determinada (Odeblad *et al.*, 1983; Odeblad, 1995; Menárguez, 1998). Esta técnica no requiere tinciones y ha mostrado ser de gran utilidad al momento de clasificar los tipos de cristalización del moco cervical bovino (Cortés *et al.*, 2014a).

Estudios recientes han reportado que algunos de estos arreglos cristalinos poseen una geometría de tipo fractal (Cortés *et al.*, 2012; Cortés *et al.*, 2014b; Vigil *et al.*, 2014a). Este hallazgo ha abierto un nuevo campo de investigación en relación a la complejidad de la estructura del moco cristalizado; citado por (Cortés, 2012).

#### a. Patrones cristalinos encontrados en el moco cervical bovino

Para nuestro conocimiento, el primer modelo para clasificar los patrones cristalinos del moco cervical bovino, fue propuesto por Abusineina (1962), quien lo dividió en tres tipos.

**Figura 2. Patrones de cristalización (200X) de acuerdo a la clasificación propuesta**



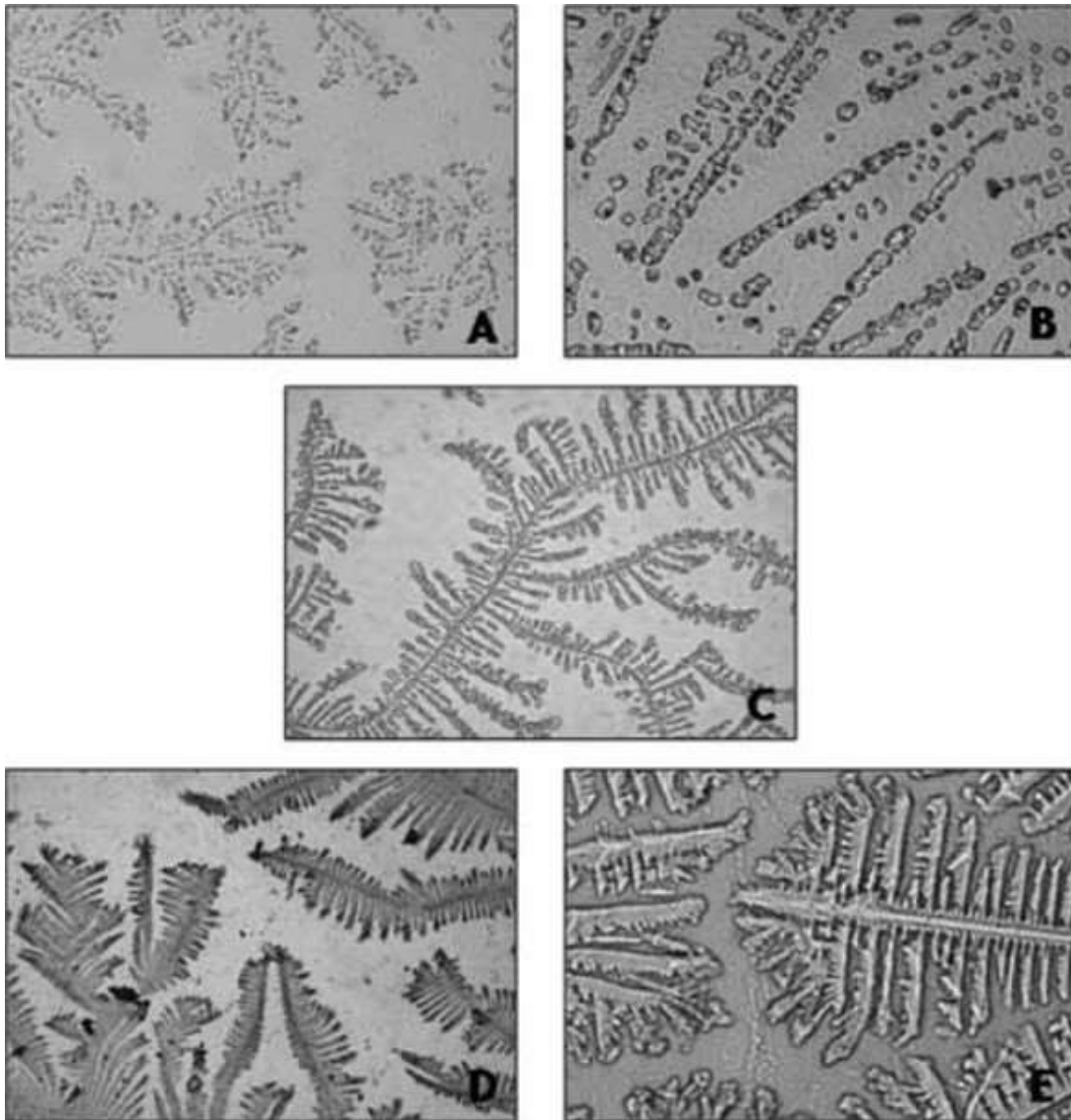
- A. La cristalización tipo A, está caracterizada por la presencia de un tallo largo y delgado, (axis principal) el cual puede ser recto, ondulante o curvo. De este tallo sobresalen venas bien definidas, de longitud variable y posee pequeñas subvenas.
- B. Cristalización de tipo B, tiene la forma de una hoja de helecho. Las venas y subvenas están bien definidas y son fáciles de observar.
- C. Cristalización de tipo C, es irregular y el helecho tiene una morfología atípica. El axis central es corto, con o sin venas y subvenas, las cuales son irregulares. El tipo C presenta ocasionalmente una disposición cruciforme.
- D. Entre otras formas.

**Fuente:** Abusineina, (1962).

Tipo C, corresponde a la cristalización de moco opaco, evidenciando celularidad y es fácil de obtener de la cérvix. Cuando observamos la cristalización de tipo C usando la luz del microscopio, está es irregular y el helechito tiene una morfología atípica. El axis central es corta, con o sin venas las cuales son irregulares (Abusineina, 1962), (Figura 2C). Algunos patrones cristalinos se pueden encontrar dispersos, en forma lineal ya sea en forma de cruz o estrella (figura 2D). Otro modelo para la clasificación del moco cervical bovino en el estro, fue propuesto Bishnoi *et al.*, (1982), e implementada por Tsiligianni *et al.*, (2000), basado en una escala arbitraria (que va de 0 a 4); citado por (Cortés, 2012).

La calificación 0, corresponde a la ausencia de formación de cristales (figura 3 A). La calificación 1, se asigna solo a la formación de cristales atípicos (figura 3 B). Calificación 2, se asigna cuando hay muchos cristales en forma de helechitos atípicos y pocos típicos (figura 3 C). Calificación 3, es cuando hay muchos cristales en forma de helechitos típicos y pocos cristales atípicos (figura 3 D). Finalmente, calificación 4, se da los patrones que muestran la forma típica de cristales en forma de helechitos (Bishnoi *et al.*, 1982; Tsiligianni *et al.*, (2000), (figura 3 E); citado por (Cortés, 2012).

**Figura 3. Patrones de cristalización de acuerdo a la clasificación propuesta por Bishnoi**



- A. Calificación 0, corresponde a la ausencia de formaciones cristalinas (400X).  
 B. Calificación 1, se asigna solo a la formación de cristales atípicos (400X).  
 C. Calificación 2, corresponde a muchos cristales en forma de helecho atípico y pocos típicos (200X).  
 D. Calificación 3, representa la formación de muchos cristales en forma de helecho típico y pocos cristales atípicos (100X). E. Finalmente, clasificación 4, se da a los patrones que muestran la forma típica de cristales en forma de helecho (400X).

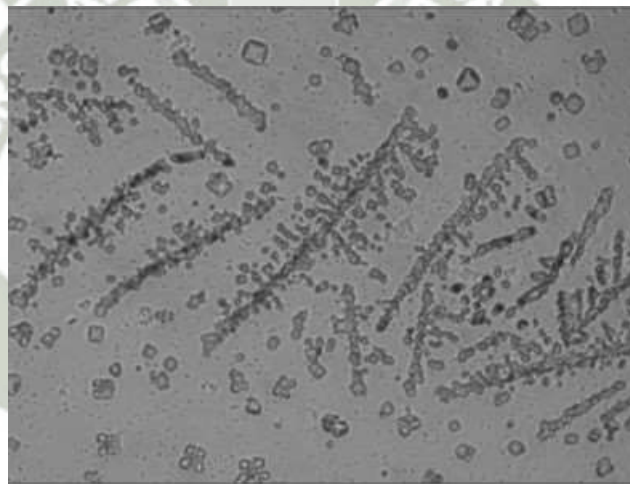
**Fuente:** Bishnoi *et al.* (1982).

Una clasificación conocida para la cristalización en periodo periovulatorio fue reportada por Odeblad (1994) y después validada por otro investigador (Menárguez, 1998; Menárguez *et al.*, 2003). Propuesta inicialmente por la secreción cervical

femenina (Odeblad, 1994), es interesante y vale la pena mencionarla, cuando se estudió el moco cervical bovino de acuerdo a la clasificación propuesta por este modelo se observó, que la cristalización geométrica fue muy similar al moco cervical humano obtenida; citado por (Cortés, 2012). Los tipos (y subtipos) propuestos por este modelo, y observables en bovino son:

Cristalización de tipo S: Su morfología se asemeja a líneas rectas que tienen una disposición paralela (Figura 4).

**Figura 4. Cristalización Tipo S del moco de una vaquillona en estro observado bajo la luz del microscopio (400x).**

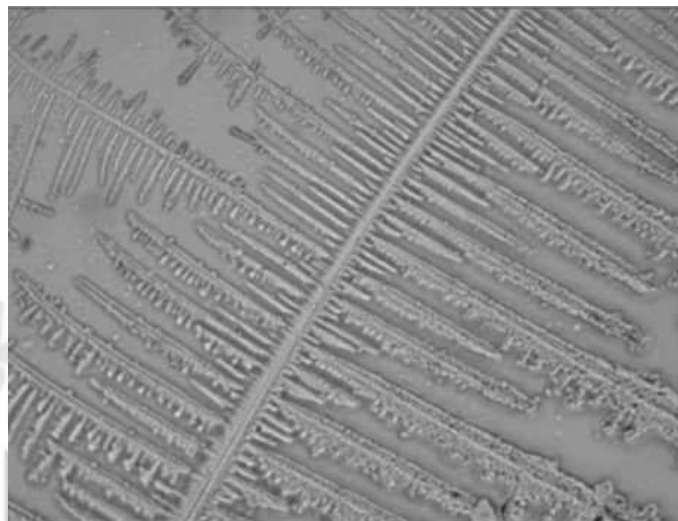


Los cristales poseen una morfología variable pero algo redondeada, dispuestos entre sí formando filas. Se pueden notar algunos cristales aislados y dispersos.

**Fuente:** Odeblad, 1994.

Cristalización tipo L: Está caracterizada por una morfología de hojas de palma o de hojas de helecho, con un axis central bien definido, y ramificaciones de 90° (Figura 5), similar a los patrones de moco cervical observados en humano (Odeblad, 1994; Menárguez *et al.*, 2003; Vigil *et al.*, 2009); citado por (Cortés, 2012).

**Figura 5. Cristalización Tipo L del moco de una vaquilla en estro, observado bajo la luz del microscopio (400X).**

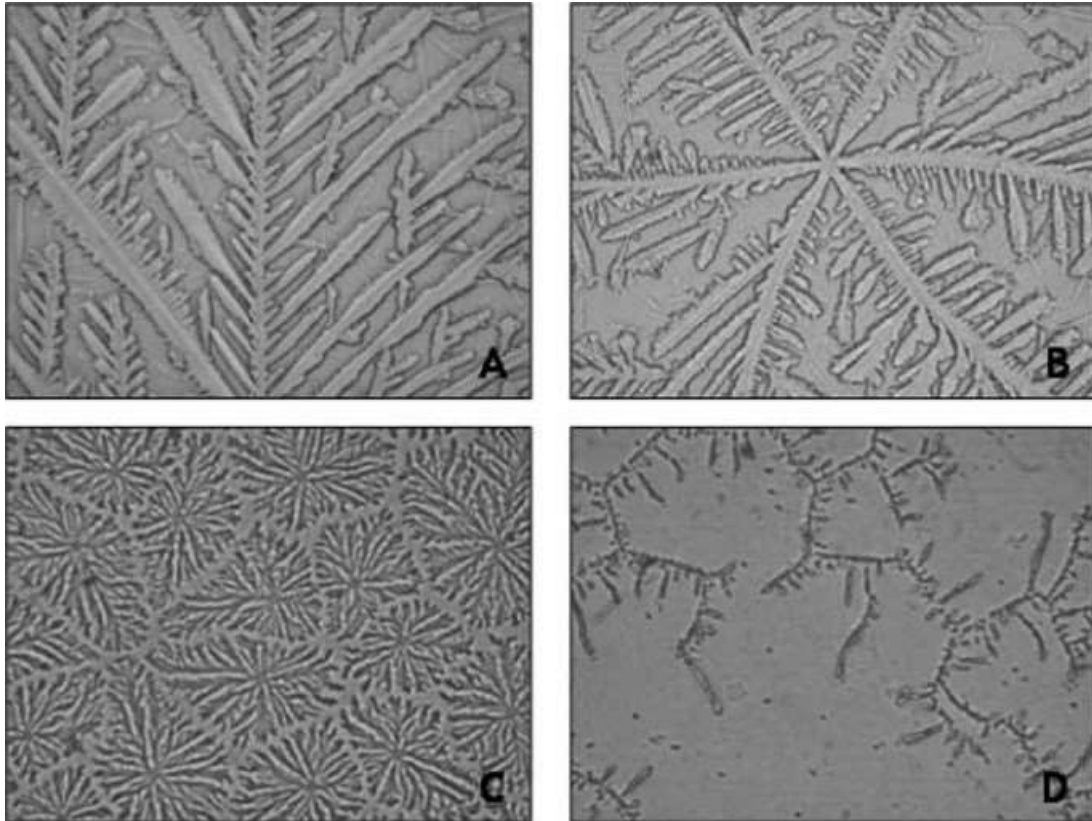


Este patrón cristalino se asemeja a una hoja de palmera u hoja de helecho, tiene una estructura con un axis principal derecho, del cual sales ramificaciones con un ángulo de  $90^\circ$ , de este se originan pequeñas hendiduras también con un ángulo de  $90^\circ$ .

**Fuente:** Odeblad, (1994).

Cristalización de tipo P: Agrupa varios subtipos de cristales, este patrón tiene un ángulo de ramificación de  $60^\circ$  grados originados del axis principal. Y ésta se dividió en 5 subtipos, pero en el moco cervical bovino se observan 4 subtipos: subtipo P2; consistente, con un tallo bien definido (axis), de las cuales, las ramificación salen de ambos lados formando ángulos de  $60^\circ$ , con el tallo principal. Este patrón cristalino es como un helecho (Figura 6A). Subtipo P6B tiene una geometría atractiva, se parece a una estrella, con núcleo central del cual salen seis ejes bien definidos. Cada eje forma un ángulo de  $60^\circ$ , con el otro y de cada eje se origina ramificaciones de longitud variable (Figura 6B).

**Figura 6. Cristalizaciones Subtipo P identificadas en el moco cervical de vaquillonas en estro, observadas bajo la luz del microscopio.**



- A. Cristalización subtipo P2 (400X): Caracterizada por una evidente morfología de helecho. Tiene un axis principal bien definido del cual salen ramificaciones de ambos lados, formando ángulos de  $60^\circ$  en el axis principal.
- B. Cristalización subtipo P6B (400X): Tiene la geometría de una estrella, con un núcleo central del cual salen 6 ejes bien definidos formando ángulos de  $60^\circ$  uno con otro. De cada uno de estos ejes se origina ramificaciones de longitud variada.
- C. Cristalización Pa (200X): Las unidades de este patrón cristalino son comúnmente encontradas una con otra. Se puede observar que en cada uno de los puntos centrales se origina ramas en todas las direcciones.
- D. Cristalización subtipo Pt (400X): Tiene un axis principal del cual se originan ramas de longitud variable. El axis principal y las ramas parecen estar constituidas por patrones de cristales algo discontinuas.

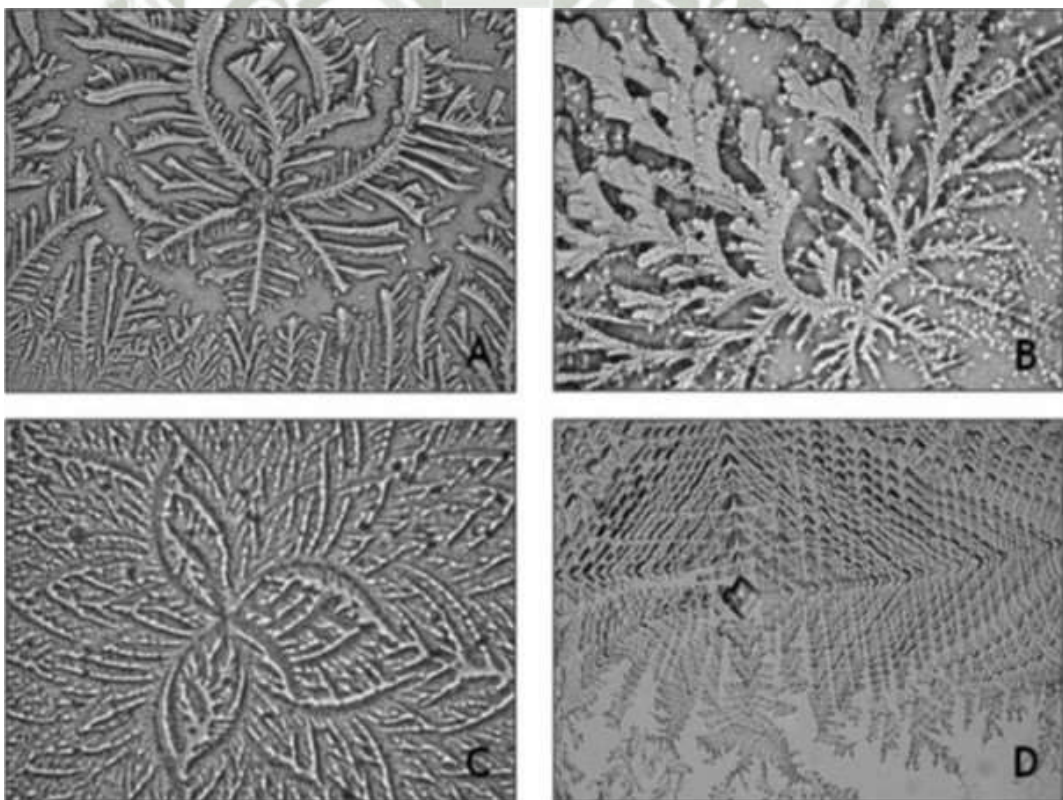
**Fuente:** Cortés, (2012).

En general, en este subtipo se ha encontrado unidades cristalinas algo más grandes que otros subtipos de moco de subtipo P (Menárguez, 1998); además del subtipo P6B estarían ligados al pico de fertilidad en humanos (Odeblad *et al.*, 2006). El subtipo Pa tiene un centro de cristalización del cual múltiples ramificaciones irradian en todas las direcciones (Figura 6C). Finalmente, otro subtipo corresponde al moco Pt, el cual no tiene

una forma ordenada como los subtipos mencionados; los cristales están más dispersos y no siempre unidos (Figura 6 D), como se observan en mujeres (Menárguez, 1998; Menárguez *et al.*, 2003); citado por (Cortés, 2012).

