



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTILÁN**

**Influencia de las diferentes estaciones del año  
sobre el nivel productivo de leche y los  
parámetros reproductivos de un hato lechero  
comercial.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**P R E S E N T A:**

**Abraham López Oliva**

Asesor: M. en MVZ Héctor Reyes Soto  
Co-asesor: Dra. Ma. De los Ángeles Ortiz Rubio



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN  
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán.



Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos a comunicar a usted que revisamos **La Tesis:**

**Influencia de las diferentes estaciones del año sobre el nivel productivo de leche y los parámetros reproductivos de un hato lechero comercial.**

Que presenta el pasante: **ABRAHAM LÓPEZ OLIVA**

Con número de cuenta: **30813358-1** para obtener el Título de: **Médico Veterinario Zootecnista**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**

**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de noviembre de 2016.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	Dr. Armando Enrique Esperón Sumano	
<b>VOCAL</b>	M. en M.V.Z. Eusebio Valentino Villalobos García	
<b>SECRETARIO</b>	M. en M.V.Z. Héctor Reyes Soto	
<b>1er SUPLENTE</b>	M.V.Z. Gustavo Díaz Manríquez	
<b>2do SUPLENTE</b>	M.V.Z. Javier Donnaideu Zavala	

NOTA: Los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

En caso de que algún miembro del jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por anticipado al departamento.

(Art 127 REP)

LMCF/ntm\*

יג מְזוּיְנוּ מְלֵאִים מִפִּיקִים מִזֵּן אֶל זֵן צֹאנֵינוּ  
מְאֲלִיפֹת מְרֵבֹת בְּחוֹצוֹתֵינוּ:  
יד אֲלוֹפֵינוּ מְסֻבִּים אֵין פֶּרֶץ וְאֵין יוֹצֵאת וְאֵין  
צוֹחָה בְּרַחֲבֵינוּ:  
טו אֲשֶׁרֵי הָעַם שְׂכָכָה לוֹ אֲשֶׁרֵי הָעַם שִׁיהוּהָ  
אֱלֹהֵינוּ:

“Nuestros graneros están llenos, con alimentos de todo tipo. Nuestros rebaños se cuentan por miles, decenas de miles de animales pastan en nuestros campos. Nuestros bueyes están cargados de alimentos, no hay robos, ni infidelidad, ni gritos de violencia en nuestras calles. Felices son los que viven así. Bienaventurados aquellos que HaShem es su Dios”. Salmo 144: 12-15

## **Dedicatorias**

A Dios: Bendito eres Tú, Eterno, Dios nuestro, Soberano del universo, que nos has hecho vivir, nos has preservado y nos ha hecho llegar a este momento.

A mis padres Ricardo López y Elsa Oliva por ser fuente de inagotable amor. Estoy muy agradecido por todo lo que hacen por mí, por su trabajo y esfuerzos que han hecho durante todos estos años para apoyarme en todo momento y circunstancia, por creer en mí. Por darme esas palabras de aliento cuando los necesito, Gracias. Es un privilegio ser su hijo. Son los mejores padres, los amo.

A mi hermana Elsa: por su amor y motivación, por estar en las buenas y en las malas.

A mis abuelitos Juana Rodríguez y Francisco Oliva por su amor que me demostraron durante mi niñez y juventud.

A mis amigos por escuchar, reír y apoyarme.

A todos los que de una manera han formado parte de mi vida y me han apoyada para salir adelante.

## Agradecimientos

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM que me dio las herramientas para formarme como profesional.

A mis asesores Héctor Reyes y Ángeles Ortiz por su apoyo, conocimiento, **paciencia** y motivación. Pero en especial al Dr. Héctor por permitirme realizar la tesis con él, por compartir sus conocimientos, experiencias conmigo y dedicarme tiempo para poder realizar este trabajo.

A los miembros del jurado por su tiempo y esmero que tuvieron al realizar la revisión de este trabajo, por sus valiosas aportaciones de su conocimiento para la mejora de este.

A todos mis profesores que me prepararon profesionalmente y que algunos me brindaron su amistad.

A la Dra. Angélica Terrazas García por su gran apoyo que me brindo durante mi etapa como estudiante y por confiar en mí.

A mis amigos de la licenciatura que me brindaron su apoyo, compañerismo, ya que fueron parte clave para que lograra esta meta. A Eliyahu y Yejes por brindarme su amistad.

# Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>2</b>
2.1. Factores ambientales.....	2
2.1.1. Temperatura ambiental.....	2
2.1.2. Humedad Relativa.....	2
2.1.3. Índice de temperatura-humedad (THI) .....	2
2.2. Mecanismos de ganancia y pérdida de calor en las Vacas lecheras.....	3
2.2.1. Mecanismos de ganancia de calor.....	3
2.2.2. Mecanismos de pérdida de calor.....	3
2.3. Estrés calórico.....	4
2.3.1. Efectos del estrés calórico sobre los cambios fisiológicos y/o etológicos.....	4
2.3.2. Efecto del estrés calórico sobre el eje hipotálamo- Hipofisario-ovárico.....	6
2.3.3. Efecto del estrés calórico sobre el desarrollo folicular, la esteroidogenesis y la calidad del ovocito.....	6
2.3.4. Efecto del estrés calórico sobre la secreción de cortisol.....	8
2.4. Producción de Leche.....	9
2.4.1. Efecto del estrés calórico sobre el consumo de materia seca y rendimiento productivo.....	9
2.4.2. Efecto del estrés calórico sobre la producción de leche y sus componentes.....	10
2.4.3. Efecto del estrés calórico en vacas al término de la gestación e inicio de la lactancia.....	11
2.5. Parámetros reproductivos.....	12
2.5.1. Eficiencia en la detección de estro.....	12
2.5.1.1. Efecto del estrés calórico sobre la eficiencia en la detección de estro.....	13