Finalmente, cuando se observa bajo la luz del microscopio el moco cervical bovino evidencia algunos arreglos cristalinos, el cual no puede ser clasificado satisfactoriamente en ningún modelo descrito anteriormente (Figura 7); citado por (Cortés, 2012).

**Figura 7. Cristalizaciones del moco cervical de vaquillonas en estro, usando el microscopio y no atribuible a ningún modelo de clasificación conocida (400X).**



- Se puede observar una estructura cristalina con seis ejes que se origina del centro, algunos de los ejes poseen ramificaciones curvas y de longitud variable.
- Morfología ramificada en la cual se parece a algas.
- Se observa una estructura, del cual del centro salen curvas con ejes no bien definidos parecidos a una flor.
- Se observa un cristal grande bastante simétrico en el centro, rodeado de cristales más pequeños dispuestos en un patrón algo triangular.

**Fuente:** Cortés, (2012).

## 2.4 La ultrasonografía

La ecografía o ultrasonografía es una técnica en la que se emplea ondas de sonido de alta frecuencia para producir imágenes de los tejidos blandos y órganos internos, las cuales podemos visualizar a través de la pantalla del ecógrafo. La aplicación del ultrasonido en las especies bovina y equina corresponde a los años 80, sin embargo su desarrollo y perfeccionamiento para el estudio de los eventos reproductivos se ha acelerado en la presente década. La técnica de ecografía en reproducción bovina se incrementa cada día por el veterinario clínico y el especialista en biotecnología de la reproducción, pues su utilización es demandada cada vez más por los ganaderos y los centros científicos, ya que su aplicación confirma o desestima la valoración realizada por palpación rectal, constituyendo un medio de diagnóstico certero en la dinámica de las ondas foliculares, desarrollo del cuerpo lúteo, la determinación del estado de gestación precoz, sexado de las crías y la evaluación de los procesos patológicos del sistema reproductor, entre otros usos (Tamayo, 2014).

### 2.4.1 Principios básicos de la ultrasonografía

La ecografía se fundamenta en el principio impulso - eco donde los impulsos viajan a través de los tejidos a una velocidad constante hasta encontrarse una superficie reflectante, que envía de regreso parte de ellos a la fuente emisora. Las ondas de sonido tienen las características siguientes:

- Periodo: Es el tiempo que demora en completarse un ciclo.
- Amplitud: Es la altura de la onda, equivalente a la intensidad o volumen del sonido, y se mide en decibeles (dB).
- Velocidad: Depende del medio que el sonido atraviese, en tejido blando es de 1 540 m/s.
- Frecuencia: Es el número de ciclos o periodos por segundo (entre 2 y 10 MHz).
- Longitud: Es la distancia que la onda recorre en un segundo, o sea, 0,3 - 1,5 mm en el caso de los ultrasonidos (Tamayo, 2014).

Los escáneres que se utilizan en la veterinaria reproductiva del bovino son en tiempo real y en modo B que se refiere a la modalidad de brillo de la imagen. Una consola está unida a un transductor que funciona como un transmisor (que emite ondas de sonidos de alta frecuencia que no son audibles) y un receptor (que captura los ecos que regresan), para producir imágenes de los tejidos en tiempo real. La consola está compuesta por el monitor, los mandos y el teclado, y en su interior posee los mecanismos que transforman las señales eléctricas provenientes del transductor en imágenes visualizables en la pantalla del monitor. El transductor posee una gran cantidad de pequeños cristales piezoeléctricos, cuya vibración por el paso de la corriente eléctrica produce la emisión de ondas que se transmiten a través de los tejidos en diferentes ángulos e intensidad. La imagen de 2 dimensiones, se compone de numerosos puntos (llamados píxeles) con diferentes intensidades de brillo, y es comparable a una "rebanada" de tejido de aproximadamente 2 mm de espesor. (Pierson *et al.*, 1988); citado por Colazo *et al.*, 2013.

Las estructuras llenas de líquido (por ejemplo, los folículos ováricos y el líquido amniótico entre otros) no reflejan las ondas de sonido y aparecen de color negro en la pantalla del monitor (no ecogénico o anecoico), mientras que el tejido denso (por ejemplo, el hueso) refleja la mayor parte de las ondas de sonido y aparece de color blanco (ecogénicas o hiperecoicas). Otros tejidos reflejan proporciones variables de las ondas de sonido y aparecen en la pantalla de la consola en varios tonos de color gris. Los transductores más preferidos para la ecografía transrectal son lineales (los cristales piezoeléctricos alineados a lo largo de su superficie), de alta frecuencia (5 MHz o 7.5 MHz; 1MHz = 1 x 10<sup>6</sup> ondas de sonido/segundo) ya que las ondas penetran sólo unos pocos centímetros, pero tienen alta resolución (por ejemplo, capaces de identificar objetos tan pequeños como de 1-2 mm de tamaño). Los transductores de baja frecuencia (3.5 MHz) tienen mayor penetración, mayor área de observación pero de menor resolución, y son los más

utilizados para imágenes trans-abdominales o para cuantificar el espesor de la grasa dorsal. (Pierson *et al.*, 1988); citado por Colazo *et al.*, 2013.

Hay una serie de artefactos, los cuales se debe conocer para evitar una interpretación incorrecta de la imagen. Existen dos tipos de artefactos: objetos que se ven en la imagen y no existen, y pérdidas de ecos por objetos existentes. Los artefactos más comunes, son las zonas ecogénicas intensas ubicadas por debajo de las estructuras llenas de líquido y la formación de sombras en los tejidos que están ubicados por debajo de estructuras muy densas. Otros dos artefactos comunes son la refracción (ondas de refracción en el lado del borde curvado de una estructura), y la reverberación, cuando las ondas de sonido rebotan hacia atrás y hacia adelante debido a estructuras llenas de gas o cuando el transductor no hace buen contacto con la pared del recto (Pierson *et al.*, 1988); citado por Colazo *et al.*, 2013.

#### **2.4.2 Las condiciones de trabajo**

El animal debe estar bien restringido, ya que movimientos excesivos puede interferir con la interpretación de la imagen, y pueden dañar el equipo. El recto debe estar completamente evacuado, la materia fecal entre el transductor y la mucosa rectal reduce la calidad de la imagen. El uso de un lubricante adecuado (idealmente a base de agua) mejora la transmisión de las ondas sonoras y por lo tanto la calidad de la imagen (algunos veterinarios utilizan el transductor embebido en lubricante dentro del dedo de un guante de plástico). El escáner debe estar cerca del técnico operador, en una posición fácil de ver y ajustar, preferiblemente a nivel de los ojos, pero al mismo tiempo protegido de posibles daños. La intensidad de la luz ambiente debe ser tenue. Los exámenes deberían hacerse dentro de un área cubierta, o si se realiza en el exterior, habría que reducir la incidencia de rayos solares o sus reflejos con paneles, lonas, o una caja de cartón que rodea el monitor. Existen hoy en día ecógrafos que tienen requisitos menos estrictos en cuanto a la reducción de la luz, como los que poseen un monitor construido en un par de gafas

o pequeños monitores que se colocan en el pecho o en la muñeca del operador. (Colazo *et al.*, 2013).

### 2.4.3 Evaluación ecográfica del útero

El útero está más enrollado durante el diestro que el estro, por lo tanto una imagen ecográfica en el diestro exhibe más cortes de los cuernos uterinos (Pierson *et al.*, 1988). Los cambios morfológicos que sufre el útero como consecuencia de la secreción de las hormonas ováricas, son reflejados en su ecotextura. Los tonos grises en el estro son más intensos que en el diestro, debido a la mayor irrigación sanguínea del útero durante el estro (Pierson *et al.*, 1988); citado por Colazo *et al.*, 2013.

La presencia de fluido intrauterino durante el proestro y estro es fisiológica, pero suele ser patológica en presencia de un cuerpo lúteo (CL) principalmente en el ganado que no ha sido inseminado. El fluido intrauterino que contiene partículas ecogénicas es generalmente patológico (con o sin la presencia de un CL). La reanudación de la ciclicidad ovárica poco después del parto predispone al ganado lechero a las infecciones uterinas, y/o ciclos estrales prolongados con una involución uterina tardía (Opsomer *et al.*, 2000).

Exámenes posparto del útero y los ovarios se utilizan para detectar anomalías y la necesidad de alguna intervención farmacológica.

Generalmente la palpación transrectal del útero, se combina con la observación de la vagina y el cuello uterino a través de un vaginoscopio, para evaluar la salud uterina. Sin embargo, en ausencia de un flujo vaginal anormal, la ecografía transrectal puede mejorar la detección de la endometritis subclínica (Kasimanickam *et al.*, 2004; Dourey *et al.*, 2010).

En un estudio reciente, de toda la información disponible, sólo la citología endometrial y los hallazgos ecográficos se correlacionaron significativamente con los días abiertos en vacas lecheras en lactación

(Kasimanickam *et al.*, 2004). Por otra parte, la presencia de líquido intrauterino en vacas lecheras a los 25 días posparto se asoció positivamente con el porcentaje de células polimorfonucleares intrauterinas (Dourey *et al.*, 2010). Sin embargo, la ecografía transrectal como el único método de diagnóstico para el diagnóstico de endometritis carece de sensibilidad (Colazo *et al.*, 2013).

#### 2.4.4 Evaluación ecográfica de los ovarios

La evaluación de los ovarios, para confirmar la ciclicidad y detectar anomalías, se puede hacer con rapidez y precisión con la ecografía transrectal. Folículos ováricos tan pequeños como de 3-4 mm de diámetro, se ven fácilmente con transductores de 5.0 a 7.5 MHz. La presencia de varios (entre 5 a 40) folículos de 3-5 mm de diámetro indican la emergencia de una nueva onda folicular y el número de folículos en la onda se correlaciona positivamente con la respuesta a los tratamientos con FSH (Singh *et al.*, 2004).

En el examen ecográfico de los ovarios, los folículos se muestran a través de imágenes no ecogénicas de color negro en forma redondeada o en estructuras irregulares debido a la compresión de los folículos adyacentes, al cuerpo lúteo y a la compresión de los folículos por el estroma ovárico. Las medidas que obtenemos de los folículos corresponden a las dimensiones del antro folicular y no incluye el diámetro de la pared. Los folículos preovulatorios se muestran como estructuras redondeadas anecogénicas de 1,5 a 2,5 cm ó 15 - 17 mm, tamaño con el cual se produce la ovulación en la vaca, según los resultados de diferentes autores, los cuales han corroborado sus datos con la posterior formación del cuerpo lúteo. La determinación de la dinámica de las ondas foliculares mediante ecografía es uno de los resultados de mayor impacto en la biotecnología de la reproducción bovina. El inicio de una onda folicular se caracteriza por la formación de un gran número de folículos simultáneamente, selección del folículo dominante y atresia de los folículos más pequeños, recesivos o subordinados. En ausencia de

luteólisis, el folículo dominante detiene su crecimiento, comienza su regresión y da paso a una nueva onda folicular. El día cero del ciclo es el primer día que desaparece el folículo preovulatorio y coincide con el surgimiento de la primera onda folicular. En la mayoría de las vacas y novillas se ha comprobado que tienen dos o tres ondas de crecimiento foliculares. En hembras con 2 ondas, éstas se inician los días 0 y 10 del ciclo, mientras que en los de 3 ondas, comienza los días 0, 9 y 16. El folículo dominante es ovulatorio en la segunda onda en vacas con 2 ondas y en la tercera en animales de 3 ondas (Tamayo, 2014).

La ovulación se confirma por la desaparición de un gran folículo o se presume que ha ocurrido si hay un pequeño CL y por lo general una ausencia de folículos grandes. Los quistes ováricos (al menos un folículo anovulatorio > 25 mm de diámetro) tienen una incidencia media de 9.3% en los rebaños lecheros (Brito *et al.*, 2004). En cuanto al diagnóstico del tipo de quiste ovárico, la sensibilidad y especificidad fueron del 43.3 y 64.7%, respectivamente, para la palpación transrectal, pero fueron 86.7 y 82.3% para la ecografía (Farin *et al.*, 1992). Por lo tanto el diagnóstico de quistes ováricos es más certero cuando se utiliza la ecografía transrectal. Casi el 80% de las novillas tienen un CL con una cavidad central (Kastelic *et al.*, 1990a; 1990b), pero la presencia de la cavidad y el tamaño de la misma no afecta la concentración de progesterona plasmática o la longitud del intervalo interovulatorio. Estas cavidades alcanzan su tamaño mayor entre los 5.5 a 7.0 días después de la ovulación, y se observan por última vez a los 9.3, 11.1 y 17.4 días después de la ovulación cuando eran pequeñas, medianas y grandes cavidades, respectivamente (Kastelic *et al.*, 1990b). Los CL con cavidades son raramente vistos pasados los 20 días después de la ovulación. En 264 preñeces, en vacas lecheras, diagnosticadas a los 32 días después de la inseminación artificial (IA), la prevalencia de un CL con una cavidad central fue solamente del 4% (Colazo *et al.*, 2013). El diámetro y el área del CL se pueden determinar con precisión mediante la ecografía, el área del CL está altamente correlacionado con las

concentraciones de progesterona plasmática (Kastelic *et al.*, 1990a); citado por Colazo *et al.*, 2013.

La evaluación ultrasonográfica de la morfología y ecotextura uterina, el número y tamaño de los folículos ováricos, el tamaño y la apariencia del CL pueden ser utilizados para estimar las etapas del ciclo estral en el ganado bovino (Pierson *et al.*, 1987; 1988; Kastelic *et al.*, 1990a; 1990b; Singh *et al.*, 1997; 1998). Se han desarrollado criterios para determinar las etapas del ciclo estral en vaquillas con un solo examen ultrasonográfico, basados en la morfología del folículo y el CL (Kastelic *et al.*, 2014 datos no publicados): anestro = sin CL; metaestro =  $CL \leq 15$  mm y folículos  $< 10$  mm; diestro =  $CL \geq 16$  mm; y proestro  $CL \leq 15$  mm con folículos  $\geq 10$  mm. Con estos criterios, el día del ciclo estral se determinó erróneamente en el 8.2% (30/368) y 11.5% (46/400) de los exámenes novillas de carne con 3 o 2 ondas foliculares, respectivamente; la mayoría ( $> 95$  %) de los errores se realizaron en los primeros 2 días de ciclo (novillas fueron categorizadas en anestro) (Colazo *et al.*, 2013).

#### **2.4.5 Futuras aplicaciones de nuevas tecnologías asociadas al diagnóstico Ecográfico**

Una limitación de la ecografía es la determinación precisa del estado fisiológico de un folículo, un CL, o el feto en un único examen. Sin embargo, esto podría ser resuelto con la incorporación de nuevas tecnologías, por ejemplo, la ecografía tridimensional, el análisis computarizado de imágenes y la ecografía Doppler color (Pierson *et al.*, 1999; Singh *et al.*, 2003; Ginther *et al.*, 2004).

Las imágenes de ultrasonido, se pueden analizar cuantitativamente por las características de los píxeles y las imágenes tridimensionales permiten la visualización del espécimen en varios planos, la medición del volumen, y proporciona información con respecto a las estructuras internas y externas. La ecografía Doppler color evalúa el flujo sanguíneo,

el uso potencial de esta tecnología en el manejo reproductivo de las vacas se ha descrito recientemente (Miamoto *et al.*, 2006).

El uso de imágenes Doppler color en el diagnóstico bovino se encuentra en sus primeras etapas. En estudios muy recientes, se observó una asociación entre el flujo sanguíneo folicular y la fertilidad del ovocito (Siddiqui *et al.*, 2009a) o la tasa de preñez en vaquillas (Siddiqui *et al.*, 2009b) y vacas (Bollwein *et al.*, 2010). Además, la medición del flujo sanguíneo del CL es más fiable que el tamaño del CL para evaluar su estado funcional durante el ciclo estral bovino (Herzog *et al.*, 2010). Equipos tridimensional de ultrasonido y equipos Doppler color están disponibles comercialmente, pero el costo del equipo es actualmente prohibitivo. Sin embargo, estas técnicas de ultrasonido ya han sido incorporadas en estudios de investigación, y cuando ésta tecnología se vuelva más disponible y accesible, se espera que se integren a la práctica rutinaria del manejo reproductivo del ganado bovino (Colazo *et al.*, 2013).

### 3. ANÁLISIS DE ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

**Baron, S.M.M. Tunja** – Colombia 2015. Correlación entre la cristalización del moco cervical, la ecografía y la concentración de estrógenos en vacas, para la detección del momento óptimo de la inseminación artificial. Se tomaron 10 hembras bovinas adultas, sanas, las cuales se sincronizaron, con un protocolo a base de progesterona, prostaglandina F<sub>2</sub> $\alpha$  y estrógenos. Posterior a la sincronización, se hizo un seguimiento a la hora 0, 4, 12, 20,24, valorando la cristalización del moco cervical, en estado folicular, las manifestaciones externas del celo y los niveles séricos de estrógeno, obteniendo los siguientes resultados: Se comprobó que hubo correlación entre los cambios estructurales del moco cervical durante el estro, ya que mientras este avanzaba, las ramificaciones en forma de helecho se hacían más notorias y definidas. Las características conductuales del estro se manifestaron claramente a las pocas horas de retirados los implantes de sincronización, la máxima manifestación ocurrió entre las horas 20 y 24. El tamaño de los folículos determinados por ecografía

corroboró la presencia de folículos ovulatorios después de la hora 20 y ello coincidió con mayores ramificaciones del moco cervical y el volumen de este. Con respecto a la relación entre concentración de estrógenos y la presencia de ramificaciones en forma de helechos, no resultó concluyentes en parte porque no se logró cuantificarlos en los cuatro tiempos de medición, lo cual se hace necesario para realizar la comparación a medida que avanza el estro. Adicionalmente el haber incluido el protocolo de sincronización puede generar una concentración irreal hormonal. Finalmente se encontró una correlación entre la formación de helechos, estado folicular y presencia de signos del celo, siendo las horas 12 - 20 el momento óptimo para la inseminación.

**Ramírez, S.Y.R. Tunja** – Colombia, 2014. Correlación entre la cristalización del moco cervical, la ecografía y la concentración de estrógenos en vacas, para la detección del momento óptimo de la inseminación artificial. La detección del celo en hembras bovinas, favorece el desempeño reproductivo de los hatos, porque permite establecer el momento indicado para realizar la inseminación artificial o monta natural. En tal sentido, se han utilizado diferentes mecanismos para lograr este fin, como: la observación de las manifestaciones externas del celo, la medición de hormonas, la palpación rectal y la valoración ecográfica, aplicada unas a otras, de acuerdo con las posibilidades de cada productor. Sin embargo, existe otro parámetro que resulta útil al momento de la ovulación, que corresponde a las características físicas del moco cervical del cual adquiere una disposición típica al momento de la ovulación en hembras bovinas, permitiendo relacionar, ésta última, con el tipo de cristalización lograda a pesar de que en Boyacá, se realizó un estudio que buscó caracterizar la cristalización del moco en la fase preovulatoria, esto no se realizó, hasta el momento de la ovulación, no algunas horas posteriores a ésta, es decir, que no se tiene la caracterización completa de la cristalización de moco cervical, en el periestro de las vacas *Bos Taurus*. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es establecer todos los cambios estructurales microscópicos, que sufre el moco cervical, antes, durante y después del estro, para proponerlo como herramienta diagnóstica del mismo. Se tomaron 10 hembras bovinas adultas, sanas, de las cuales se sincronizaron, con un protocolo a base de progesterona, prostaglandina F<sub>2</sub> $\alpha$  y estrógenos. Posterior a la sincronización, se hizo un seguimiento a la hora 0, 4, 12, 20, 24, valorando la

cristalización del moco cervical, en estado folicular, las manifestaciones externas del celo y los niveles séricos de estrógeno. Se esperó caracterizar las ramificaciones que forma el moco cervical en las etapas observadas obteniendo el siguiente resultado: se puede afirmar que la presencia de helechos es respuesta de una fase folicular madura ya que se demostró entre la hora 12, a la hora 24 en la presencia de celo, éste estudio coincide con la fase ovulatoria, con el incremento de las manifestaciones externas y con la existencia de folículos de un diámetro entre 17 mm - 18mm. Las condiciones ideales para la ovulación se observaron entre las 16 – 20 horas, una vez completado el protocolo de sincronización.

A su vez, se encontró una correlación entre la forma de helechos, diámetro folicular y manifestaciones de celo, siendo el momento óptimo para la inseminación entre las 12 - 20 horas.

**Andringa M.F.A., Cavestany D., Van Eerdenburg F.J.C.M.** – Uruguay, 2013. Relaciones entre la expresión de celo, tamaño del folículo y ovulación en vacas de leche en pastoreo. Para maximizar el porcentaje de preñez en vacas de leche es importante hacer coincidir el momento de la inseminación con el momento de la ovulación; éste puede ser predicho por la ocurrencia del celo (aceptación de la monta). Actualmente en sistemas lecheros intensivos menos de la mitad de las vacas muestran síntomas de celo en concordancia con la ovulación y más aún el intervalo entre el celo y la ovulación es muy variable. Para poder predecir el momento de la ovulación de una vaca de forma precisa, se realizó, este estudio, el cual examina las relaciones entre el intervalo del inicio del celo a la ovulación con la intensidad del comportamiento estral y el diámetro del folículo dominante. Se registraron varios signos de comportamiento de celo en 44 vacas Holando durante tres periodos de observación diarios de 3 horas cada uno. Desde que se identificó el primer comportamiento de celo se realizó ultrasonografía ovárica dos veces por día para medir el diámetro del folículo dominante y determinar el momento de ovulación. Se observaron correlaciones negativas entre el intervalo celo a ovulación y: score de celo ( $r = -0,43$ ;  $P = 0,004$ ) y el diámetro folicular ( $r = -0,32$ ;  $P = 0,036$ ) y una correlación positiva entre score de celo y diámetro folicular ( $r = 0,53$ ;  $P < 0,001$ ). Esto implica que vacas con comportamiento de celo más intenso tienen mayores folículos dominantes y están más

próximas a la ovulación. Usando los parámetros mencionados es posible predecir más precisamente el momento de ovulación.

**Di P rinzio, M.E., Nappi, A. Maglione,D.I., Ruscica, V.,Bernardi. F. Rosario –** Argentina, 2013. Caracterización del moco cervical bovino en el momento de la inseminación. Este trabajo permitió caracterizar el moco cervical de vaquillonas al momento de la inseminación, comparando el celo espontáneo (CE; n=23) con el inducido (CI; n=41).El moco se colectó, previo a la inseminación, por aspiración desde la cérvix, con una jeringa de 60 ml conectada a una cánula de inseminación. La muestra obtenida se fraccionó en alícuotas, las que se mantuvieron a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Para su uso se descongelaron a  $37^{\circ}\text{C}$  en baño de María. Se realizó un extendido, se dejó secar al aire y se observó utilizando un microscopio de campo claro. La cristalización fue clasificada utilizando una escala de 0 a 4: 0: No hubo formación de cristales; 1: formación de cristales atípicos (100%); 2: formación en su mayoría de cristales atípicos (55 a 95%) y sólo unos pocos normales con aspecto de helecho; 3: en su mayoría cristales con forma de hoja de helecho bien definida (55 a 95%) y sólo algunos atípicos; 4: todos los cristales tienen forma típicamente de hoja de helecho (100%).Se observó una gran variabilidad en cuanto a la cantidad, color y consistencia del moco recolectado de la cérvix, siendo el 80% de los casos en parte espeso y en parte líquido, cada una de ellas en proporciones variables. Un 15% tuvo moco espeso y opaco, difícil de obtener y en muy poca cantidad, y sólo el 5% restante presentó un moco líquido y transparente, muy filante y abundante. En la cristalización se observaron las típicas hojas de helecho, largas y delgadas, con la nervadura central gruesa; en ángulo recto a ésta se desprenden innumerables hojas secundarias, cortas y gruesas. Las estructuras descritas forman un canal, en el que se dirigen hacia el interior del mismo, de forma perpendicular, de modo que los extremos libres de las hojas quedan hacia la luz central. Las hojas de helecho atípicas siempre se observaron muy ramificadas y con un trayecto ondulante; las hojas secundarias fueron abundantes y variables tanto en su grosor como longitud. Acompañando a estas últimas formaciones, se observaron estructuras hexagonales, con cristales muy delgados sobre cada eje a modo de pequeñas hojas. Estas figuras siempre aparecieron en grupo, encontrándose en número variable, generalmente entre cuatro y seis unidades como mínimo. Finalmente, se encontraron aunque en muy baja frecuencia, formaciones en

hojas que comparten tanto características típicas como atípicas de las citadas anteriormente, a estas estructuras se las consideró como intermedias. Sólo en algunas muestras se observó un patrón de cristales cortos, con algunas ramificaciones también cortas y terminadas en punta como agujas, dispuestas en paralelo a lo largo de un eje o riel. El moco fluido y transparente estuvo relacionado con hojas de helecho de características atípicas, con hojas secundarias cortas y delgadas, y donde las hojas primarias estuvieron bien separadas unas de otras. En cambio, en la cristalización del moco espeso, se observó la hoja de helecho típica, perfectamente formada. En el celo espontáneo el moco colectado, en promedio, tuvo un grado de cristalización significativamente menor, respecto del moco obtenido de hembras con celo inducido. La cristalización observada corresponde a un moco estrogénico, una posible explicación para las diferencias encontradas podría estar en niveles superiores de progesterona (P4) debido a que, la inducción al estro realizada añade a estos animales, dosis de progesterona por vía exógena.

Los patrones de cristalización observados corresponden a un moco estrogénico, sin embargo el más característico de los días próximos a la ovulación es aquel que presenta hojas atípicas con figuras hexagonales o con formaciones similares a agujas. Figuras que coinciden con un moco filante, transparente y abundante, observado en un bajo porcentaje de los animales, indistintamente en el celo espontáneo y celo inducido. La diferencia encontrada podría explicarse, en el caso de la detección de celo normal, a partir de las técnicas utilizadas para su observación, formación del personal, entre otras. Para el caso del celo inducido, la mayor viscosidad del moco cervical, y por tanto el mayor grado de cristalización, podría ser consecuencia de un alza de la concentración de P4 en sangre; hecho que además, impactaría negativamente en el pico de LH y en su posible preñez. Estos resultados preliminares resultan de interés y serán de utilidad para diseñar las próximas investigaciones que deberán revisar las características del moco cervical en relación al momento de la ovulación, y así mejorar la preñez.

**Cortés, M.E., González, F. y Vigil, P.** – Chile, 2012. Cristalización del moco cervical bovino en el estro. El moco cervical bovino cambia su composición bioquímica y sus propiedades biofísicas durante el ciclo estral debido a las variaciones en los niveles

de esteroides sexuales, siendo producido en mayor cantidad durante el estro como consecuencia del aumento en el nivel de estrógenos. En dicho estadio también se observa que el moco aumenta su capacidad de cristalizar. El objetivo de este trabajo es proporcionar una visión actualizada de los principales aspectos relativos a la cristalización del moco cervical bovino. En primer lugar, se hace referencia a la composición del moco y a las importantes funciones ejercidas por esta secreción en la fisiología reproductiva bovina y de otras especies. Más adelante el trabajo trata sobre el fenómeno de cristalización observado en el moco cervical en estro, describiéndose los principales modelos utilizados para clasificar los patrones cristalinos observables en él (algunos semejantes a helechos, hojas de palma o figuras estrelladas, entre otros). Finalmente, se discute la importancia del fenómeno de la cristalización del moco cervical, para la comprensión de la reproducción bovina tanto en estados fisiológicos así como fisiopatológicos.

**Prado, A., Bernardi, S., Bassi, A., Marini, P. Rosario** – Argentina, 2012. Estudio de la cristalización del flujo cérvico vaginal en hembras Holando Argentino. El objetivo del presente trabajo fue probar la utilidad de tres técnicas para la observación de la cristalización del moco cervical en vacas lecheras y, en base a ello, determinar si hay diferencias en la arborización a lo largo de los muestreos. Se utilizaron cinco vacas Holando Argentino, multíparas, clínicamente sanas, pertenecientes al tambo de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNR, entre los 30 y 50 días post parto. Se tomaron las muestras de moco cérvico-vaginal a través de una palpación vaginal a los 0, 7, 14 y 21 días de iniciado el muestreo con tres formas diferentes de recolección. De las técnicas utilizadas, solamente las dos primeras nos aportaron resultados satisfactorios, la tercera metodología no fue de utilidad, probablemente debido a que, la presión ejercida sobre la muestra, rompe el entramado característico del moco. En todas las muestras se observó la organización típica en hojas de helecho, sin embargo, en algunas preparaciones las hojas eran finas, largas y ramificadas, mientras que en otras eran más cortas, sin ramificaciones, con nervaduras más engrosadas y en algunos casos acompañadas de células epiteliales y neutrófilos. Éstas diferencias, según estudios anteriores, podrían estar relacionadas al predominio de estrógeno y progesterona propio del ciclo estral. Se concluye que la técnica que mejor se adaptó para observar la cristalización del moco cérvico-vaginal fueron las dos primeras

(improntas), poniendo de manifiesto diferencias en las características particulares de la arborización.

**González, A., Evelin, N. Trujillo** – Perú, 2007. Los signos físicos del celo y su relación con la fertilidad en el ganado lechero. En un rebaño de vacas lecheras explotado en una finca ubicada a 9° 22' de latitud norte y 70° 35' longitud oeste y a 420 msnm, zona de vida de Bosque Seco Tropical, con 24, 5° C de temperatura media anual y 744mm de precipitación; se estudiaron los signos físicos asociados al celo como el pH, elasticidad, cristalización y tipo de moco cervical, el color de la mucosa de la vulva y los factores, el volumen celular aglomerado (VCA), la temperatura vaginal, la producción acumulada de leche (PROACU) y la condición corporal (CC) de la vaca al momento de la inseminación artificial y su relación con la fertilidad. El rebaño estaba constituido por 120 vacas, de uno a ocho partos, fueron alimentadas en potreros de *Brachiaria decumbens* y *B. humidicola*, suplementadas durante el ordeño con 1,5 kg de concentrado, recibían además sales minerales y suero líquido ad libitum; eran ordeñadas dos veces al día en forma mecánica con apoyo del becerro y reproducidas bajo la técnica de la inseminación artificial. Para detectar el celo se observaron en forma visual en los potreros, corrales y en la sala de ordeño en horas de la mañana y tarde. Los datos se procesaron con el PROC Freq de paquete estadístico SAS mediante pruebas de Chi Cuadrado. La temperatura vaginal y la cristalización del moco vaginal tuvieron un efecto significativo ( $P < 0,05$ ) sobre la fertilidad expresada como porcentaje de preñez al momento del diagnóstico de la gestación.

#### 4. OBJETIVOS

- Determinar el momento óptimo para la inseminación artificial mediante la correlación entre las características externas del estro, formación de cristales del moco cervical y el diámetro folicular de ovarios de vacas lecheras en producción, según el tiempo de muestreo.
- Seleccionar el método más adecuado para optimizar el momento de la inseminación artificial en la etapa del estro.

- Observar y dar una puntuación a la presencia de características externas del estro (celo) de las vacas en producción, según el tiempo de muestreo.
- Evaluar la calificación de la formación de cristales del moco cervical durante la etapa del estro, según el tiempo de recolección de muestras.
- Identificar el diámetro folicular de los ovarios en la etapa del estro, mediante ultrasonografía.

## 5. HIPÓTESIS

**Dado que:** la presencia de las características externas del estro, la cristalización del moco cervical y el diámetro folicular ovárico, son herramientas útiles para determinar el momento óptimo para la inseminación artificial en vacas lecheras de la raza Holstein Friesian.

**Es probable que:** correlacionando estos tres métodos, se logre con eficacia establecer el momento óptimo para la inseminación artificial.

### III. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

#### 1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE VERIFICACIÓN

##### 1.1 Técnicas

La observación de las características externas del estro, es un método muy difundido en la ganadería, y entre los pocos estudios comparativos con otros métodos, se la señala como la más eficiente, para determinar el momento de la inseminación artificial o monta (Jiménez *et al.*, 2009); para su interpretación se utilizará el patrón de puntuación de las características externas del estro adaptado por Van Eedenburg *et al.*, (1996).

Las muestras de moco cervical serán obtenidas, de acuerdo al protocolo establecido por Prado *et al.*, (2012), y para su análisis e interpretación, se utilizarán las tablas de calificación propuestas por Tsiliagianni *et al.*, (2000).

La medición del diámetro folicular ovárico, se realizarán mediante el uso de la ultrasonografía transrectal y se interpretara según Gigli *et al.*, (2006).

**TABLA N° 5: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE VERIFICACIÓN**

	<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Subindicador</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Variable Independiente</b>	Características externas del estro	Descarga de mucus vaginal (3)* Flehmen (3)* Inquietud (4)* Monta moviéndose (10)* Olfateo de la vagina a otra vaca (10)* Apoyo del mentón en otra vaca (15)* Monta (o intento) a otra vaca (35)* Monta lateral o por la cabeza a otra vaca (45)* Acepta la monta (100)*	Escala de puntos para el comportamiento del estro(*)	Observación	Visión
<b>Variable dependiente</b>	Características internas del estro	Moco cervical	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación de cristales típica</li> <li>• Formación de cristales atípica</li> </ul>	Impronta por contacto	Láminas portaobjetos Microscopio
		Folículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro folicular</li> </ul>	Ultrasonografía	Ecógrafo

(\*) Puntaje para las características externas del estro.

Fuente: Elaboración propia.

## 1.2 Procedimiento de muestreo

### 1.2.1 Observación de características externas del estro

- Para calificar la presencia de características externas se procederá a revisar registros vitalicios, reproductivos y productivos de las vacas.
- Según registros las vacas fisiológicamente sanas, en producción y próximas al estro, serán ubicadas en un corral siendo separadas de las demás, esto para su evaluación.
- Al iniciarse la presencia de características externas del estro, se procederá a dar una puntuación y realizar el llenado de la ficha de recolección de datos.
- Para la interpretación de las características externas del estro, se utilizará la siguiente tabla.

**TABLA N° 6:**  
**PUNTUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DEL ESTRO**

Signos del estro	puntuación
Descarga de mucus vaginal	3
Flehmen	3
Inquietud	4
Monta moviéndose	10
Olfateo de la vagina a otra vaca	10
Apoyo de la mentón en otra vaca	15
Monta (o intento) a otra vaca	35
Monta lateral o por la cabeza a otra vaca	45
Acepta la monta	100

**Fuente:** Adaptado por (van Eerdenburg *et al.*, 1996).

- Esta observación se realizará a la hora 0, 6, 12, 18 y 24 de muestreo. Tomando la hora 0 como inicio de la etapa del estro, (cuando la vaca se deja montar).

### 1.2.2 Muestreo de moco cervical

- A la hora 0 (inicio de la etapa del estro).
- Se ingresará a las vacas a los bretes para la facilidad del muestreo.
- Se colocará el termómetro digital vía endorectal al espécimen, como una prueba adicional e indicativa del incremento de calores.
- Para iniciar el muestreo, se procederá al lavado de la zona perineal con agua y desinfectante.
- A través del pipeteo transcervical (introducción de una pipeta de inseminación hasta llegar a la bifurcación de los cuernos uterinos), se procederá a tomar la muestra de moco cervical, aspirándolo con una jeringa de 20 ml, la misma dinámica se usará para las siguientes horas de muestro (0, 6, 12, 18 y 24).
- Una vez recolectada la muestra, será identificada la jeringa con los datos del espécimen.
- Se almacenarán en un refrigerador a 4°C por un lapso no mayor a 24 horas para su posterior evaluación.
- En el laboratorio se traspasarán las muestras a tubos para centrifuga (crioviales), siendo estos debidamente identificados.
- Se realizarán las improntas por contacto, en la cual se deja caer la gota del flujo sobre el portaobjetos y una vez que contactaron ambos, se procederá a esparcirlo, esto se realizará varias veces sobre el mismo portaobjetos (Prado *et al.*, 2012).
- Una vez realizada la impronta, se procederá a dejar secar los portaobjetos al medio ambiente por un tiempo aproximado de 15 minutos.
- Se observará al microscopio óptico en diferentes aumentos para el análisis y evaluación con los respectivos aumentos de 4X, 10X, 40X. (Prado *et al.*, 2012).
- Para la calificación de arborización y cristalización del moco cervical, se aplicará la tabla propuesta por Tsiligianni *et al.*, (2000).

**TABLA N° 7:**  
**CALIFICACIÓN DE ARBORIZACIÓN Y CRISTALIZACIÓN DEL MOCO  
CERVICAL**

Calificación	Interpretación
0	Esta puntuación, corresponde a la ausencia de formaciones cristalinas.
1	En esta puntuación, solo encontramos formaciones de cristales atípicos.
2	En esta puntuación, encontramos muchas formaciones de cristales atípicos y una pequeña porción de cristales típicos que son los que tienen forma de hoja de helecho (fern-like).
3	En esta puntuación, encontramos muchas formaciones cristalinas típicas, clásicas de helecho (fern-like) y una pequeña porción de formaciones atípicas de cristales.
4	En esta puntuación solo observamos las formaciones cristalinas típicas de forma de helecho (fern-like).

Fuente: Tsiligianni *et al.*, (2000).

– **Evaluación del diámetro folicular**

Una vez concluido el muestreo de moco cervical se procederá a realizar la ultrasonografía con ecógrafo trasrectal lineal.

Se introducirá el transductor lineal vía endorectal a la vaca, ubicando el ovario derecho e izquierdo, realizando la medición del diámetro folicular y se interpretará con la siguiente tabla.

**TABLA N° 8:**  
**DENOMINACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL DIÁMETRO FOLICULAR**

CALIFICACIÓN	CATEGORÍA	INTERPRETACIÓN
1	$\leq 17$ mm	Folículo preovulatorio
2	$> 17$ mm – $\leq 24$ mm	Folículo ovulatorio

Fuente: Gigli *et al.*, (2006).

### 1.3 Instrumento

- Hoja de recolección de datos (ver anexo).

### 1.4 Materiales y equipos

#### 1.4.1 Materiales de campo

- Agua.
- Baldes.
- Cooler.
- Desinfectante.
- Guantes obstétricos.
- Guantes de látex.
- Gel refrigerante.
- Jeringa plástica de 20 ml.
- Lapicero marcador.
- Registros de especímenes.
- Registros de toma de datos.
- Termómetro.
- Pipeta para inseminación.