2.5.2.	Tasa de concepción.....	13
2.5.2.1.	Efecto del estrés calórico sobre la Tasa de concepción.....	14
2.5.2.2.	Efecto del estrés calórico sobre la supervivencia embrionaria temprana.....	14
2.5.3.	Tasa de preñez.....	15
2.6.	Medidas para disminuir los efectos del estrés calórico.....	15
2.6.1.	Estrategias alimentarias.....	15
2.6.1.1.	Estrategias de manejo alimenticio para incrementar la Ingestión de alimentos.....	15
2.6.1.2.	Bebederos.....	16
2.6.2.	Sombras.....	17
2.6.3.	Ventilación.....	18
2.6.4.	Ventiladores.....	18
2.6.5.	Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (TAI) .....	19
2.6.6.	Uso de GnRH durante o pasado el estro.....	20
3.	HIPÓTESIS.....	22
4.	OBJETIVOS.....	22
5.	METODOLOGÍA.....	23
5.1.	Análisis estadístico.....	24
6.	RESULTADOS.....	25
7.	DISCUSIÓN.....	28
8.	CONCLUSIÓN.....	30
9.	REFERENCIAS.....	31

# 1. INTRODUCCIÓN

A pesar del avance genético mundial hacia la eficiencia lechera del ganado bovino, su condición depende en gran medida de la fertilidad, sin embargo la eficiencia reproductiva ha sufrido una dramática caída desde mediados de la década de 1980s hasta la fecha (Royal *et al.*, 2000; Lucy, 2001; Jordan, 2003; López-Gatius *et al.*, 2005; García-Ispierto *et al.*, 2007). La razón de esta disminución, es multifactorial y no pueden atribuirse únicamente a un aumento en la producción de leche, aunque en los últimos años se ha agravado el síndrome de “baja fertilidad de verano” en el hato lechero, debido al aumento simultáneo de calor metabólico debido a la producción láctea (Lucy, 2001; Jordan, 2003; Rensis y Scaramuzzi, 2003; Dobson *et al.*, 2007; Khodaei-Motlagh *et al.*, 2011).

La eficiencia productiva y reproductiva son vulnerables a las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, densidad poblacional, presencia de moscas, etc.) reinantes en el alojamiento de vacas lecheras y son de suma importancia para el confort animal, aunque no es sencillo cubrir estas demandas, el sistema inmune y el estado sanitario de los animal es afectado negativamente cuando estas necesidades no están correctamente satisfechas (Bohmanova *et al.*, 2007; Callejo, 2009; Thatcher *et al.*, 2010; Schüller *et al.*, 2014).

El estrés calórico de verano es un factor importante relacionado con la baja fertilidad en las vacas lecheras altas productoras, especialmente en países con clima cálido. La tensión térmica antes y después de la inseminación se ha asociado con la disminución de la fertilidad (Al-Katanami *et al.*, 2002; Dobson *et al.*, 2007; Bernabucci *et al.*, 2014; De Rensis *et al.*, 2015).

Existe un balance de calor corporal normal sólo cuando la ganancia neta de calor es igual a la pérdida neta de calor y hay diferencias entre vacas lecheras para mantener el calor corporal óptimo para los procesos productivos y funciones reproductivas. Los estímulos que desafían esta homeostasis son comúnmente llamados factores estresantes (Bohmanova *et al.*, 2007; Dobson *et al.*, 2007; Schüller *et al.*, 2014).

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Factores ambientales**

#### **2.1.1. Temperatura ambiental**

Es un factor muy importante para el confort de las vacas lecheras y debe existir un rango de temperatura ambiental óptima (0-24°C), para que las funciones fisiológicas y productivas sean eficientes (Kadzere *et al.*, 2002). La temperatura ambiental guarda una estrecha relación con la temperatura interna de las vacas, por lo que la eficiencia antes citada se realiza a una temperatura corporal dentro de límites estrechos de variación 38-39 °C. (Kadzere *et al.*, 2002; Jordan, 2003; West, 2003; Oberto *et al.*, 2006; Callejo, 2009; Thatcher *et al.*, 2010; De Rensis *et al.*, 2015).

#### **2.1.2. Humedad Relativa**

Es la cantidad de vapor de agua contenido en el aire y es expresada en porcentaje (Bohmanova *et al.*, 2007; Callejo, 2009; Dikmen y Hansen, 2009). Cuando esta es superior al 50%, la producción y la eficiencia reproductiva de las vacas lecheras es afectado negativamente (West, 2003; Schüller *et al.*, 2013; Schüller *et al.*, 2014).

Cuando la humedad relativa es excesivamente alta

- Hay dificultad para eliminar el calor corporal a través del incremento de la frecuencia respiratoria y la sudoración.
- Origina condensación de agua, generando humedad en el ambiente, lo que favorece la proliferación de microorganismos desencadenantes de enfermedades (neumonías, mastitis, metritis, cojeras, etc.) (Bohmanova *et al.*, 2007)

Por otra parte cuando la humedad relativa es excesivamente baja da lugar a un ambiente demasiado seco y aumenta el riesgo de problemas respiratorios debido a que existe más polvo en suspensión, incluso para los operarios (West, 2003; Callejo, 2009; Schüller *et al.*, 2013; Schüller *et al.*, 2014).