#### 1.4.2 Materiales de laboratorio

- Agua destilada.
- Papel toalla.
- Portaobjetos.
- Tubos para centrifuga (crioviales).

#### 1.4.3 Equipos

- Microscopio óptico.
- Cámara de fotos.
- Computadora.
- Ecógrafo transrectal lineal.
- Refrigerador.

## 2. CAMPOS DE VERIFICACIÓN

### 2.1 Ubicación espacial

La presente investigación, se realizará en el establo “Fundo América”- en el distrito de Santa Rita de Siguan, ubicado en el kilómetro 931 de la carretera panamericana, aparece enclavado sobre las pampas del desierto costero local, cuyo territorio es abruptamente cortado por los ríos Siguan y Vítor, los que forman profundos valles transversales y delimitan las Pampas de Siguan. Limita por el Norte con la Provincia de Camaná; por el Noreste con el distrito de San Juan de Siguan; y por el Este, Sur y Sureste con el distrito de Vítor.

– **Altitud**

Se encuentra a una altitud de 1277 msnm.

– **Latitud y longitud**

Latitud sur 16°29'34”

Longitud oeste 72°05'40”

– **Superficie**

370.16 Km<sup>2</sup> (Senamhi, 2015).

– **Temperatura promedio y precipitación pluvial**

El clima es árido, a lo largo del año, sin presencia de lluvia. La temperatura media anual es de 19.2 °C., una precipitación de 2 mm, humedad promedio 38%.

### 2.2 Ubicación temporal

El estudio se desarrollará durante los meses de abril a octubre del año 2016.

### 2.3 Unidades de estudio.

Cada vaca lechera de la raza Holstein Friesian en etapa de estro, se considerará una unidad de estudio.

### 2.3.1 Universo

El universo considera 36 animales en producción, próximas a la etapa del estro, clínicamente sanas.

### 2.3.2 Tamaño de muestra

El tamaño de muestra se determinará con la siguiente fórmula (Castilla, 2011).

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 * N * p * q}{(N - 1) * E^2 + (Z_{\alpha/2})^2 * p * q}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra.

N = Total de la población.

Z $\alpha$  = Nivel de confianza o seguridad.

p = Proporción esperada.

q = 1-p

E = Error de estimación.

Ajuste de la muestra para poblaciones finitas:

$$n = \frac{N}{1 + \frac{N}{n}}$$

Remplazando: tamaño de muestra 18 animales.

### 2.3.3 Selección de la muestra

Consideraremos un establo lechero de sistema intensivo de producción de leche para el trabajo de investigación, de los cuales utilizaremos 18 vacas en producción, obtenidas con un muestreo aleatorio simple.

### **3. ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.1 Organización**

La recolección de datos, se realizará de acuerdo al instrumento diseñado para el presente estudio y comprenderá a 18 vacas en producción, próximas al estro, las cuales serán muestreadas a la hora 0, 6, 12, 18 y 24 de la etapa del estro, considerando la hora 0 como inicio del estro (cuando el animal se deja montar), de esta manera se dará una puntuación antes señalada con la aparición de las características externas del celo, luego se recolectará el moco cervical para calificar la formación de cristales. Finalmente se realizará la ultrasonografía al ovario derecho e izquierdo con el fin de medir el diámetro folicular en las horas ya indicadas, de esta manera encontrar una asociación entre éstos tres métodos que nos permitan identificar el momento óptimo de la inseminación artificial.

#### **3.2 Recursos**

##### **3.2.1 Recursos humanos**

Representado por la investigadora, quien se encargará de muestrear y procesar las muestras.

##### **3.2.2 Recursos físicos e institucionales**

Las muestras recolectadas, serán procesadas en el laboratorio de la Universidad Católica Santa María.

#### **3.3 Validación del instrumento**

La validación del instrumento se realizará mediante una prueba piloto en el establo lechero “Fundo América”, de un sistema de producción intensivo, con el fin de que sea objetivo, válido y confiable. Si es necesario se harán los ajustes correspondientes.

### 3.4 Criterios para el manejo de resultado

Se realizará la estadística descriptiva mediante medidas de tendencia central y coeficiente de relación para las variables cuantitativas, tablas univariadas y de contingencia para las variables cualitativas.

Para el contraste de hipótesis, se utilizará el coeficiente de correlación de Pearson, esta prueba se trabajarán con un nivel de significancia  $P < 0,05$ . Así mismo se realizará diagramas de dispersión, para expresar el resultado. Para la asociación de las variables se utilizará la prueba de correlación canónica.

Para el proceso de la información se utilizará el software SPSS versión 24.



## VI. CRONOGRAMA DE TRABAJO

**TABLA N° 9:  
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

N°	Actividades	2016																											
		Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Revisión bibliográfica	X	X	X	X																								
2.	Elaboración del proyecto					X	X	X	X																				
3.	Aprobación del proyecto									X																			
4.	Visita del centro experimental										X	X	X	X	X														
5.	Recolección de datos y sistematización															X	X	X	X	X	X								
6.	Sistematización análisis e interpretación de los datos																					X	X	X	X				
7.	Informe final																									X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia.

## V. BIBLIOGRAFÍA

1. Abusineina, M.E. “A study of the fern-like crystalline patterns of the cervical and vaginal mucus of cattle”. *Vet Res.* 1962; 74: 619–21.
2. Alliston, C.W.; Patterson, T.B.; Ulberg, L. C. “Crystallization patterns of cervical mucus as related to estrus in beef cattle”. *J Anim Sci.* 1958; 17: 322–5.
3. Andringa, M.F.A.; Cavestany, D.; Van Eerdenburg F.J.C.M. “Relaciones entre la expresión de celo, diámetro del folículo y ovulación en vacas de leche en pastoreo” *SMVU.* 2013; Vol. 49 - # 190.
4. Ball. P.J.H., A.R. Peters. *Reproduction in Cattle.* Blackwell Publishing Professional, Ames – Iowa; 2004
5. Bane, A.; Rajakoski, E. “The bovine estrous cycle”. *Cornell Vet.* 1961; 51: 77-95.
6. Baron, M. Correlación entre la cristalización del moco cervical, la ecografía y la concentración de estrógenos en vacas, para la detección del momento óptimo de la inseminación artificial [Internet]. 2015 Jun [citado 15 Jul 2016]. Disponible en: [https://issuu.com/medicinaveterinariajdc/docs/correlacion\\_de\\_la\\_cristalizacion\\_d](https://issuu.com/medicinaveterinariajdc/docs/correlacion_de_la_cristalizacion_d).
7. Barrera, H.L.; Hernandez O.R.; Roda M.G. *Ensayo de Reproducción animal bovino.* Universidad Martín Lutero UML – Siuna; 2010 [Citado 3 abr 2016]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos89/ensayo-reproduccion-animal-bovino/ensayo-reproduccion-animal-bovino.shtml#ixzz48zNvhwCw>.
8. Barros, C.; Argüello, B.; Jedlicki, A.; Vigil, P.; Herrera, E. “Scanning electron microscope study of human cervical mucus”. *Gamete Res.* 1985; 12: 85–9.
9. Becher, N.; Waldorf, K.A.; Hein, M. y Uldbjerg, N. “The cervical mucus plug: structured review of the literature”. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2009; 88: 502–13.

10. Billings, E. Artículo control de la fertilidad. [Internet]. 2003 Ene [citado 30 Jun 2016]. Disponible <http://www.seap.es>.
11. Bishnoi, B.L.; Vyas, K.K.; Dwaraknath, P.K. "Note on spinnbarkeit and crystallization pattern of bovine cervical mucus during oestrus". *Indian J Anim Sci.* 1982; 52: 438–40.
12. Blair, G.W.S.; Folley, S.J.; Malpress, F.H.; Coppen, F.M.V. "Variations in certain properties of bovine cervical mucus during the oestrous cycle". *Biochem. J.* 1941; 35: 1039–49.
13. Bollwein, H.; Prost D., Ulbrich, S.E.; Niemann, H.; Honnens, A. Effects of a shortened preovulatory follicular phase on genital blood flow and endometrial hormone receptor concentrations in Holstein-Friesian cows. *Theriogenology*; 2010.
14. Bone, J.F. "Crystallization patterns in vaginal and cervical mucus smears as related to bovine ovarian activity and pregnancy". *Am J Vet Res.* 1954; 15: 542–7.
15. Boyd, L.J.; Gibbons, R.A.; Tasker, J.B. "Characteristics of cervical mucus from progestagen-treated cattle". *Br Vet J.* 1972; 128: 260 – 9.
16. Brito LFC, CW Palmer. Cystic ovarian disease in cattle. *Large Animal Veterinary rounds* 4, issue 10. 2004. ([www.idrounds.ca/cgi/bbin/templates/framesets/veterinaryRoundsCa/fs\\_snell.cfm](http://www.idrounds.ca/cgi/bbin/templates/framesets/veterinaryRoundsCa/fs_snell.cfm)).
17. Brownlie, J., Hibbitt, K.G. "Antimicrobial proteins isolated from bovine cervical mucus". *J Reprod Fertil.* 1972; 29: 337-347.
18. Cambridge University Press. Manual de Laboratorio de la OMS para el examen del semen humano y de la interacción entre el semen y el moco cervical. Publicado en inglés para la organización mundial de la salud; 1992 [Citado 10 abr 2016]. Disponible en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/39626/1/9500616092\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/39626/1/9500616092_spa.pdf)

19. Campos da Paz, A. “The crystallization test as a guide to the treatment of cervical hostility”. *Fertil Steril*. 1953; 4: 137– 48.
20. Carlstedt, I.; Sheehan, J.K. Macromolecular architecture and hydrodynamic properties of human cervical mucins”. *Biorheology*. 1984; 21: 225.
21. Castellanos, F.; Galina, C.S.; Orihuela, J.A.; Navarro-Fierro, R.; Mondragón, R. Estrous expression in dairy cows and heifers (*Bos taurus*) following repeated PGF2a injection and choice of selecting a mounting partner. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1997; 51: 29-37.
22. Castilla, L. *Manual Práctico de Estadística para las ciencias de la Salud*. Editorial Trillas D.F. México; 2011. p. 167.
23. Catalano, R.; Callejas, S. Detección de celos en bovinos. Factores que la afectan y métodos de ayuda. *Revista de Medicina Veterinaria*, 2001- Vol. 82 Pág. 17-22. Pág 1-13.
24. Cavestany, D.; Fernandez, M., Perez, M.; Tort, G., Sanchez, A., Sienna, R. Oestrus behaviour in heifers and lactating dairy cows under a pasture-based production system. *Vet Quart*. 2008; 30, 10-36.
25. Cortés, M.E.; González, F. y Vigil, P. “Crystallization of bovine cervical mucus at oestrus: An update”. *Rev Med Vet*. 2014a; 28: 103-16.
26. Cortés, M.E.; González, F.; Hauyón, R. y Vigil, P. “Highly symmetrical crystallization in six rectilinear and well-defined axes found in bovine cervical mucus obtained at oestrus: A finding”. *Rev Fac Med Vet Zoot*. 2014b; 61: 164-70.
27. Cortés, M.E.; Hauyón, R.; Vigil, P. y González, F. “Evidence of fractality in a pattern of crystallization of bovine cervical mucus obtained at oestrus”. *Int J Morphol*. 2012; 30: 1461–1465.

28. Cortés, M.E.C. Morphological and ultrastructural characterization of different types of bovine cervical mucus using light and scanning electron microscopy. Tesis doctoral, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago; 2012.
29. Del Río, M.J.; Godoy, A.; Toro, A.; Orellana, R.; Cortés, M.E.; Moreno, R.D.; Vigil, P. “La reacción acrosómica del espermatozoide: avances recientes”. *Rev Intl Andrología*. 2007; 5: 368–73.
30. Di Prinzio, M.E.; Nappi, A.; Maglione, D.I.; Ruscica, V.; Bernardi. “Caracterización del moco cervical bovino en el momento de la inseminación” XIV J. Div Téc Cient.; 2013 [Citado 20 abr 2016]. Disponible en: <http://www.fveter.unr.edu.ar/jornadas2013/55.DI%20PRINZIO,M.%20Caracterizaci%F3n%20del%20moco.pdf>.
31. Doehr, S.A. y Moghissi, K.S. “Human and bovine cervical mucins”. En: Blandau, R.J., Moghissi, K.S. (eds). *The Biology of the Cervix*. University of Chicago Press, Chicago; 1973. pp. 125–42.
32. Dourey, A.; Colazo, M.G.; Ponce-Barajas, P.; Ambrose, D.J. Relationship between endometrial cytology and interval to first ovulation and pregnancy in postpartum dairy cows in a single herd. *Res Vet Sci* 2010, doi:10.1016/j.rvsc.2010.11.011.
33. Dransfield, M.; Nebel, R.; Pearson, R.; Warnick, L. Timing of insemination for dairy cows identified in oestrus by a radiotelemetric oestrus detection system. *J. Dairy Sci*. 1998; 81: 1874-1882.
34. Duby, R.T.; Prange, R.W. *Physiology and Endocrinology of the Estrous Cycle*. Dairy Integrated Reproductive Management. University of Massachusetts. IRM-2; 2004.
35. Eggert-Kruse, W.; Botz, I.; Pohl, S.; Rohr, G.; Strowitzki, T. “Antimicrobial activity of human cervical mucus”. *Hum Reprod*. 2000; 15: 778–84.
36. el-Naggar, M.A.; Baksai-Horváth, E. “The sugar content of the cérvico-vaginal mucus of cattle during the sexual cycle, with special; 1971.

37. Elstein, M. "Cervical mucus: its physiological role and clinical significance". Brit Med Bull. 1978; 34: 83-8.
38. Elstein, M.; Moghissi, K.S.; Borth, R. Cervical mucus: Present state of knowledge. In: Elstein, M., Moghissi, K. S., Borth, R. (eds). Cervical Mucus in Human Reproduction: based on a col/oquium held in Geneva on 18-20 September 1972, within the who Expanded Programme of Research, Oevelopment, and Research Training in Human Reproduction; 1973. pp. 11-21 (Scriptor, Copenhagen).
39. England, G.C.; Allen, W.E. "Crystallization patterns in anterior vaginal fluid from bitches in oestrus". J Reprod Fertil. 1989; 86: 335-39.
40. Esslemont, R.J.; Bryant, M.J. Oestrus behaviour in a herd of dairy cows. Vet. Rec. 1976; 99: 472-475.
41. Esslemont, R.J.R.; Flencross, G. Bryant JJ, Pope GS. A quantitative study of preovulatory behaviour in cattle. Appl. Amin. Ethol. 1980; 6: 1-17. Fallen, G.R., Crofts, J.M. "Some aspects of oestrus in cattle, with reference to fertility on artificial insemination. 2. Crystallisation patterns in cérvico-vaginal mucus". Queensland J Agric Sci. 1960; 16: 431-37.
42. Farin, P.W.; Younquist, R.S.; Parfet, J.R.; Garverick, H.A. Diagnosis of luteal and follicular ovarian cysts by palpation per rectum and linear-array ultrasonography in dairy cows. J Am Vet Med Assoc. 1992; 200, 1085-1089.
43. Firk, R.; Stamer, E.; Junge, W.; Krieten, W. Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. Livest Product Scien. 2002; 75, 219-232. 19.
44. Fordney-Settlage, D. A. Review of cervical mucus and sperm interactions in humans. Int. J. Fertil. 1981; 26:161-169.
45. Forman, I. "Cervical mucus arborization, aid in ovulation timing". Amer J Obstet Gynecol. 1956; 3: 463.

46. Fraser, A.F.; Broom, D.M. Farm animal behaviour and welfare. Bailliere Tindall. Londres, Reino Unido; 1990. 547 pp.
47. Fricke P.M. When to identify non-pregnant lactating dairy cows using transrectal ultrasonography and why. University of Wisconsin- Madison. American Dairymen. Enero, 2011; pp 1-5.
48. Gaddum-Rosse, P.; Lee, W.I. Sperm motility in cervical mucus a comparative study. Anat. Rec. 1978; 190:593.
49. Galina, C.; Arthur, G.H. Review on cattle reproduction in tropics. Part 4. Oestrus cycles. Animal Breeding Abstr. 1990; 58: 687-707.
50. Garcia, L. Reproducción, características del ciclo estral, 2010 [Internet]. Ene [citado 10 Jun 2016]. Disponible [http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/genetica/articulos/reproduccion-caracteristicas-ciclo-estral-t2789/p0.htm#\\_=\\_](http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/genetica/articulos/reproduccion-caracteristicas-ciclo-estral-t2789/p0.htm#_=_)
51. Gendler, S.J.; Spicer, A.P. Epithelial mucin genes. Annu Rev Physiol. 1995; 57: 607.
52. Ghannam, S.A.; Sorensen, A.M. “Early pregnancy diagnosis in the bovine”. J Dairy Sci. 1967; 50: 562–67.
53. Gibbons, R.A. “Chemical properties of two mucoids from bovine cervical mucin”. Biochem J. 1959; 73: 209–17.
54. Gibbons, R.A.; Glover, F.A. “The physicochemical properties of two mucoids from bovine cervical mucin”. Biochem J. 1959; 73: 217–25.
55. Ginther, O.J.; Matthew, D. Doppler ultrasound in equine reproduction: principles, techniques, and potential. J Equine Vet Sci. 2004; 24, 516-526.
56. Gipson, I.K. “Human endocervical mucins”. Ernst Schering Res Found Workshop, 2005; 52: 219–44.
57. Gipson, I.K. Mucins of the human endocervix. Front Biosci. 2001; 6: 01245.

58. Gipson, I.K.; Ho, S.B.; Spurr-Michaud, S.J.; Tisdale, A.S.; Zhan, Q.; Torlakovic, E.; Pudney, J.; Anderson, O.J.; Toribara, N.W.; Hill, J.A. Mucin genes expressed by human female reproductive tract epithelia. *Biol Reprod.* 1997; 6(4): 999.
59. Gonzales, M. Sincronización de celos e inseminación artificial. [Internet]. 2008 May [citado 10 Abr 2016]. Disponible [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201502/LECTURA\\_FASE\\_I.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201502/LECTURA_FASE_I.pdf).
60. González, A.; Evelin, N. Los signos físicos del celo y su relación con la fertilidad en el ganado lechero. *Mundo Pecuario*, V, N° 1, 37-63; 2007 [Citado 1 may 2016]. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/29601/1/articulo3.pdf>.
61. Hafez, B.; Hafez, E. S. E. Anatomía del Aparato Reprodutor de la Hembra. En Hafez, E.S.E., Hafez B. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. 7ma Edición. Editorial McGraw- Hill Mundo Pecuario V, N° 1, 37-63, 2009 .Los signos físicos del celo y su relación con la fertilidad en el ganado lechero 62 Interamericana, México, D.F.; 2002. pp.13-29.
62. Hafez, E.S.E.; Hafez, B. Ciclo Reprodutor. En Hafez, E.S.E., Hafez, B., Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. 7ma Edición. Editorial McGraw- Hill Interamericana, México, D.F.; 2002. pp. 56-69.
63. Hafez, E.S.E.; Schein, M.W.; Ewbank, R. The behaviour of cattle En Hafez ESE (Ed.) The behaviour of domestic animals. Bailliere, Tindall and Cassell. Londres, Reino Unido; 1969. pp. 235-295.
64. Heres, L., S.J. Dieleman; F. van Eerdenburg. Validation of a new method of visual oestrus detection on the farm. *Vet. Q*, 2000; 22, 50-5
65. Herzog, K., Brockhan-Lüdemann, M.; Kaske, M.; Beindorff, N.; Paul, V.; Niemann, H.; Bollwein, H. Luteal blood flow is more appropriate indicator for luteal function during the bovine estrous cycle than luteal size. *Theriogenology*. 2010; 73, 691-697.

66. Holy, L. Bases Biológicas de la Reproducción Bovina. Editorial Diana, S. A. México D.F.; 1983. pp.47- 79.
67. Hurnik, J.F.; King, G.; Robertson, H.A. Oestrous and related behaviour in postpartum Holstein cows. *Appl. Anim. Ethol.* 1975; 2: 55-58.
68. Jiménez, F.; Urdaneta Rincón, M.; González, R.; Sandoval, J; Urdaneta, M; Parra, A. Evaluación de cuatro métodos de detección del celo en novillas de doble propósito [Internet]. 2006 Jun [citado 10 Jun 2016]. Disponible [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/113\\_jimenez\\_celo.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/113_jimenez_celo.pdf).
69. Kasimanickam, R.; Duffield, T.F.; Foster, R.A.; Gartley, C.J.; Leslie, K.E.; Walton, J.S; Johnson, W.H. Endometrial cytology and ultrasonography for the detection of subclinical endometritis in postpartum dairy cows. *Theriogenology.* 2004; 62, 9-23.
70. Kastelic, J.P.; Bergfelt, D.R.; Ginther, O.J. Relationship between ultrasonic assessment of the corpus luteum and plasma progesterone concentrations in heifers. *Theriogenology.* 1990a; 33, 1269-1278.
71. Kastelic, J.P.; Pierson, R.A. Ginther, O.J. Ultrasonic morphology of corpora lutea and central luteal cavities during the estrous cycle and early pregnancy in heifers. *Theriogenology.* 1990b; 34, 487-498.
72. Katz, D.F.; Berger, S.A. “Flagellar propulsion of human sperm in cervical mucus”. *Biorheology.* 1980; 17: 169–75.
73. Kesserü, E.; Westphal, N. “Variation of the sialic acid-protein ratio in the human cervical mucus”. *Reproducción.* 1975; 2: 131–9.
74. Kim, S.H.; Baek, J.S.; Lee, H.J.; Min, K.S.; Lee, D.H.; Yoon, J.T. “Detection of matrix metalloprotease-9 and analysis of protein patterns in bovine vaginal mucus during estrus and pregnancy”. *J Embr Transfer.* 2012; 27: 93–100.

75. King, G.J. Sexual behaviour in cattle. En Studies of reproductive efficiency of cattle using RIA techniques. International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria; 1990. pp. 59-66.
76. Lamb, G.C.; Smith, M.F.; Perry, G.A.; Atkins, J.A.; Risley, M.E.; Busch, D.C.; Patterson D.J. Reproductive Endocrinology and Hormonal Control of the Estrous Cycle. North Florida Research and Education Center, University of Florida; 2009.
77. Lucy, M.C. Estrus: Basic Biology and Improving Estrous Detection. Proc. Dairy Cattle Reproductive Conference; 2006. pp. 29-37.
78. Maatje, K.; Loeffler, S.; Engel, H.B. Optimal time of insemination in cows that show visual signs of oestrus by estimating onset of oestrus with pedometers. J. Dairy Sci. 80: 1098-1105.
79. MacDonald, R.R. (1969a): "Cyclic changes in cervical mucus. 1. Cyclic changes in cervical mucus as an indication of ovarian function". J Obstet Gynecol Br Common. 1997; 76: 1090-4.
80. MacDonald, R.R. "Cyclic changes in cervical mucus. 2. The role of saline". J Obstet Gynecol Br Common. 1969b; 76: 1094-9.
81. Marinov, U.; Lovell, J.E. "Secretory and ciliated cells of the bovine cervix". Am J Vet Res. 1967; 28: 1763-72.
82. Marshall, F.H.A.; Hammond, J. "Fertility and Animal Breeding". Bull Minist Agric (Lond). 1937; 39: ii - 49.
83. Menárguez, M. Caracterización morfológica de diversos tipos de moco cervical. Tesis doctoral, Universidad de Murcia, Murcia; 1998. pp: 1-205.
84. Menárguez, M.; Pastor, L.M.; Odeblad, E. "Morphological characterization of different human cervical mucus types using light and scanning electron microscopy". Hum Reprod. 2003; 18: 1782-9.

85. MG, Ponce-Barajas P.; Ambrose, D.J. Pregnancy per AI in lactating dairy cows subjected to two different intervals from presynchronization to initiation of Ovsynch protocol. *J Dairy Sci.* 2013; 96:7640-7648.
86. Miamoto, A.; Shirasuna, K.; Hayashi, K.G.; Kamada, D.; Awashima, C.; Kaneko, E.; Acosta, T.J.; Matsui, M. A potential use of color ultrasound as a tool for reproductive management: New observations using color ultrasound scanning that were not possible with imaging only in black and white. *J Reprod Dev.* 2006; 52, 153-160.
87. Moniaux, N.; Escande, F.; Porchet, N.; Aubert, J.P.; Batra, S.K. Structural organization and classification of the human mucin genes. *Front Biosci.* 2001; 6: 01192.
88. Mullins, K.J.; Saacke, R.G. "Study of the functional anatomy of bovine cervical mucosa with special reference to mucus secretion and sperm transport". *Anat Rec.* 1989; 225: 106-17.
89. Nebel, R.L.; Walker, W.L.; Mcgilliard, M.L.; Allen, C.H.; Heckman, G.S. Timing of insemination of dairy cows: fixed once daily versus morning and afternoon. *J. Dairy Sci.* 1994; 77: 3185-3191.
90. Noonan, J.J.; Schultze, A.B.; Ellington, E.F. "Changes in bovine cervical and vaginal mucus during the estrous cycle and early pregnancy". *J Anim Sci.* 1975; 41: 1084-9.
91. Odeblad, E. "The discovery of different types of cervical mucus and the Billings ovulation method". *Bull Nat Fam Plann Coun Victoria.* 1994; 21: 1.
92. Odeblad, E. "The physics of the cervical mucus". *Acta Obstet Gynec Scand* 38; 1959. pp. 44-58.
93. Odeblad, E. "The spread out technique. Advantages, pitfalls and biological interpretation". En: *Actas IV Symposium Internacional de Métodos Naturales*, ed. by Asociación Española de Profesores de Planificación Familiar Natural, Esin, Barcelona; 1995. pp. 295-303.

94. Odeblad, E.; Ingelman-Sundberg, A.; Hallström, L.; Höglund, A.; Leppänen, U.; Rudolfsson-Åsberg, K.; Lisspers, K.; Perenyi, E.; Sahlin, K.; Lindström-Sjögren, C. "The biophysical properties of cervical-vaginal secretions". *Int Rev Nat Fam Plann.* 1983; 7: 1–56.
95. Odeblad, E.; Ingelman-Sundberg, A.; Menarguez, M.; Temprano, H.; Pouyanmehr, S.; Vigil, P.; Martín, M.; Hoglund, A. Types of cervical secretion, in: *VIII Symposium International sobre Regulación natural de la fertilidad: aplicaciones a la salud reproductiva*, Leioa, Biscay, 2006; pp. 1-15.
96. Oessey, J.L.; Buisine, M.P.; Porchet, N.; Aubert, J.P.; Oegand, P.; Laine, A. Evolutionary history of the 11 p15 human mucin gene family. *J Mol E.* 1998; vol.46 (1): 102.
97. Opsomer, G.; Grohn, Y.T.; Hertl, J.; Coryn, M.; Deluyker, H.; A de Kruif. Risk factors for postpartum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium: a field study. *Theriogenology.* 2000; 53, 841-857.
98. Orihuela, A. Some factors affecting the behavioural manifestations of oestrus in cattle: a review. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 70: 1-16.
99. Palmer, C. Endometritis en vacas lecheras. 2008; 10 (37):25-32.
100. Papanicolaou, G.N. "A general survey of the vaginal smear and its use in research and diagnosis". *Am J Obstet Gynecol.* 1946; 51: 316–28.
101. Pennington, J.A.; Albright, J.L.; Dieckman, M.A.; Callahan, C.J. Sexual activity of Holstein cows: seasonal effect. *J. Dairy Sci.* 1985; 68: 3023-3030.
102. Pennington, J.A.; Albright, J.L.; Dieckman, M.A.; Callahan, C.J. Sexual activity of Holstein cows: seasonal effect. *J. Dairy Sci.* 1985; 68: 3023-3030.
103. Pennington, J.A.; Albright, J.L.; Dieckman, M.A.; Callahan, C.J. Sexual activity of Holstein cows: seasonal effect. *J. Dairy Sci.* 1985; 68: 3023-3030.

104. Perry, G. The Bovine Estrous Cycle. South Dakota State University – Cooperative Extension Service – USDA. Pub. FS921A; 2004.
105. Perry, G. The Bovine Estrous Cycle. South Dakota State University – Cooperative Extension Service – USDA. Pub. FS921A; 2004.
106. Perry, G. The Bovine Estrous Cycle. South Dakota State University – Cooperative Extension Service – USDA. Pub. FS921A; 2004.
107. Ramírez, Y. Correlación entre la cristalización del moco cervical, la ecografía y la concentración de estrógenos en vacas, para la detección del momento óptimo de la inseminación artificial [Internet]. 2014 Jun [citado 10 Jun 2016]. Disponible [https://issuu.com/medicinaveterinariajdc/docs/correlaci\\_n\\_entre\\_la\\_cristalizaci\\_](https://issuu.com/medicinaveterinariajdc/docs/correlaci_n_entre_la_cristalizaci_)
108. Reith, S.; Hoy, S. Relationship between daily rumination time and estrus of dairy cows. *J. Dairy Sci*, 2012; 95, 6416-6420
109. Richardson, L.; Hanrahan, J.P.; O'Hara, L.; Donovan, A.; Fair, S.; O'Sullivan, M.; Carrington, S.D.; Lonergan, P.; Evans, A.C.O. Ewe breed differences in fertility after cervical AI with frozen-thawed semen and associated differences in sperm penetration and physicochemical properties of cervical mucus. *Anim. Reprod. Sci.* 2011; 129: 37-43.
110. Richardson, L.; Hanrahan, J.P.; O'Hara, L.; Donovan, A.; Fair, S.; O'Sullivan, M.; Carrington, S.D.; Lonergan, P.; Evans, A.C.O. Ewe breed differences in fertility after cervical AI with frozen-thawed semen and associated differences in sperm penetration and physicochemical properties of cervical mucus. *Anim. Reprod. Sci.* 2011; 129: 37-43.
111. Rippe, C.A. El ciclo estral. *Reproduction in Cattle*; 2009 [Citado 26 abr 2016]. Disponible en: <http://www.dcrcouncil.org/media/Public/Rippe%20DCRCH%202009.pdf>.

112. Rivera, M.M.S.H. Revisión anatómica del aparato reproductor de las vacas. *Reproduction in Cattle*; 2009 [Citado 16 may 2016]. Disponible en: <http://www.dcrcouncil.org/media/Public/Rivera%20DCRCH%202009.pdf>.
113. Rodtian, P.; King, G.; Subrod, S.; Pongpiachan, P. Oestrus behaviour of Holstein during cooler and hotter tropical seasons. *Anim. Reprod. Sci.* 1996; 45 (1-2): 47-58.
114. Roelofs, J.; López, F. Hunter, R. Van Eerdenburg, F. Hanzen, Ch. When is a cow in estrus. *Clinical and practical aspects. Theriogenology.* 2010; 74, 327-344.
115. Roelofs, J.B.; van Eerdenburg, F.J.; Soede, N.M.; Kemp, B. Various behavioral signs of and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology.* 2005; 63, 1366-1377.
116. Roland, M. "A simple test for the determination of ovulation, estrogen activity, and early pregnancy using the cervical mucus secretion; a preliminary report". *Am J Obstet Gynecol.* 1952; 63: 81-9. Rose, MC. Voynow JA. Respiratory tract mucin genes and mucin glycoproteins in health and disease. *pHysiol Rev.* 2006; 86 (1): 245.
117. Rutllant, J.; López-Béjar, M.; López-Gatius, F. "Ultrastructural and rheological properties of bovine vaginal fluid and its relation to sperm motility and fertilization: a review". *Reprod Dom Anim.* 2005; 40: 79-86.
118. Rutllant, J.; López-Béjar, M.; López-Gatius, F. "Ultrastructural and rheological properties of bovine vaginal fluid and its relation to sperm motility and fertilization: a review". *Reprod Dom Anim.* 2005; 40: 79-86.
119. Rutllant, J.; López-Béjar, M.; Santolaria, P.; Yániz, J.; López-Gatius, F. "Rheological and ultrastructural properties of bovine vaginal fluid obtained at oestrus". *J Anat.* 2002; 201: 53-60.
120. Rutllant, J.; López-Béjar, M.; Santolaria, P.; Yániz, J.; López-Gatius, F. "Rheological and ultrastructural properties of bovine vaginal fluid obtained at oestrus". *J Anat.* 2002; 201: 53-60.

121. Rutllant, J.; López-Gatius, F.; Camón, J.; López-Béjar, M.; López-Plana, C. A structural study of the bovine vaginal fluid at estrus. *Scanning*. 1999; 21: 204–11.
122. Rutllant, J.; López-Gatius, F.; Camón, J.; López-Béjar, M.; López-Plana, C. A structural study of the bovine vaginal fluid at estrus. *Scanning*. 1999; 21: 204–11.
123. Sato, M.; Nihei, A.; Ohta, M.; Masaki, J. “Changes in sodium, potassium and chloride concentrations of bovine cervical mucus during the time of estrus induced by prostaglandin F<sub>2</sub>αanalogue”. *Tohoku J Agric Res*. 1981; 32: 40–9.
124. Schumacher, G.F. “Biochemistry of cervical mucus”. *Fertil Steril*. 1970; 21: 697–705.
125. Senamhi. Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú. Pronóstico: 614-1407. Jesús María, Lima – Perú; 2015 [Citado 2 may 2016]. Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/>.
126. Sepúlveda, N.; Rodero, E. Comportamiento sexual durante el estro en vacas lecheras. *INCI [Internet]*. 2003 Sep [citado 14 Jul 2016]; 28(9): 500-503. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442003000900002&lng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000900002&lng=es). Senger, P.L. Pathways to pregnancy and parturition. 2nd ed, Pullman, WA: Current Conceptions. 2003; pp. 34–5.
127. Sepúlveda, N.; Rodero, E. Evaluación de la detección de celo en explotaciones lecheras. *Revista Científica de Veterinaria FCV-LUZ*. 2002; 12: 169-174.
128. Shearer, J.K. Reproductive Anatomy and Physiology of Dairy Cattle Animal Science Department, Florida Cooperative Extension Service. University of Florida. Original publication date September 1992. Reviewed June 2003. Publication #DS 57; 2003.
129. Sheehan, J.K.; Carlstedt, I. “Electron microscopy of cervical-mucus glycoproteins and fragments therefrom. The use of colloidal gold to make visible 'naked' protein regions”. *Biochem J*. 1990; 265: 169–177.

130. Siddiqui, M.A.R.; Almamun, M. Ginther, O.J. Blood flow in the wall of the preovulatory follicle and its relationship to pregnancy establishment in heifers. *Anim Reprod Sci.* 2009b; 113, 287-292.
131. Siddiqui, M.A.R.; Gastal, E.L.; Gastal, M.O. Almamun, M.; Beg, M.A.; Ginther, M.A. Relationship of vascular perfusion of the wall of the preovulatory follicle to in Vitro fertilization and embryo development in heifers. *Reproduction.* 2009a; 137, 689-697.
132. Sims, J.M. Illustrations of the value of the microscope in the treatment of the sterile condition. *Br. Med. J.* 1868; 2: 492-494.
133. Singh, J.; Adams, G.A.; Pierson, G.A. Ultrasound image attributes of the bovine corpus luteum: structural and functional correlates. *J Reprod Fert.* 1997; 109, 35-44.
134. Singh, J.; Adams, G.P.; Pierson, R.A. Promise of new imaging technologies for assessing ovarian function. *Anim Reprod Sci.* 2003; 78, 371-399.
135. Singh, J.; Dominguez, M.; Jaiswal, R.; Adams, G.R. A simple ultrasound test to predict the superstimulatory response in cattle. *Theriogenology.* 2004; 62, 227-243.
136. Singh, J.; Adams, G.P. Pierson, R.A. Ultrasound image attributes of bovine ovarian follicles and endocrine and functional correlates. *J Reprod Fert.* 1998; 112, 19-29.
137. Sintex. Fisiología Reproductiva del Bovino. Laboratorio de Especialidades Veterinarias. Sitio Argentino de Producción Animal; 2005 [Citado 10 may 2016]. Disponible en: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
138. Sisson, S.; Grossman, J.D.; Getty, R. *Anatomy of the Domestic Animals.* Philadelphia: Saunders; 1975.

139. Smith, M.W.,; Jaeger, J.R.; Corah, L.R.; Stevenson, J.S.; Zapp, L.M.; Hites, M.J.; Lee, K.W. Detection of estrus in beef heifers by visual observation and radiotelemetry. *J. Anim. Sci.* 1993; 71 (Suppl 1): 36.
140. Swensson, T.; Andersson U. The influence of heat symptoms and the time of insemination of cattle on the early and late returns. *Nord. Vet. Med.* 1980; 32: 457-463.
141. Tamayo, T.M. La ecografía como medio diagnóstico y evaluación de los procesos reproductivos en el bovino. Universidad Agraria de La Habana. San José, La Habana; 2014.
142. Trimberger, G.W. Breeding efficiency in dairy cattle from artificial insemination at various intervals before and after ovulation. *NBR. Agric. Exp. Stn. Res. Bull.* 1948; 153: 1-26.
143. Tsiligianni, I.; Kocks, J.; Tzanakis, N.; Siafakas, N. & van der Molen, T. Factors that influence disease-specific quality of life or health status in patients with COPD: a systematic review and meta-analysis of Pearson correlations. *Prim Care Respir J*, 2011;20(3), 257-268.
144. Tsiligianni, T.; Karagiannidis, A.; Brikas, P.; Saratsis, P. Physical Properties of Bovine Cervical Mucus during Normal and Induced (Progesterone and / or Pf2 $\alpha$ ) Estrus. *Theriogenology*. 2000; 55:629-640.
145. Tsiligianni, T.; Karagiannidis, A.; Saratsis, P.; Brikas, P. "Enzyme activity in bovine cervical mucus during spontaneous and induced estrus". *Can J Vet Res.* 2003; 67: 189-93.
146. Van Eerdenburg F. Estrus detection in dairy cattle: How to beat the Bull. *Vlaams Diergeneeskd Tijdschr.* 2006; 75, 61-69.
147. Van Eerdenburg, F.J.; Loeffler, H.S., Van Vliet, H.S. Detection of oestrus in dairy cows: a new approach to an old problem. *Vet Quart.* 1996; 118, 52-54.