#### **2.1.3. Índice de temperatura-humedad (THI)**

Es un valor que representa los efectos combinados de temperatura y humedad del aire asociados con el nivel de tensión térmica. Este índice ha sido desarrollado

como un índice de seguridad con el tiempo para controlar y reducir las pérdidas relacionadas con el estrés calórico. El valor considerado como límite entre situaciones de confort y estrés es de 72 (West, 2003; Bohmanova *et al*, 2007).

El THI se calcula con la siguiente fórmula

$$\text{THI Máximo} = (0.8 \times T \text{ máxima} + (\text{HR mínima (\%)} / 100) \times (T \text{ máxima} - 14.4) + 46.4)$$

Dónde: T= Temperatura y HR= Humedad Relativa (García-Ispuerto *et al.*, 2007).

A partir de un THI de 72 o más en el ambiente, las vacas sometidas a este estrés y con 35 días antes hasta 6 días después de la inseminación, la tasa de concepción fue menor (30%) comparado con vacas que no fueron expuestas a este nivel de índice de temperatura humedad (40.3%) (Morton *et al.*, 2007).

## **2.2. Mecanismos de ganancia y pérdida de calor en las vacas lecheras**

Las vacas lecheras son animales homeotermos y ponen en marcha una serie de mecanismos térmicos, estos pueden ser físicos y/o fisiológicos, el efecto neto es equilibrar la ganancia y pérdida de calor (Berman, 2005; Bridges *et al*, 2005; Hansen, 2011.)

### **2.2.1. Mecanismos de ganancia de calor**

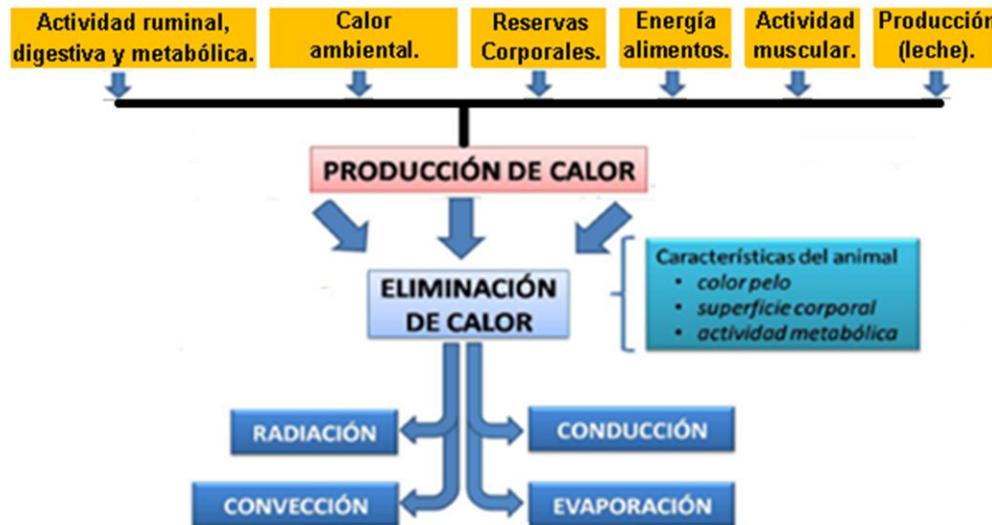
- Procesos fisiológicos (fermentación ruminal, digestión, metabolismo).
- Actividad muscular (caminar, rumiar, etc.).
- Calor generado en los procesos productivos
- Medio ambiente (temperatura)  
(Oberto *et al.*, 2006; Hansen, 2011; Bernabucci *et al*, 2014). Ver figura 1.

### **2.2.2. Mecanismos de pérdida de calor**

- Convección: es el intercambio calórico mediante el calentamiento del aire que choca con la vaca, cuando este aire se calienta se eleva y permite que aire nuevo y frío ocupe su lugar y se repita el proceso.
- Conducción: es el intercambio calórico por contacto físico, del más caliente al más frío.
- Radiación: es el intercambio calórico entre dos cuerpos por medio de ondas calóricas, del más caliente al más frío.

- Evaporación: el calor es eliminado por medio de vapor de agua en las mucosas del aparato respiratorio, sistema digestivo, sudor etc., (Berman, 2005; Oberto *et al.*, 2006; Hansen *et al.*, 2014). Ver figura 1.

**Figura 1**  
**ESQUEMA DE EQUILIBRIO ENTRE GANANCIA Y PÉRDIDA DE CALOR PARA MANTENER LAS FUNCIONES VITALES**



Modificado de Callejo, 2009

### 2.3. Estrés calórico

Es una condición que ocurre cuando el animal no es capaz de regular su temperatura corporal, ni de sobreponerse al calor existente, para mantener el equilibrio térmico del cuerpo, dando lugar a trastornos fisiológicos (West, 2003; Mujika, 2005; Bernabucci *et al.*, 2014; Hansen *et al.*, 2014). Cuando la temperatura rectal supera los 39.2 °C las vacas experimentan un estrés, este es el punto en el que la vaca incrementa su temperatura corporal adicional si se expone a nuevas fuentes de calor y humedad (Jordan, 2003; AlZahal *et al.*, 2007; Broucek *et al.*, 2009; Callejo, 2009; Dikmen y Hansen, 2009; Thatcher *et al.*, 2010; Bruijnjs *et al.*, 2013; Bernabucci *et al.*, 2014; De Rensis *et al.*, 2015).

#### 2.3.1. Efectos del estrés calórico sobre los cambios fisiológicos y/o etológicos

- Incrementa la frecuencia respiratoria (>35 respiraciones/minuto), como un intento de eliminar calor por evaporación, como consecuencia se pierde bióxido de carbono ocasionando una alcalosis respiratoria, para compensar

esta condición, el organismo aumenta la excreción de bicarbonato y disminuye su concentración en sangre y en la saliva. Además, durante el jadeo las vacas babea y pierden saliva, lo que constituye una pérdida adicional del efecto tampón en el rumen.