148. Van Vliet, J.H., Van Eedenburg, F.J.C.M. Sexual activities and oestrus detection in lactation Holstein cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1996; 50: 57-69.
149. Velazques, J.G; Gardozo, J; Norberto, J; Cusme, W.2006. “Relación del moco cervical con la fertilidad del bovino doble propósito en el trópico bajo”. Investigadores Corpoica, Sena.2006
150. Verdugo, P. Goblet cells secretion and mucogenesis. *Annu Rev Physiol.* 1990; 52:157.
151. Vickery, B.H.; Bennett, J.P. The cervix and its secretion in mammals. *Physiol. Rev.* 1968; 48: 135-154.
152. Vigil, P.; Cortés, M.E.; Carrera, B.; Hauyón, R.; Aravena, C. El moco cervical en la fisiología reproductiva. En: Guzmán, E., Croxatto, H., Lalonde, A. (eds.) Selección de Temas en Ginecoobstetricia, Tomo III. Ediciones Publiimpacto. Santiago. 2014a; pp. 325-34.
153. Vigil, P.; Croxatto, H.B.; Cortés, M.E. Ciclo menstrual. En: Pérez Sánchez, A. (ed.) Ginecología. Editorial Mediterráneo, Santiago. 2014b; pp. 37-60.
154. Vigil, P.; Orellana, R.F.; Cortés, M.E. “Modulation of spermatozoon acrosome reaction”. *Biol Res.* 2011; 44: 151-59.
155. Vigil, P.; Riquelme, R.; Pinto, E.; Ceric, F. “Secreción cervical: relación entre las características bioquímicas y la penetración de los espermatozoides”. *Rev Chil Obstet Ginecol.* 1999; 64: 228–32. Vigil, P.,
156. Toro, A., Godoy, A. “Physiological action of estradiol on the acrosome reaction in human spermatozoa”. *Andrologia*, 2008; 40: 146–51.
157. Walker, W.L.; Nebel, R.L.; Mcgilliard, M.L. Time of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle. *J. Dairy Sc.* 1996; 79: 1555-1561.

158. Wiltbank, M.C.; Gümen, A.; Sartory, R. pHyiological classification of ovulatory conditions in cattle. Proc. Bovine Reproduction: Education and Discussion. Solutions for the Practicing Veterinarian; 2006. pp. 93-125.
159. Woodman, H.E.; Hammond, J. The mucous secretion of the cervix of the cow. J. Agr. Sci. 1925; 15: 107-124.
160. Wordinger, R.J.; Ramsey, J.B.; Dickey, J.F.; Hill, J.R. "On the presence of a ciliated columnar epithelial cell type within the bovine cervical mucosa". J Anim Sci. 1973; 36: 936-40.
161. Yudin, A.I., Hanson, F.W., Katz, D.F. "Human cervical mucus and its interaction with sperm: a fine-structural view". Biol Reprod. 1989; 40: 661.
162. Zaaier, D.; Van der Horst, C.J. "Cyclic changes in hormones, carbohydrates and indole metabolism in cervical mucus of normal, fertilizing cows and the relationship with non-fertility". Cytobios. 1983; 37: 113.
163. Zondek, B. "Some problems related to ovarian function and to pregnancy". Recent Progress in Hormone Research; 1954. 10: 395.

## Anexo

HOJA DE TOMA DE DATOS		ESTABLO		HORA DEL ESTRO													
N°	Nombre de la vaca	Fecha	Hora del muestreo	CARACTERÍSTICAS VISUALES										MICROSCOPIA *	ECOGRAFÍA OVÁRICA **		Temperatura Corporal (°C)
				Descarga de mucus vaginal	Flehmen	Inquietud	Monta moviéndose	Olfateo de la vagina a otra vaca	Apoyo del mentón en otra vaca	Monta (o intento) a otra vaca	Monta lateral o por la cabeza a otra vaca	Acepta la monta	Acumulador	Grado de Cristalización	Diámetro folicular izquierdo (mm)	Diámetro folicular derecho (mm)	
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	

**LEYENDA:**

<p><b>Formación de cristales:</b></p> <p>0= Ausencia de cristales</p> <p>1= Presencia de cristales atípicos</p> <p>2= Presencia de cristales mas atípicos y menos atípicos</p> <p>3= Presencia de cristales menos atípicos y mas típicos</p> <p>4= Presencia de cristales típicos</p>	<p><b>Características del estro:</b></p> <p>3= Descarga de mucus</p> <p>3=Flehmen</p> <p>4=Inquietud</p> <p>10= Monta moviéndose</p> <p>10= Olfateo de la vagina a otra vaca</p> <p>15= Apoyo del mentón a otra vaca</p> <p>35= Monta (o intento ) a otra vaca</p> <p>45= Monta lateral o por la cabeza a otra vaca</p> <p>100= Acepta monta</p>	<p><b>Diámetro folicular:</b></p> <p>≤17 mm = pre-ovulatorio</p> <p>&gt;17 mm - ≤24 mm = ovulatorio</p>
---	--	---

Fuente: Elaboración propia.



**ANEXO N° 2:  
MATRIZ DE SISTEMATIZACIÓN**

**TABLA N° 14:**  
**REGISTRO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESTRO A LA HORA 0**

Características externas del estro	Escala de calificación									
	Puntaje	Samsung	Begonia	Yolita	Pamela	Ildiva	Lola	Loreto	Chocolate	Vilma
Descarga de mucus vaginal	3	0	3	3	3	0	3	0	0	3
Flehmen	3	0	0	0	3	0	3	0	0	3
Inquietud	4	0	4	0	4	0	0	4	0	4
Monta moviéndose	10	10	10	10	10	0	0	10	10	10
Olfateo de la vagina a otra vaca	10	10	0	10	10	0	0	0	0	0
Apoyo de la mentón en otra vaca	15	15	15	0	0	15	0	0	0	15
Monta(o intento) a otra vaca	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monta lateral o por cabeza a otra vaca	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acepta la monta	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Acumulado		135	132	123	130	115	106	114	110	135

Características externas del estro	Escala de calificación									
	Puntaje	Lavalle	Merliz	Arequipa	Elegant	Málaga	Apurímac	Piura	Pimienta	Levita
Descarga de mucus vaginal	3	0	3	3	3	3	3	3	0	0
Flehmen	3	0	0	3	3	3	0	0	0	0
Inquietud	4	0	4	4	4	4	0	0	0	0
Monta moviéndose	10	0	0	10	10	0	0	0	0	0
Olfateo de la vagina a otra vaca	10	0	0	10	0	0	0	0	0	0
Apoyo de la mentón en otra vaca	15	0	0	0	0	15	0	0	15	15
Monta(o intento) a otra vaca	35	35	0	0	0	0	0	0	0	0
Monta lateral o por cabeza a otra vaca	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acepta la monta	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Acumulado		135	107	130	120	125	103	103	115	115

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA N° 15:**  
**REGISTRO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESTRO A LA HORA 6**

Características externas del estro	Escala de calificación									
	Puntaje	Samsung	Begonia	Yolita	Pamela	Ildiva	Lola	Loreto	Chocolate	Vilma
Descarga de mucus vaginal	3	0	0	3	3	3	0	0	0	3
Flehmen	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Inquietud	4	0	0	4	0	4	0	4	0	0
Monta moviéndose	10	10	0	10	0	10	10	0	10	0
Olfateo de la vagina a otra vaca	10	10	0	0	0	10	10	0	0	0
Apoyo de la mentón en otra vaca	15	15	15	15	0	0	15	0	0	0
Monta(o intento) a otra vaca	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monta lateral o por cabeza a otra vaca	45	0	0	0	45	0	0	0	0	0
Acepta la monta	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Acumulado		135	115	135	148	127	135	104	110	103

Características externas del estro	Escala de calificación									
	Puntaje	Lavalle	Merliz	Arequipa	Elegant	Málaga	Apurímac	Piura	Pimienta	Levita
Descarga de mucus vaginal	3	0	0	0	3	0	3	3	0	3
Flehmen	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Inquietud	4	0	0	4	0	4	4	4	4	4
Monta moviéndose	10	0	0	0	0	10	10	10	10	0
Olfateo de la vagina a otra vaca	10	0	0	0	0	10	10	0	10	0
Apoyo de la mentón en otra vaca	15	0	15	0	0	0	0	0	0	0
Monta(o intento) a otra vaca	35	35	0	0	0	0	0	0	0	0
Monta lateral o por cabeza a otra vaca	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acepta la monta	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Acumulado		135	115	104	103	124	127	120	124	107

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA N° 16:**  
**REGISTRO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESTRO A LA HORA 12**

Características externas del estro	Escala de calificación									
	Puntaje	Samsung	Begonia	Yolita	Pamela	Ildiva	Lola	Loreto	Chocolate	Vilma
Descarga de mucus vaginal	3	3	3	3	0	0	0	3	0	3
Flehmen	3	3	3	3	0	0	0	3	0	3
Inquietud	4	4	4	4	4	0	0	4	4	4
Monta moviéndose	10	10	10	0	0	0	10	0	10	10
Olfateo de la vagina a otra vaca	10	10	0	0	10	10	10	0	10	0
Apoyo de la mentón en otra vaca	15	15	0	15	15	15	15	15	15	15
Monta(o intento) a otra vaca	35	0	0	0	0	0	35	35	35	0
Monta lateral o por cabeza a otra vaca	45	0	0	45	45	45	0	0	0	0
Acepta la monta	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Acumulado		145	120	170	174	170	170	160	174	135

Características externas del estro	Escala de calificación									
	Puntaje	Lavalle	Merliz	Arequipa	Elegant	Málaga	Apurímac	Piura	Pimienta	Levita
Descarga de mucus vaginal	3	0	0	3	0	0	0	3	0	0
Flehmen	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inquietud	4	4	0	4	0	4	3	4	0	0
Monta moviéndose	10	10	0	0	0	10	0	0	10	0
Olfateo de la vagina a otra vaca	10	0	0	10	0	10	0	0	10	0
Apoyo de la mentón en otra vaca	15	15	15	15	15	0	0	0	15	15
Monta(o intento) a otra vaca	35	35	35	0	0	0	0	0	0	0
Monta lateral o por cabeza a otra vaca	45	0	0	45	0	0	0	45	0	0
Acepta la monta	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Acumulado		164	150	177	115	124	103	152	135	115

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA N° 17:**  
**REGISTRO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESTRO A LA HORA 18**

Características externas del estro	Escala de calificación									
	Puntaje	Samsung	Begonia	Yolita	Pamela	Ildiva	Lola	Loreto	Chocolate	Vilma
Descarga de mucus vaginal	3	3	3	0	0	3	0	0	0	0
Flehmen	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Inquietud	4	4	4	0	0	4	4	0	4	4
Monta moviéndose	10	10	10	0	10	0	10	0	10	0
Olfateo de la vagina a otra vaca	10	0	0	0	10	10	10	0	10	0
Apoyo de la mentón en otra vaca	15	15	15	0	15	15	0	0	0	0
Monta(o intento) a otra vaca	35	0	0	35	0	0	0	35	0	0
Monta lateral o por cabeza a otra vaca	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acepta la monta	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acumulado		32	32	35	35	35	24	35	24	4

Características externas del estro	Escala de calificación									
	Puntaje	Lavalle	Merliz	Arequipa	Elegant	Málaga	Apurímac	Piura	Pimienta	Levita
Descarga de mucus vaginal	3	3	0	0	0	0	0	3	0	0
Flehmen	3	3	0	0	0	0	0	3	0	0
Inquietud	4	4	4	0	4	4	0	4	0	4
Monta moviéndose	10	10	10	0	10	0	10	0	0	0
Olfateo de la vagina a otra vaca	10	0	10	0	10	0	10	10	10	0
Apoyo de la mentón en otra vaca	15	15	15	0	15	15	0	15	15	0
Monta(o intento) a otra vaca	35	0	0	35	0	0	0	0	0	0
Monta lateral o por cabeza a otra vaca	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acepta la monta	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acumulado		35	39	35	39	19	20	35	25	4

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 18:**  
**REGISTRO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESTRO A LA HORA 24**

Características externas del estro	Escala de calificación									
	Puntaje	Samsung	Begonia	Yolita	Pamela	Ildiva	Lola	Loreto	Chocolate	Vilma
Descarga de mucus vaginal	3	0	0	0	0	3	0	3	0	3
Flehmen	3	0	0	0	0	3	0	3	0	0
Inquietud	4	0	4	0	4	4	4	4	4	0
Monta moviéndose	10	10	0	10	0	0	0	0	0	0
Olfateo de la vagina a otra vaca	10	0	0	0	10	0	10	0	10	0
Apoyo de la mentón en otra vaca	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monta(o intento) a otra vaca	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monta lateral o por cabeza a otra vaca	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acepta la monta	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acumulado		10	4	10	14	10	14	10	14	3

Características externas del estro	Escala de calificación									
	Puntaje	Lavalle	Merliz	Arequipa	Elegant	Málaga	Apurímac	Piura	Pimienta	Levita
Descarga de mucus vaginal	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0
Flehmen	3	0	0	3	0	0	0	0	3	3
Inquietud	4	4	4	4	0	0	3	3	0	4
Monta moviéndose	10	10	0	0	0	0	0	0	4	0
Olfateo de la vagina a otra vaca	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0
Apoyo de la mentón en otra vaca	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monta(o intento) a otra vaca	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monta lateral o por cabeza a otra vaca	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acepta la monta	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acumulado		14	4	10	3	10	3	3	7	7

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 19:**  
**REGISTRO DE CALIFICACIÓN PARA LA FORMACIÓN DE CRISTALES**  
**DE MOCO CERVICAL**

N°	VACA	HORA				
		0	6	12	18	24
1	Samsung	1	1	4	2	1
2	Begonia	0	2	3	3	2
3	Yolita	3	3	4	4	2
4	Pamela	1	2	4	4	3
5	Ildiva	1	2	4	4	2
6	Lola	1	3	4	4	4
7	Loreto	1	1	4	4	2
8	Chocolate	0	3	4	4	4
9	Vilma	2	2	4	3	1
10	Lavalle	4	3	4	4	3
11	Merliz	1	3	3	4	2
12	Arequipa	4	1	4	4	4
13	Elegant	2	1	2	4	1
14	Málaga	3	3	3	3	3
15	Apurímac	3	1	2	2	2
16	Piura	1	3	3	4	3
17	Pimienta	0	2	3	3	2
18	Levita	1	1	2	1	1

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA N° 20:**  
**REGISTRO DEL DIÁMETRO FOLICULAR OVÁRICO**

N°	Vaca	HORAS									
		0		6		12		18		24	
		OD	OI	OD	OI	OD	OI	OD	OI	OD	OI
1	Samsung	14,23	9,50	16,83	10,32	18,52	12,80	18,96	12,40	20,60	11,20
2	Begonia	15,81	0,00	16,23	0,00	17,56	0,00	18,83	0,00	18,23	0,00
3	Yolita	14,52	12,10	18,26	13,50	18,85	13,60	19,65	12,65	19,98	10,70
4	Pamela	14,80	0,00	16,53	0,00	19,23	0,00	19,56	0,00	18,12	0,00
5	Ildiva	13,83	0,00	16,60	0,00	18,83	0,00	19,25	0,00	19,25	0,00
6	Lola	13,77	12,78	17,30	13,50	18,82	13,60	18,70	13,35	19,40	13,85
7	Loreto	13,47	12,60	15,52	13,40	18,20	14,10	19,25	14,00	18,37	13,65
8	Chocolate	9,45	0,00	18,35	0,00	18,87	0,00	21,63	0,00	20,45	0,00
9	Vilma	12,02	10,40	12,07	11,22	15,35	14,12	17,37	10,87	14,72	6,62
10	Lavalle	18,77	12,00	18,97	13,05	20,72	13,30	21,07	12,95	21,25	11,62
11	Merliz	15,52	0,00	16,67	0,00	17,52	0,00	19,57	0,00	18,25	0,00
12	Arequipa	17,62	0,00	18,25	0,00	19,72	0,00	19,67	0,00	19,80	0,00
13	Elegant	8,65	12,35	11,90	14,90	9,35	15,07	9,10	15,95	8,84	14,80
14	Málaga	12,00	8,50	13,65	10,35	14,82	13,90	16,22	12,85	19,85	9,45
15	Apurímac	15,35	12,80	10,25	13,22	11,10	13,85	9,35	17,17	9,00	15,77
16	Piura	15,00	0,00	16,87	0,00	17,02	0,00	22,65	0,00	19,95	0,00
17	Pimienta	17,20	0,00	17,65	0,00	17,80	0,00	18,52	0,00	22,90	0,00
18	Levita	11,75	11,20	12,90	13,40	11,20	13,50	10,57	13,95	9,62	14,02

Fuente: Elaboración propia.



**ANEXO N° 3:**  
**RESULTADOS ESTADÍSTICOS CALCULADOS**

**TABLA N° 21:**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESTRO**

<b>Horas</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>24</b>
Media	119,61	120,61	147,39	28,17	8,33
Error típico	2,68	3,24	5,71	2,53	0,99
Mediana	117,50	122,00	151,00	33,50	10,00
Moda	135,00	135,00	170,00	35,00	10,00
Desviación estándar	11,39	13,75	24,22	10,72	4,20
Varianza de la muestra	129,66	189,19	586,37	114,97	17,65
Curtosis	-1,42	-0,96	-1,26	1,07	-1,43
Coficiente de asimetría	0,01	0,23	-0,41	-1,33	-0,02
Rango	32,00	45,00	74,00	35,00	11,00
Mínimo	103,00	103,00	103,00	4,00	3,00
Máximo	135,00	148,00	177,00	39,00	14,00
Suma	2153,00	2171,00	2653,00	507,00	150,00
Cuenta	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Nivel de confianza (95,0%)	5,66	6,84	12,04	5,33	2,09
Coficiente de variación (%)	10,00	11,00	16,00	38,00	50,00

**PRUEBA CHI – CUADRADO**

**TABLA N° 22:**  
**ESTADÍSTICA DE LA DESCARGA DE MUCUS VAGINAL**

<b>Horas</b>	<b>N observado</b>	<b>N esperada</b>	<b>Residuo</b>
0	11	7,6	3,4
6	8	7,6	0,4
12	7	7,6	-0,6
18	5	7,6	-2,6
24	7	7,6	-0,6
Total	38		

**Estadísticos de prueba**

	<b>Horas</b>
Chi-cuadrado	2,526 <sup>a</sup>
gl	4
Sig. asintótica	0,640

a. 0 casillas (0,0%) han esperado frecuencias menores que 5.  
La frecuencia mínima de casilla esperada es 7,6.

**TABLA N° 23:**  
**ESTADÍSTICA DEL REFLEJO DE FLEHMEN**

Horas	N observado	N esperada	Residuo
0	6	4,4	1,6
6	2	4,4	-2,4
12	6	4,4	1,6
18	3	4,4	-1,4
24	5	4,4	0,6
Total	22		

**Estadísticos de prueba**

	Horas
Chi-cuadrado	3,000 <sup>a</sup>
gl	4
Sig. asintótica	0,558

a. 5 casillas (100,0%) han esperado frecuencias menores que 5.  
La frecuencia mínima de casilla esperada es 4,4.

**TABLA N° 24:**  
**ESTADÍSTICA DE LA INQUIETUD**

Horas	N observado	N esperada	Residuo
0	8	10,0	-2,0
6	9	10,0	-1,0
12	11	10,0	1,0
18	12	10,0	2,0
24	10	10,0	0,0
Total	50		

**Estadísticos de prueba**

	Horas
Chi-cuadrado	1,000 <sup>a</sup>
gl	4
Sig. asintótica	0,910

a. 0 casillas (0,0%) han esperado frecuencias menores que 5.  
La frecuencia mínima de casilla esperada es 10,0.

**TABLA N° 25:**  
**ESTADÍSTICA DE LA MONTA MOVIÉNDOSE**

Horas	N observado	N esperada	Residuo
0	9	7,6	1,4
6	9	7,6	1,4
12	8	7,6	0,4
18	9	7,6	1,4
24	3	7,6	-4,6
Total	38		

**Estadísticos de prueba**

	Horas
Chi-cuadrado	3,579 <sup>a</sup>
gl	4
Sig. asintótica	0,466
a. 0 casillas (0,0%) han esperado frecuencias menores que 5. La frecuencia mínima de casilla esperada es 7,6.	

**TABLA N° 26**  
**ESTADÍSTICA DEL OLFATEO DE LA VAGINA A OTRA VACA**

Horas	N observado	N esperada	Residuo
0	4	6,2	-2,2
6	6	6,2	-0,2
12	8	6,2	1,8
18	9	6,2	2,8
24	4	6,2	-2,2
Total	31		

**Estadísticos de prueba**

	Horas
Chi-cuadrado	3,355 <sup>a</sup>
gl	4
Sig. asintótica	0,500

a. 0 casillas (0,0%) han esperado frecuencias menores que 5.  
La frecuencia mínima de casilla esperada es 6,2.

**TABLA N° 27**  
**ESTADÍSTICA DEL APOYO DEL MENTÓN A OTRA VACA**

Horas	N observado	N esperada	Residuo
0	7	9,0	-2,0
6	5	9,0	-4,0
12	14	9,0	5,0
18	10	9,0	1,0
24	36		

**Estadísticos de prueba**

	Horas
Chi-cuadrado	5,111 <sup>a</sup>
gl	3
Sig. asintótica	0,164

a. 0 casillas (0,0%) han esperado frecuencias menores que 5.  
La frecuencia mínima de casilla esperada es 9,0.

**TABLA N° 28:**  
**ESTADÍSTICA DE LA MONTA (O INTENTO) A OTRA VACA**

Horas	N observado	N esperada	Residuo
0	1	2,5	-1,5
6	1	2,5	-1,5
12	5	2,5	2,5
18	3	2,5	0,5
24	10		

**Estadísticos de prueba**

	Horas
Chi-cuadrado	4,400 <sup>a</sup>
gl	3
Sig. asintótica	0,221

a. 4 casillas (100,0%) han esperado frecuencias menores que 5.  
La frecuencia mínima de casilla esperada es 2,5.

**TABLA N° 29:**  
**ESTADÍSTICA DE MONTA LATERAL O POR LA CABEZA A OTRA VACA**

Horas	N observado	N esperada	Residuo
6	1	3,0	-2,0
12	5	3,0	2,0
Total	6		

**Estadísticos de prueba**

	Horas
Chi-cuadrado	2,667 <sup>a</sup>
gl	1
Sig. asintótica	0,102

a. 2 casillas (100,0%) han esperado frecuencias menores que 5.  
La frecuencia mínima de casilla esperada es 3,0.

**TABLA N° 30:**  
**ESTADÍSTICA DE ACEPTACIÓN DE LA MONTA**

Horas	N observado	N esperada	Residuo
0	18	18,0	0,0
6	18	18,0	0,0
12	18	18,0	0,0
Total	54		

**Estadísticos de prueba**

	Horas
Chi-cuadrado	0,000 <sup>a</sup>
gl	2
Sig. asintótica	1,000

a. 0 casillas (0,0%) han esperado frecuencias menores que 5.  
La frecuencia mínima de casilla esperada es 18,0.

**TABLA N° 31:**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LA FORMACIÓN DE CRISTALES DEL**  
**MOCO CERVICAL**

<b>Horas</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>24</b>
Media	1,61	2,06	3,39	3,33	2,33
Error típico	0,30	0,21	0,18	0,21	0,24
Mediana	1,00	2,00	4,00	4,00	2,00
Moda	1,00	3,00	4,00	4,00	2,00
Desviación estándar	1,29	0,87	0,78	0,91	1,03
Varianza de la muestra	1,66	0,76	0,60	0,82	1,06
Curtosis	-0,65	-1,73	-0,71	1,08	-0,87
Coefficiente de asimetría	0,65	-0,12	-0,85	-1,30	0,32
Rango	4,00	2,00	2,00	3,00	3,00
Mínimo	0,00	1,00	2,00	1,00	1,00
Máximo	4,00	3,00	4,00	4,00	4,00
Suma	29,00	37,00	61,00	60,00	42,00
Cuenta	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Nivel de confianza (95,0%)	0,64	0,43	0,39	0,45	0,51
Coefficiente de variación (%)	80,00	42,00	23,00	27,00	44,00

### PRUEBA CHI – CUADRADO

[1] Tablas de contingencia: Tablas MXN

Número de filas: 5

Número de columnas: 5

Filas y columnas: Nominales

Frecuencias observadas

	1	2	3	4	5	Total
1	3	0	0	0	0	3
2	8	6	0	1	4	19
3	2	5	3	2	7	19
4	3	7	5	5	4	24
5	2	0	10	10	3	25
Total	18	18	18	18	18	90

Existen una o varias celdas con frecuencia 0 y, por tanto, no se presentan algunos resultados

% de celdas con frecuencia esperada <5: 80,0%

Prueba Chi-cuadrado de Pearson

Chi-cuadrado	gl	Valor p
48,1702	16	0,0000

Prueba de razón de verosimilitudes

Chi-cuadrado	gl	Valor p
-	16	-

Medidas de asociación para variables nominales

Estimación	
Coefficiente de contingencia	0,5904
Coefficiente V de Cramer	0,3658

Tau de Goodman y Kruskal	
Filas/columnas	0,1338
Columnas/Filas	0,1359

**TABLA N° 32:**  
**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA MEDICIÓN DEL DIÁMETRO**  
**FOLICULAR DE OVARIOS**

Horas	0	6	12	18	24
Media	14,13	16,18	17,46	18,78	18,65
Error típico	0,56	0,47	0,49	0,49	0,57
Mediana	14,03	16,64	18,00	19,11	19,33
Moda	#N/A	#N/A	#N/A	19,25	#N/A
Desviación estándar	2,36	2,00	2,09	2,09	2,42
Varianza de la muestra	5,55	3,99	4,37	4,36	5,86
Curtosis	-0,02	-0,49	-0,63	0,71	-0,21
Coefficiente de asimetría	0,12	-0,67	-0,62	-0,45	-0,58
Rango	9,32	6,90	7,22	8,70	8,88
Mínimo	9,45	12,07	13,50	13,95	14,02
Máximo	18,77	18,97	20,72	22,65	22,90
Suma	254,36	291,27	314,25	337,97	335,71
Cuenta	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Nivel de confianza (95,0%)	1,17	0,99	1,04	1,04	1,20
Coefficiente de variación (%)	17,00	12,00	12,00	11,00	13,00

## PRUEBA CHI – CUADRADO

[1] Tablas de contingencia: Tablas MXN

Número de filas: 2

Número de columnas: 5

Filas y columnas: Nominales

Frecuencias observadas

	1	2	3	4	5	Total
1	15	12	5	3	4	39
2	3	6	13	15	14	51
Total	18	18	18	18	18	90

% de celdas con frecuencia esperada <5: 0.0%

Prueba Chi-cuadrado de Pearson

Chi-cuadrado	gl	Valor p
25,9729	4	0,0000

Prueba de razón de verosimilitudes

Chi-cuadrado	gl	Valor p
27,4671	4	0,0000

Medidas de asociación para variables nominales

Estimación

Coefficiente de contingencia	0,4732
Coefficiente V de Cramer	0,5372

Tau de Goodman y Kruskal

Filas/columnas	0,0721
Columnas/Filas	0,2886

**TABLA N° 33:**  
**SIMULACIÓN DE MUESTREO DE LA CORRELACIÓN**  
**BIVARIADA PARA LA HORA 0**

		C.E	F.C	T.F		
C.E	Correlación de Pearson		1	0,318	0,303	
	Sig. (bilateral)			0,199	0,222	
	N		18	18	18	
	Simulación de muestreo <sup>c</sup>	Sesgo		0	-0,010	-0,014
		Desv. Error		0	0,239	0,210
		Intervalo de confianza al 95%	Inferior	1	-0,278	-0,158
Superior			1	0,730	0,647	
F.C	Correlación de Pearson		0,318	1	0,276	
	Sig. (bilateral)		0,199		0,267	
	N		18	18	18	
	Simulación de muestreo <sup>c</sup>	Sesgo		- 0,010	0	-0,055
		Desv. Error		0,239	0	0,325
		Intervalo de confianza al 95%	Inferior	- 0,278	1	-0,557
Superior			0,730	1	0,702	
T.F	Correlación de Pearson		0,303	0,276	1	
	Sig. (bilateral)		0,222	0,267		
	N		18	18	18	
	Simulación de muestreo <sup>c</sup>	Sesgo		- 0,014	-0,055	0
		Desv. Error		0,210	0,325	0
		Intervalo de confianza al 95%	Inferior	- 0,158	0,557	1
Superior			0,647	0,702	1	
c. A menos que se indique lo contrario, los resultados de la simulación de muestreo se basan en 1000 muestras de simulación de muestreo						

**TABLA N° 34:**  
**SIMULACIÓN DE MUESTREO DE LA CORRELACIÓN**  
**BIVARIADA PARA LA HORA 6**

		C.E	F.C	T.F		
C.E	Correlación de Pearson		1	0,360	0,360	
	Sig. (bilateral)			0,143	0,142	
	N		18	18	18	
	Simulación de muestreo <sup>c</sup>	Sesgo		0	0,008	-0,001
		Desv. Error		0	0,205	0,204
		Intervalo de confianza al 95%	Inferior	1	-0,049	-0,081
Superior			1	0,748	0,705	
F.C	Correlación de Pearson		0,360	1	0,397	
	Sig. (bilateral)		0,143		0,103	
	N		18	18	18	
	Simulación de muestreo <sup>c</sup>	Sesgo		0,008	0	-0,006
		Desv. Error		0,205	0	0,204
		Intervalo de confianza al 95%	Inferior	- 0,049	1	-0,032
Superior			0,748	1	0,752	
T.F	Correlación de Pearson		0,360	0,397	1	
	Sig. (bilateral)		0,142	0,103		
	N		18	18	18	
	Simulación de muestreo <sup>c</sup>	Sesgo		- 0,001	-0,006	0
		Desv. Error		0,204	0,204	0
		Intervalo de confianza al 95%	Inferior	- 0,081	-0,032	1
Superior			0,705	0,752	1	
c. A menos que se indique lo contrario, los resultados de la simulación de muestreo se basan en 1000 muestras de simulación de muestreo						

**TABLA N° 35:**  
**SIMULACIÓN DE MUESTREO DE LA CORRELACIÓN**  
**BIVARIADA PARA LA HORA 12**

		C.E	F.C	T.F		
C.E	Correlación de Pearson		1	0,857**	0,872**	
	Sig. (bilateral)			0,000	,000	
	N		18	18	18	
	Simulación de muestreo <sup>c</sup>	Sesgo		0	-0,009	-0,003
		Desv. Error		0	0,075	0,057
		Intervalo de confianza al 95%	Inferior	1	0,673	0,731
Superior			1	0,955	0,966	
F.C	Correlación de Pearson		0,857**	1	0,813**	
	Sig. (bilateral)		0,000		0,000	
	N		18	18	18	
	Simulación de muestreo <sup>c</sup>	Sesgo		-0,009	0	-0,009
		Desv. Error		0,075	0	0,117
		Intervalo de confianza al 95%	Inferior	0,673	1	0,489
Superior			0,955	1	0,956	
T.F	Correlación de Pearson		0,872**	0,813**	1	
	Sig. (bilateral)		0,000	0,000		
	N		18	18	18	
	Simulación de muestreo <sup>c</sup>	Sesgo		-0,003	-0,009	0
		Desv. Error		0,057	0,117	0
		Intervalo de confianza al 95%	Inferior	0,731	0,489	1
Superior			0,966	0,956	1	
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).						
c. A menos que se indique lo contrario, los resultados de la simulación de muestreo se basan en 1000 muestras de simulación de muestreo						

**TABLA N° 36:**  
**SIMULACIÓN DE MUESTREO DE LA CORRELACIÓN**  
**BIVARIADA PARA LA HORA 18**

		C.E	F.C	T.F		
C.E	Correlación de Pearson		1	0,713**	0,581*	
	Sig. (bilateral)			0,001	0,011	
	N		18	18	18	
	Simulación de muestreo <sup>c</sup>	Sesgo		0	-0,001	-0,019
		Desv. Error		0	0,150	0,227
		Intervalo de confianza al 95%	Inferior	1	0,372	0,038
			Superior	1	0,952	0,890
F.C	Correlación de Pearson		0,713**	1	0,669**	
	Sig. (bilateral)		0,001		0,002	
	N		18	18	18	
	Simulación de muestreo <sup>c</sup>	Sesgo		-0,001	0	-0,024
		Desv. Error		0,150	0	0,181
		Intervalo de confianza al 95%	Inferior	0,372	1	0,229
			Superior	0,952	1	0,905
T.F	Correlación de Pearson		0,581*	0,669**	1	
	Sig. (bilateral)		0,011	0,002		
	N		18	18	18	
	Simulación de muestreo <sup>c</sup>	Sesgo		-0,019	-0,024	0
		Desv. Error		0,227	0,181	0
		Intervalo de confianza al 95%	Inferior	0,038	0,229	1
			Superior	0,890	0,905	1

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

\* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

c. A menos que se indique lo contrario, los resultados de la simulación de muestreo se basan en 1000 muestras de simulación de muestreo

**TABLA N° 37:**  
**SIMULACIÓN DE MUESTREO DE LA CORRELACIÓN**  
**BIVARIADA PARA LA HORA 24**

		C.E	F.C	T.F		
C.E	Correlación de Pearson		1	0,599**	0,521*	
	Sig. (bilateral)			0,009	0,027	
	N		18	18	18	
	Simulación de muestreo <sup>c</sup>	Sesgo		0	-0,001	0,002
		Desv. Error		0	0,151	0,169
		Intervalo de confianza al 95%	Inferior	1	0,229	0,145
			Superior	1	0,836	0,815
F.C	Correlación de Pearson		0,599**	1	0,529*	
	Sig. (bilateral)		0,009		0,024	
	N		18	18	18	
	Simulación de muestreo <sup>c</sup>	Sesgo		-0,001	0	-0,010
		Desv. Error		0,151	0	0,189
		Intervalo de confianza al 95%	Inferior	0,229	1	0,125
			Superior	0,836	1	0,844
T.F	Correlación de Pearson		0,521*	0,529*	1	
	Sig. (bilateral)		0,027	0,024		
	N		18	18	18	
	Simulación de muestreo <sup>c</sup>	Sesgo		0,002	-0,010	0
		Desv. Error		0,169	0,189	0
		Intervalo de confianza al 95%	Inferior	0,145	0,125	1
			Superior	0,815	0,844	1
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).						
*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).						
c. A menos que se indique lo contrario, los resultados de la simulación de muestreo se basan en 1000 muestras de simulación de muestreo						

**TABLA N° 38:  
CORRELACIÓN CANÓNICA A LA HORA 0**

	Correlación	Autovalor	Estadístico de Wilks	F	Número D.F	Denominador D.F.	Sig.
1	0,388	0,178	0,849	.	.	.	.

H0 de prueba de Wilks significa que las correlaciones de la fila actual y las siguientes son cero.

**TABLA N° 39:  
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN CANÓNICA  
POR CONJUNTO A LA HORA 0**

<b>Conjunto 1</b>	
Variable	1
C.E	1,000
<b>Conjunto 2</b>	
Variable	1
F.C	0,652
T.F	0,599
<b>Conjunto 1</b>	
Variable	1
C.E	0,088
<b>Conjunto 2</b>	
Variable	1
F.C	0,505
T.F	0,254

**TABLA N° 40:  
CARGA CANÓNICA POR CONJUNTO A LA HORA 0**

<b>Conjunto 1</b>	
Variable	1
C.E	1,000
<b>Conjunto 2</b>	
Variable	1
F.C	0,817
T.F	0,780
<b>Conjunto 1</b>	
Variable	1
C.E	0,388
<b>Conjunto 2</b>	
Variable	1
F.C	0,318
T.F	0,303

**TABLA N° 41:  
CORRELACIÓN CANÓNICA A LA HORA 6**

	Correlación	Autovalor	Estadístico de Wilks	F	Número D.F	Denominador D.F.	Sig.
1	0,431	0,228	0,815	.	.	.	.

H0 de prueba de Wilks significa que las correlaciones de la fila actual y las siguientes son cero.

**TABLA N° 42:  
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN CANÓNICA  
POR CONJUNTO A LA HORA 6**

<b>Conjunto 1</b>	
Variable	1
C.E	1,000
<b>Conjunto 2</b>	
Variable	1
F.C	0,597
T.F	0,599
<b>Conjunto 1</b>	
Variable	1
C.E	0,073
<b>Conjunto 2</b>	
Variable	1
F.C	0,685
T.F	0,300

**TABLA N° 43:  
CARGA CANÓNICA POR CONJUNTO A LA HORA 6**

<b>Conjunto 1</b>	
Variable	1
C.E	1,000
<b>Conjunto 2</b>	
Variable	1
F.C	0,835
T.F	0,836
<b>Conjunto 1</b>	
Variable	1
C.E	0,431
<b>Conjunto 2</b>	
Variable	1
F.C	0,360
T.F	0,360

**TABLA N° 44:  
CORRELACIÓN CANÓNICA A LA HORA 12**

	Correlación	Autovalor	Estadístico de Wilks	F	Número D.F	Denominador D.F.	Sig.
1	0,908	4,706	0,175	.	.	.	.

H0 de prueba de Wilks significa que las correlaciones de la fila actual y las siguientes son cero.

**TABLA N° 45:  
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN CANÓNICA  
POR CONJUNTO A LA HORA 12**

<b>Conjunto 1</b>	
Variable	1
C.E	1,000
<b>Conjunto 2</b>	
Variable	1
F.C	0,481
T.F	0,569
<b>Conjunto 1</b>	
Variable	1
C.E	0,041
<b>Conjunto 2</b>	
Variable	1
F.C	0,618
T.F	0,272

**TABLA N° 46:  
CARGA CANÓNICA POR CONJUNTO A LA HORA 12**

<b>Conjunto 1</b>	
Variable	1
C.E	1,000
<b>Conjunto 2</b>	
Variable	1
F.C	0,944
T.F	0,960
<b>Conjunto 1</b>	
Variable	1
C.E	0,908
<b>Conjunto 2</b>	
Variable	1
F.C	0,857
T.F.	0,872

**TABLA N° 47:  
CORRELACIÓN CANÓNICA A LA HORA 18**

Correlaciones canónicas							
	Correlación	Autovalor	Estadístico de Wilks	F	Número D.F	Denominador D.F.	Sig.
1	0,727	1,121	0,472	.	.	.	.

H0 de prueba de Wilks significa que las correlaciones de la fila actual y las siguientes son cero.