- Aumenta la necesidad de consumo de agua como un recurso de enfriamiento por conducción.
- Disminución de ingesta de alimentos como medida para no generar calor a través de los procesos de fermentación ruminal, digestión y metabolismo.
- Mayor incidencia de cojeras (más tiempo de pie).
- Existe una redistribución sanguínea provocando una vasodilatación periférica como intento de eliminar calor por evaporación por medio de glándulas sudoríparas y vías respiratorias etc., al mismo tiempo hay una perfusión sanguínea reducida hacia los órganos internos (vasoconstricción central).
- Se reduce la tasa de formación de leucocitos y linfocitos, lo que supone una pérdida de la capacidad inmunológica.
- Búsqueda de zonas sombreadas.
- Contacto con superficies y/o suelo frío.

(AlZahal *et al.*, 2007; Broucek *et al.*, 2009; Callejo, 2009; Dikmen y Hansen, 2009; Bruijnjs *et al.*, 2013; Bernabucci *et al.*, 2014; De Rensis *et al.*, 2015).

**Figura 2**  
**VACA CON SIGNOS DE ESTRÉS CALÓRICO**  
(Hernández, 2012)

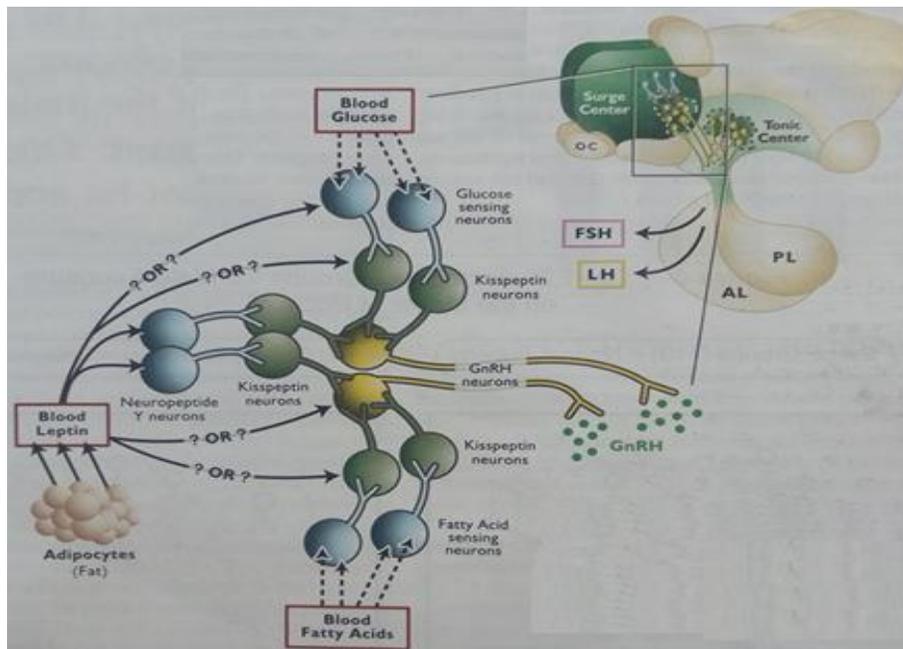


### 2.3.2. Efecto del estrés calórico sobre el eje hipotálamo-hipofisiario-ovárico

El balance energético negativo incrementado en el posparto bajo este tipo de estrés, disminuye la concentración plasmática de insulina, glucosa e IGF-I, leptina y el aumento en la concentración de ácidos grasos libres debido a la movilización de sus depósitos (Block *et al.*, 2003; Rensis y Scaramuzzi, 2003; Butler, 2006; Senger, 2012; Min *et al.*, 2015). Las respuestas anteriores actúan como una serie de señales inhibitorias para las neuronas hipotalámicas liberadoras de Kisspeptina, neuro-péptido encargado de activar la síntesis y liberación de neuronas productoras de GnRH y dar inicio a la actividad reproductiva pos parto figura 3 (Bernabucci *et al.*, 2010).

Figura 3.

### INTERACCIÓN DE LAS NEURONAS KISSEPTINA SOBRE EL HIPOTÁLAMO.



Las neuronas productoras de kisspeptina son las unidades integradoras de señales internas para activar la secreción de GnRH (Senger, 2012).

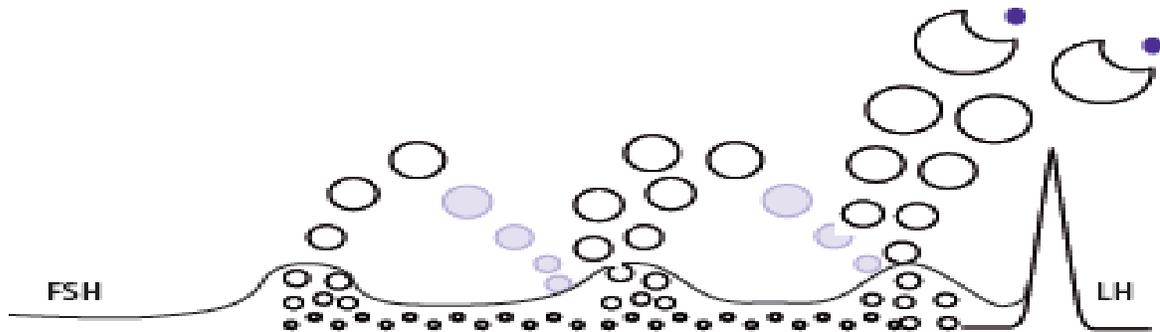
### 2.3.3. Efecto del estrés calórico sobre el desarrollo folicular, la esteroidogénesis y la calidad del ovocito.

Bajo estrés calórico existe una disminución en el flujo sanguíneo hacia el ovario y otros órganos reproductivos por lo que el aporte sanguíneo, sus nutrientes, sus hormonas y los factores de crecimiento están comprometidos para los folículos, por lo que tiene efectos potencialmente adversos sobre el crecimiento, maduración, la esteroidogénesis folicular y sobre la calidad de los ovocitos (Rensis

y Scaramuzzi, 2003; Bilby *et al.*, 2006<sup>a</sup>; Aerts y Bols, 2008; Ferreira *et al.*, 2011; Hansen J. 2011; Min *et al.*, 2015).

La FSH es una hormona gluco-proteica que normalmente se encarga del proceso de reclutamiento de folículos y su maduración, el folículo dominante libera estrógenos e inhibina ambas tienen efecto de retroalimentación negativa hacia FSH a nivel de adenohipofisis, el efecto es inhibir el desarrollo de folículos pequeños y subordinados. (Roth *et al.*, 2000; Rensis y Scaramuzzi 2003; Hansen J. 2011; Schüller *et al.*, 2014). La falta de estas hormonas provoca un retraso en la selección del folículo dominante, el grado de dominio de este folículo se reduce, no produce estrógenos e inhibina en cantidades suficientes y no inhibe el desarrollo de los folículos subordinados, estos sobreviven más tiempo y se demora la onda folicular, junto con un incremento en la concentración sanguínea de FSH, por lo tanto más de un folículo se puede desarrollar (figura 4), esto puede explicar el aumento de partos gemelares que pueden ser vistos en inseminaciones en épocas de calor (Aerts y Bols, 2008; Bilby *et al.*, 2011; Ferreira *et al.*, 2011; Khodaei-Motlagh *et al.*, 2011; Belasco *et al.*, 2015; De Rensis *et al.*, 2015).

**Figura 4**  
**ESTIMULO DE LA FSH SOBRE EL DESARROLLO FOLICULAR EN ÉPOCAS DE ESTRÉS CALÓRICO.**



Debido a la baja producción de estrógeno e inhibina, se da un incremento de la FSH la cual estimula el desarrollo de varios folículos en épocas de estrés calórico (Modificado de Hernández, 2012).

La LH es una hormona proteica encargada del crecimiento, maduración y su futura ovulación, durante el estrés calórico se afecta la esteoidogénesis del folículo dominante, los niveles plasmáticos de estradiol disminuyen, este es uno de los factores que contribuyen a la baja eficiencia en la detección de estros durante los meses calurosos del año (Bohmanova *et al.*, 2007; Schüller *et al.*, 2014).

Durante el verano y gran parte de otoño se han reportado concentraciones más bajas de esteroides en el fluido folicular asociadas con una reducción en la viabilidad de células granulosas, también una deficiencia en la actividad de la

enzima aromatasa (Roth *et al.*, 2000; Roth *et al.*, 2004). Evidencias indican que el desarrollo de ovocitos es directamente sensible a la temperatura y la mala calidad de estos reflejará su baja supervivencia embrionaria (Zeron *et al.*, 2001; Sartori *et al.*, 2002; De Rensis *et al.*, 2015).

### 2.3.4. Efecto del estrés calórico sobre la secreción de cortisol

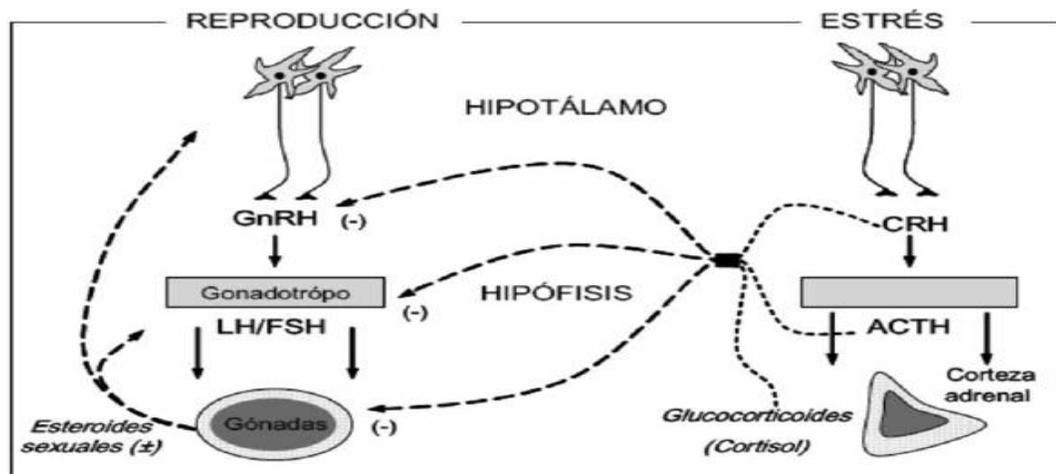
Este tipo de estrés provoca un aumento en la producción de cortisol (Karsch *et al.*, 2002; Colitti *et al.*, 2007; Mormède *et al.*, 2007; Vélez y Uribe, 2010). En un estudio se observó que en Verano se incrementan las concentraciones de cortisol tanto en vacas como en novillas Tabla 1.