**TABLA N° 48:  
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN CANÓNICA  
POR CONJUNTO A LA HORA 18**

Conjunto 1	
Variable	1
C.E	1,000
Conjunto 2	
Variable	1
F.C	0,808
T.F	0,259
Conjunto 1	
Variable	1
C.E	0,093
Conjunto 2	
Variable	1
F.C	0,890
T.F	0,124

**TABLA N° 49:  
CARGA CANÓNICA POR CONJUNTO A LA HORA 18**

Conjunto 1	
Variable	1
C.E	1,000
Conjunto 2	
Variable	1
F.C	0,981
T.F	0,800
Conjunto 1	
Variable	1
C.E	0,727
Conjunto 2	
Variable	1
F.C	0,713
T.F	0,581

**TABLA N° 50:  
CORRELACIÓN CANÓNICA A LA HORA 24**

Correlaciones canónicas							
	Correlación	Autovalor	Estadístico de Wilks	F	Número D.F	Denominador D.F.	Sig.
1	0,645	0,713	0,584	.	.	.	.

H0 de prueba de Wilks significa que las correlaciones de la fila actual y las siguientes son cero.

**TABLA N° 51:  
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN CANÓNICA  
POR CONJUNTO A LA HORA 24**

Conjunto 1	
Variable	1
C.E	1,000
Conjunto 2	
Variable	1
F.C	0,696
T.F	0,439
Conjunto 1	
Variable	1
C.E	0,238
Conjunto 2	
Variable	1
F.C	0,676
T.F	0,181

**TABLA N° 52:  
CARGA CANÓNICA POR CONJUNTO A LA HORA 24**

Conjunto 1	
Variable	1
C.E	1,000
Conjunto 2	
Variable	1
F.C	0,928
T.F	0,807
Conjunto 1	
Variable	1
C.E	0,645
Conjunto 2	
Variable	1
F.C	0,599
T.F	0,521



**ANEXO N° 4:**  
**CUADROS REFERENCIALES DE COMPARACIÓN**

**TABLA N° 53**

**PATRÓN PARA PUNTUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESTRO**

<b>SIGNOS DE ESTRO</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Descarga mucus vaginal	3
Flehmen	3
Inquietud	4
Monta moviéndose	10
Olfateo de la vagina a otra vaca	10
Apoyo del mentón en otra vaca	15
Monta (o intento) a otra vaca	35
Monta lateral o por la cabeza a otra vaca	45
Acepta la monta	100

**Fuente:** Adaptado de (van Eerdenburg *et al.*, 1996).

**TABLA N° 54**

**PATRÓN PARA LA CALIFICACIÓN DE LA FORMACIÓN DE CRISTALES**

<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>INTERPRETACIÓN</b>
0	Ésta puntuación, corresponde a la ausencia de formaciones cristalinas.
1	En ésta puntuación, solo encontramos formaciones de cristales atípicos.
2	En ésta puntuación, encontramos muchas formaciones de cristales atípicos y una pequeña porción de cristales típicos que son los que tienen forma de hoja de helecho (fern-like).
3	En ésta puntuación, encontramos muchas formaciones cristalinas típicas, clásicas de helecho (fern-like) y una pequeña porción de formaciones atípicas de cristales.
4	En ésta puntuación solo observamos las formaciones cristalinas típicas de forma de helecho (fern-like).

**Fuente:** Tsiligianni *et al.*, (2000).

**TABLA N° 55:**

**PATRÓN PARA DENOMINACIÓN FOLICULAR**

<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>INTERPRETACIÓN</b>
1	≤ 17 mm	Folículo pre-ovulatorio
2	> 17 mm - ≤ 24 mm	Folículo ovulatorio

**Fuente:** Gigli *et al.*, (2006).



**ANEXO N° 5:**  
**SECUENCIA FOTOGRÁFICA**

## LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

Fotografía N° 1: Centro de Experimentación



Fotografía N° 2: Establo Fundo América



## MATERIAL BIOLÓGICO

Fotografía N° 3: Corral de vacas en estro



Fotografía N° 4: Ejemplar de experimentación



## MÉTODO DE EVALUACIÓN

Fotografía N° 5: Visualización de las características externas del estro



Fotografía N° 6: Tumefacción de la vulva



Fotografía N° 7: Monta de vacas en estro



Fotografía N° 8: Toma de temperatura



Fotografía N° 9: Introducción de la pipeta de inseminación a la cérvix



Fotografía N° 10: Toma de muestra de moco cervical



Fotografía N° 11: Aspiración del moco de la cérvix



Fotografía N° 12: Conservación de la muestra de moco cervical



Fotografía N° 13: Ultrasonografía endorectal



Fotografía N° 14: Medición del diámetro folicular en ovarios



## MATERIALES DE LABORATORIO

Fotografía N° 15: Evaluación de moco cervical



Fotografía N° 16: Llenado de crioviales con muestra de moco cervical



Fotografía N° 17: Identificación de muestra



Fotografía N° 18: Toma de pH



Fotografía N° 19: Desarrollo de la técnica de contacto



Fotografía N° 20: Impronta presión por contacto

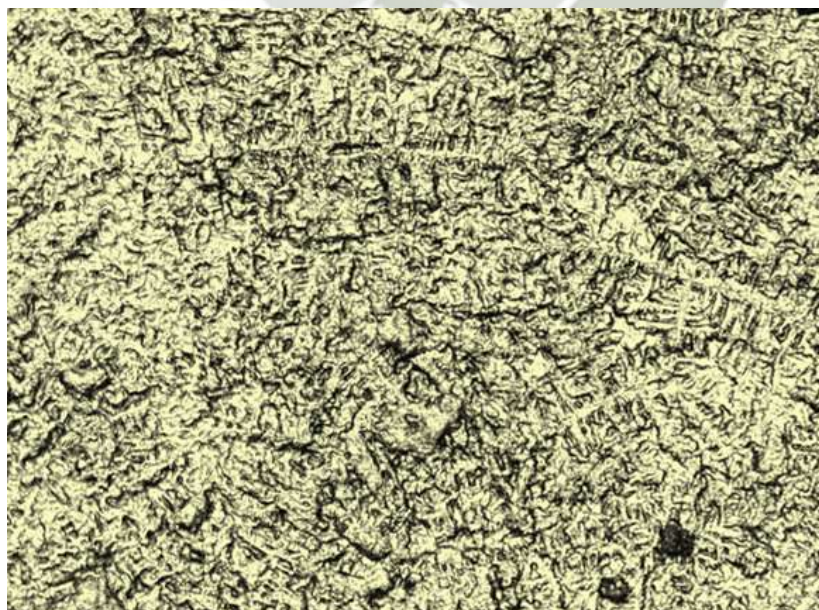


Fotografía N° 21: Calificación de formación de cristales



### **INTERPRETACIÓN DE MUESTRAS**

Fotografía N° 22: Calificación 0: Sin formación de cristales



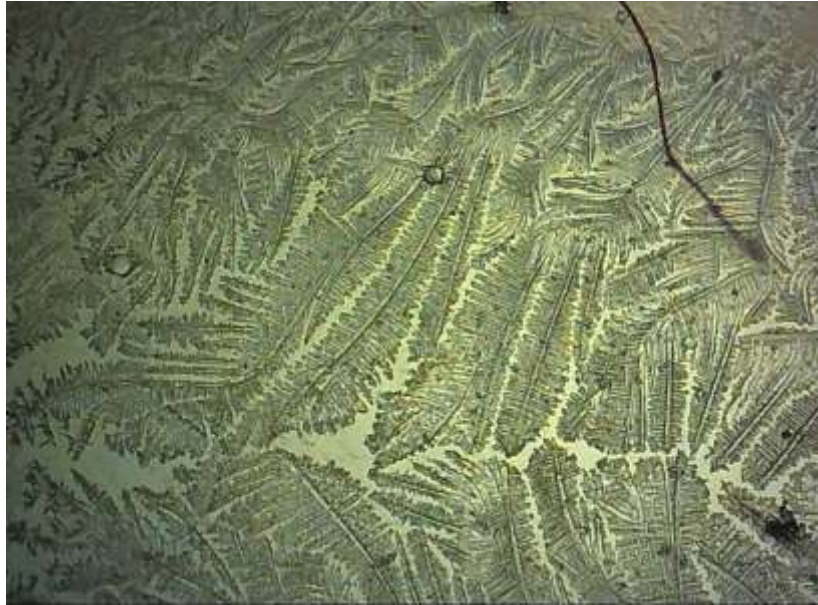
Fotografía N° 23: Calificación 01: Formación de cristales 100% atípicos



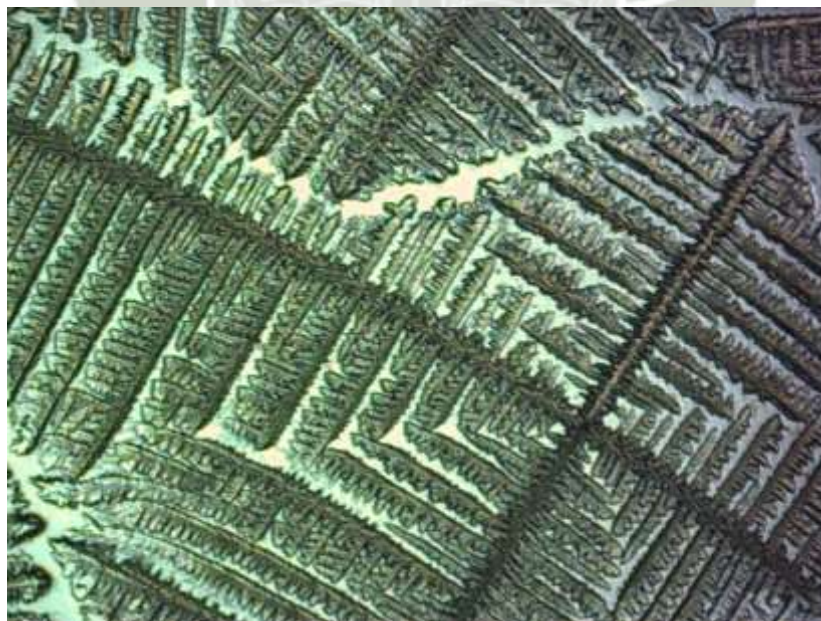
Fotografía N° 24: Calificación 02: formación de cristales más atípicos que típicos



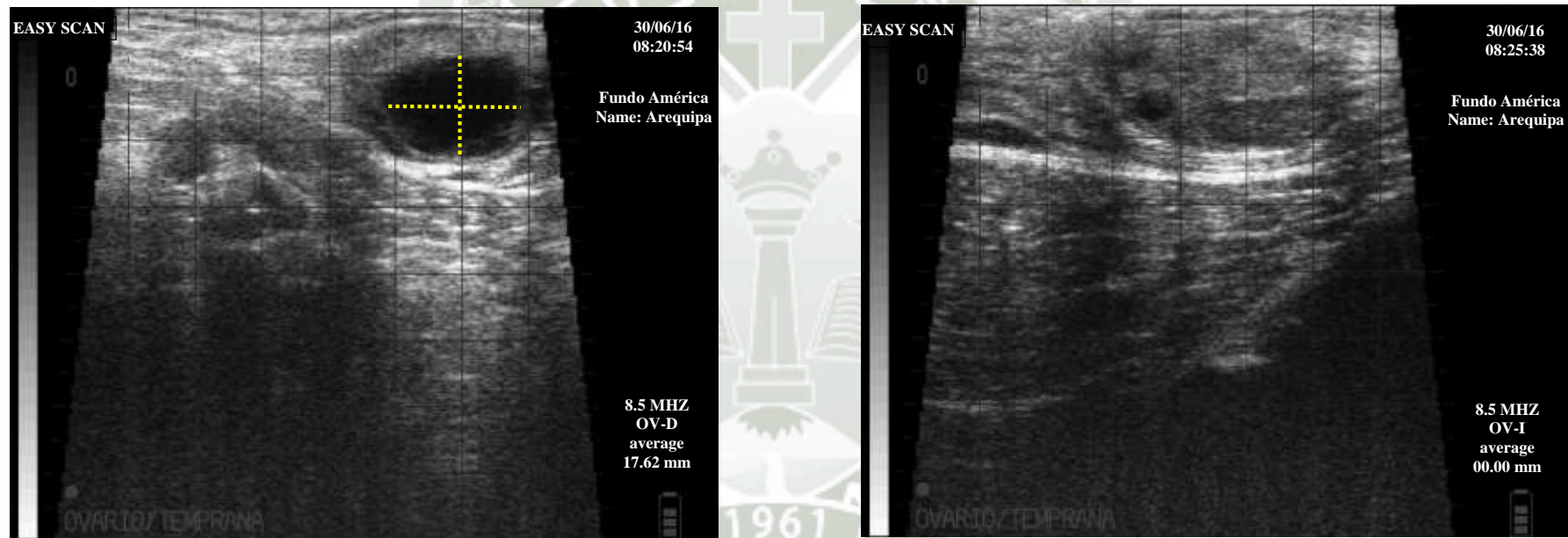
Fotografía N° 25: Calificación 03: Formación de cristales más típicos que atípicos



Fotografía N° 26: Calificación 04: formación de cristales 100% típicos



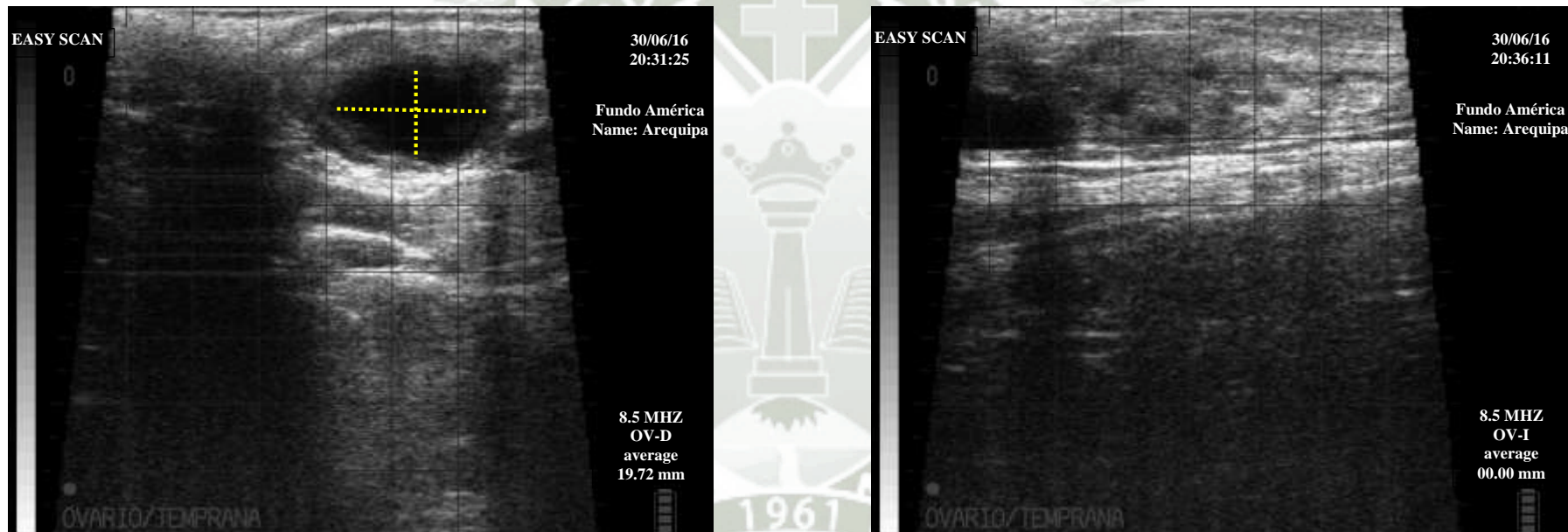
Fotografía N° 27: Interpretación ultrasonográfica del diámetro folicular del ovario derecho e izquierdo a la hora 0 del muestreo del ejemplar Arequipa.



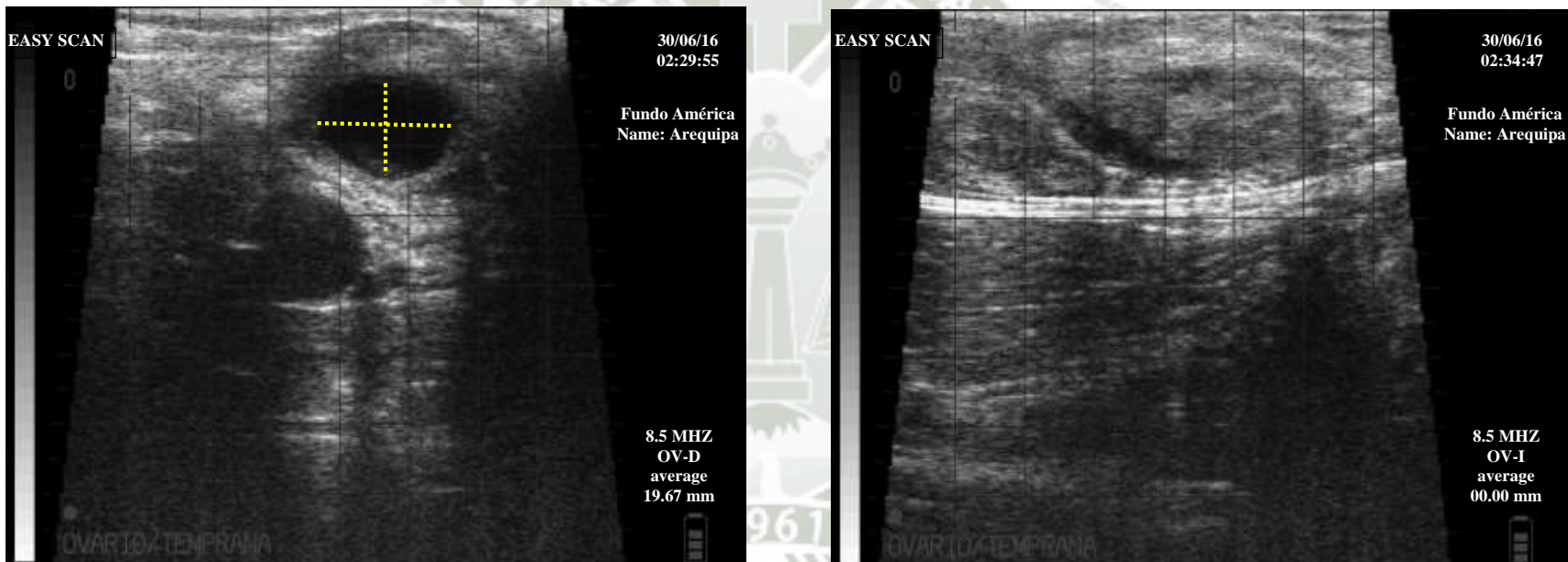
Fotografía N° 28: Interpretación ultrasonográfica del diámetro folicular del ovario derecho e izquierdo a la hora 6 del muestreo del ejemplar Arequipa



Fotografía N° 29: Interpretación ultrasonográfica del diámetro folicular del ovario derecho e izquierdo a la hora 12 del muestreo del ejemplar Arequipa.



Fotografía N° 30: Interpretación ultrasonográfica del diámetro folicular del ovario derecho e izquierdo a la hora 18 del muestreo del ejemplar Arequipa.



Fotografía N° 31: Interpretación ultrasonográfica del diámetro folicular del ovario derecho e izquierdo a la hora 24 del muestreo del ejemplar Arequipa.