**TABLA 1. CONCENTRACIONES DE CORTISOL EN DIFERENTES ÉPOCAS DEL AÑO** (Vélez y Uribe, 2010).

ANIMAL.	Concentración cortisol en invierno.	Concentración cortisol en verano.
NOVILLAS.	13.9 ± 0.8 nmol/L	21.4 ± 1.4 nmol/L
VACAS.	8.7 ng/ml	13 ng/ml

El cortisol inhibe la capacidad de respuesta de la adenohipofisis a los pulsos de GnRH (Breen y Karsch, 2003; Breen *et al.*, 2003). Asimismo, los glucocorticoides inhiben la secreción de LH y se reduce el efecto estimulador de retroalimentación positiva del estradiol sobre la secreción de LH como se ve en la figura 5 (Lucy, 2003).

**Figura 5**  
**ACTIVACIÓN DEL EJE HIPOTÁLAMO-HIPÓFISIS-ADRENAL POR ESTRÉS**



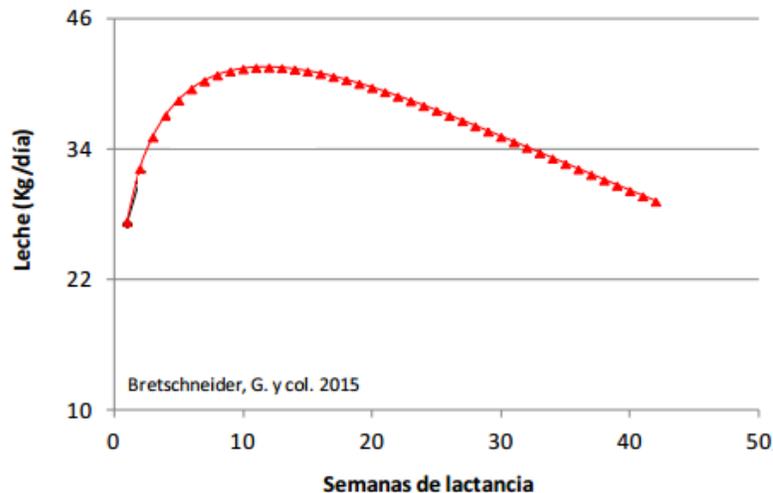
El estrés calórico activa el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, lo cual altera la reproducción de la vaca lechera (Vélez y Uribe, 2010).

## 2.4. Producción de Leche

La raza Holstein es la más productiva de todas las razas lecheras, en los EUA se estima la producción nacional promedio de 11 313 kg por lactancia en 305 días, encontrando hatos con rangos de los 10 000 a 12 000 kg/lactancia/vaca (West, 2003; Bretschneider *et al*, 2015). Existe una relación positiva entre el pico de producción y la persistencia de leche a lo largo de la lactancia, a medida que los litros de leche al pico incrementan, también incrementan los litros totales producidos por lactancia. En general, a partir del parto la producción incrementa rápidamente (tasa de ascenso) hasta alcanzar el pico (60-90días) e inmediatamente después de la misma desciende gradualmente (tasa de descenso) hasta llegar al final de la lactancia (figura 6) (Kadzere *et al.*, 2002; West, 2003).

Después de alcanzar el pico de rendimiento, la producción de cada mes debe ser aproximadamente el 90% de la del mes anterior, si la persistencia es satisfactoria. La persistencia varía entre vacas y entre lactancias (Bretschneider *et al*, 2015).

**Figura 6**  
**CURVA DE LACTANCIA**

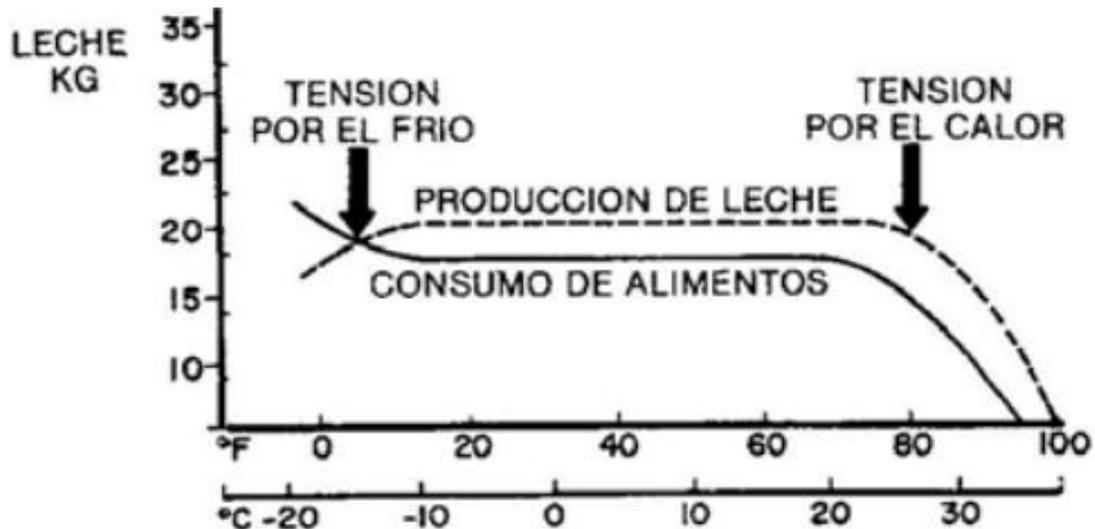


### 2.4.1. Efecto del estrés calórico sobre el consumo de materia seca y rendimiento productivo

Se ha demostrado que el estrés calórico afecta negativamente la producción, debido a que disminuye la ingesta de materia seca, una razón es que estimula el centro de la saciedad localizado en el hipotálamo provocando una reducción en el

consumo y por consiguiente un descenso en la producción (figura 7) (Flamenbaum y Galon, 2010; Díaz-Royón y García, 2014; Hansen *et al*, 2014; De Rensis *et al.*, 2015).

**Figura 7**  
**RELACIÓN ENTRE LA CURVA DE LACTANCIA Y CONSUMO DE ALIMENTO CON LA TEMPERATURA AMBIENTAL**



Cuando la temperatura ambiental llega a 25 °C el consumo de alimento disminuye y por consiguiente baja la producción láctea (Lopez *et al.*, 2004).

Las vacas altas productoras (superiores a 35 kg/día) son más sensibles a este tipo de estrés ya que disminuyen su producción cuando la temperatura rectal supera los 38.5 °C (Barash *et al.*, 2001; Spiers *et al.*, 2004; Zimbelman *et al.*, 2009; Collier *et al*, 2012; Belasco *et al.*, 2015). Un estudio demostró que la temperatura ambiental a la que las vacas comienzan a sufrir los efectos del estrés calórico era 5 °C más baja (de 25°C a 20°C) al aumentar la producción de leche de 35 a 45 kg/día (Berman, 2005). Se ha reportado diferencias de hasta 1000 kilos por lactancia entre las vacas paridas en verano y en invierno, existiendo una pérdida promedio anual de 350 kilos de leche durante el verano (Flamenbaum, 2008; Flamenbaum y Galon, 2010).

#### **2.4.2. Efecto del estrés calórico sobre la producción de leche y sus componentes**

La disminución en la producción de leche y de su concentración de grasa, es resultado de las altas temperaturas ambientales (Kadzere *et al.*, 2002; West, 2003; Hillman *et al.*, 2005; Collier *et al*, 2012; Bernabucci *et al*, 2014). Cuando una vaca Holstein lactante se transfiere de una temperatura de 18 a 30 °C el porcentaje de la grasa y sólidos totales disminuye un 39.7% y un 18.9% respectivamente, el principal motivo es que las vacas reducen el consumo de forraje, aun en raciones

totalmente mezcladas en un intento de no generar trabajo digestivo (rumia) (Kadzere *et al.*, 2002; Vasconcelos *et al.*, 2011; Bernabucci *et al.*, 2014; Díaz-Royón y García, 2014; Hansen *et al.*, 2014).

El punto de la curva de lactancia en el que la vaca experimenta estrés calórico es importante para el rendimiento futuro total de la lactancia, las vacas son menos capaces de hacer frente al estrés calórico durante la lactancia temprana, este tipo de estrés, tiene la máxima influencia durante los primeros 60 días de lactancia y afecta el rendimiento restante de toda la lactancia, otra posible razón es que los procesos catabólicos durante el balance energético negativo se asocian con mayor producción de calor metabólico comparado con el alto consumo de nutrientes (Kadzere *et al.*, 2002; Spiers *et al.*, 2004; Flamenbaum y Galon, 2010; Bernabucci *et al.*, 2014; Niu *et al.*, 2014).

En condiciones climáticas calurosas, los animales de primera lactancia que parieron en verano producen menos leche comparadas con las que paren en invierno (Barash *et al.*, 2001; Flamenbaum, 2008; Zimbelman *et al.*, 2009; Bernabucci *et al.*, 2014; Belasco *et al.*, 2015).

### **2.4.3. Efecto del estrés calórico en vacas al término de la gestación e inicio de la lactancia**

Aunque el estrés calórico afecta negativamente a las vacas a lo largo de toda la lactancia, el grado de afección difiere según la etapa fisiológica y productiva (Berman, 2003; Bohmanova *et al.*, 2007; Flamenbaum, 2008). Los animales que más sufren el estrés calórico son las vacas que se encuentran al término de gestación e inicio de lactancia, ya que la caída de ingestión de la materia seca se ve acrecentada debido al tamaño del feto y del útero en proceso de involución respectivamente y que ocupan un volumen considerable en la cavidad abdominal y la capacidad ruminal está limitada lo que intensifica el balance energético negativo (Ravagnolo y Misztal, 2002; Zimbelman *et al.*, 2009; Flamenbaum y Galon, 2010; De Rensis *et al.*, 2015).

En la vaca seca, su glándula mamaria experimenta un proceso de involución, regeneración y lacto-génesis, esto exige una gran demanda metabólica y no es cubierta por el bajo consumo de nutrientes y por el flujo sanguíneo reducido (vaso constricción central), esta condición afectara la producción desde el inicio de lactancia (Spiers *et al.*, 2004; Butler, 2006; Flamenbaum, 2008; Callejo, 2009)

De hecho el pico de lactancia de las vacas que paren en verano es 4-6 Kg/día más bajo que las que parieron en invierno, causando una diferencia de casi 1000 Kg

entre las lactancias ya que además tiene un efecto residual sobre la persistencia de lactancia. En vacas paridas a comienzo del invierno tienen en su pico de lactancia el 63% de la producción sobre toda su lactancia, comparado con sólo 58% en vacas paridas a principios del verano. (Flamenbaum 2008).

El flujo sanguíneo reducido hacia el útero ocasionado por el estrés calórico tiene un efecto sobre el desarrollo de las crías ya que estas nacen con menor peso comparado con vacas no sometidas a este tipo de estrés. (Broucek *et al.*, 2009; Moghaddam *et al.*, 2009; O'brien *et al.*, 2010; De Rensis *et al.*, 2015).

## **2.5. Parámetros reproductivos**

La medición de parámetros reproductivos entre meses y estaciones que integran un año, permiten al MVZ especialista un criterio en la toma de decisiones y acciones correctivas cuando así lo requiera (Risco y Melendez, 2011; Cockcroft, 2015; Hopper, 2015).

### **2.5.1. Eficiencia en la detección de estro**

La eficiencia en la detección de estros se define como la proporción de vacas observadas en estro de un total elegible, en un periodo equivalente a la duración de un ciclo estral (Ball y Peters 2004; Stevenson, 2007; Aerts y Bols, 2008).

Las vacas elegibles deben reunir las siguientes características

- Vacas no inseminadas.
- Sin enfermedades reproductivas.
- Con un cumplimiento del tiempo de espera voluntario (Schüller *et al.*, 2014).

Después de hacer el listado anterior, se revisan las tarjetas reproductivas para saber cuántas fueron observadas en estro. Es común que el 50-60% de las vacas elegibles sean detectadas en estro (Wiltbank y Pursley, 2014; Domínguez *et al.* 2015). Una meta factible con observación continua es del 80% (Dobson *et al.*, 2007; Amstalden y Williams, 2015; Lean *et al.*, 2015; Schüller *et al.*, 2016).

Tradicionalmente, la detección del estro se realiza mediante la observación visual para detectar el signo primario de estro (permiso de monta por sus compañeras), pero el aumento del número de vacas por hatos y la menor mano de obra por vaca, han provocado una menor oportunidad para la observación visual, por lo que se ha recurrido a diversas herramientas para la detección de celos como podómetros,

video cámaras, entre otras (Van Eerdenburg *et al.*, 2002 ; Roelofs *et al.*, 2006; Schüller *et al.*, 2016).

La conducta estral es gracias al incremento significativo de las concentraciones de estradiol producido por el folículo preovulatorio (Diskin y Sreenan, 2000; Hunter, 2003; Aerts y Bols, 2008; Rippe, 2009; Lamb *et al.*, 2009; Saint-Dizier *et al.*, 2012; Cockcroft, 2015). Sin embargo, la intensidad del estro y su duración han disminuido drásticamente en las últimas décadas por efecto de una disminución en la concentración de estradiol en las vacas lecheras especializadas (At-Taras *et al.*, 2001; Kerbrat y Disenhaus, 2004; Roelofs *et al.*, 2005). En la raza Holstein, la duración del estro fue alrededor de 18 a 20 horas en la década de 1980s, pero, desde principios del año 2000, se ha reducido a tan sólo 4 a 8 horas entre la primera y la última de monta (Kerbrat y Disenhaus, 2004; Roelofs *et al.*, 2005; Chanvallon *et al.*, 2014).

### **2.5.1.1. Efecto del estrés calórico sobre la eficiencia en la detección de estro**

En verano, la actividad motora y otras manifestaciones de estro se reducen y la incidencia de anestro y la ovulación silenciosa se incrementan, estos efectos conducen a una reducción en el número de inseminaciones en primavera y verano, comparado con invierno (Rensis y Scaramuzzi, 2003; Khodaei-Motlagh *et al.*, 2011; Hernández, 2012; Lean *et al.*, 2015; Madureira *et al.*, 2015).

### **2.5.2. Tasa de concepción**

Se refiere a la proporción de vacas gestantes del total inseminado en un tiempo definido (Stevenson, 2007). En los últimos 60 años la tasa de concepción en vacas lecheras de alto rendimiento a disminuido del 55% al 35% en todo el mundo (Lucy, 2001; Leitgeb y Van Saun, 2008; Iwersen *et al.*, 2012; Schüller *et al.*, 2014). Sin embargo, las vaquillas han conservado su alto porcentaje de concepción, ver tabla 2 (Nabanukraw *et al.*, 2002; Fricke, 2003).

**TABLA. 2 TASA DE CONCEPCIÓN**

Lucy, 2001; Nabanukraw *et al.*, 2002; Leitgeb y Van Saun, 2008; Iwersen *et al.*, 2012; Schüller *et al.*, 2014

<b>NÚMERO DE LACTANCIA</b>	<b>% de concepción.</b>
<b>VAQUILLAS.</b>	65-70%
<b>PRIMERA LACTANCIA.</b>	40-43%
<b>SEGUNDA LACTANCIA.</b>	38-40%
<b>MÁS DE TRES LACTANCIAS.</b>	33-35%

### **2.5.2.1. Efecto del estrés calórico sobre la Tasa de concepción**

En un estudio de García-Ispierto y colaboradores (2007) observaron que vacas inseminadas en invierno tuvieron una mayor Tasa de concepción (41 %) comparado con la Tasa de concepción en verano (23%).

El mayor efecto negativo del estrés calórico sobre la concepción es la muerte embrionaria temprana de menos de 20 días de edad (Jordan, 2003; García-Ispierto *et al.*, 2007; Morton *et al.*, 2007; Hansen, 2011).

### **2.5.2.2. Efecto del estrés calórico sobre la supervivencia embrionaria temprana**

La hipoperfusión sanguínea, la baja concentración de nutrientes y de los factores de crecimiento, afectan negativamente el desarrollo del embrión, en este sentido, IGF-I, glucosa e insulina estarán comprometidos para la implantación y el desarrollo embrionario temprano (Block *et al.*, 2003; Rensis y Scaramuzzi, 2003; Butler 2006; Min *et al.*, 2015). El estrés calórico afecta a los embriones en la etapa de implantación alrededor del día 11 a 13 durante la fase de elongación del blastocisto, pero, la magnitud del efecto disminuye a medida que maduran los embriones (Rensis *et al.*, 2002; Rensis y Scaramuzzi 2003; Bilby *et al.*, 2011; Stewart *et al.*, 2011). De hecho la producción de embriones por superovulación se reduce a menudo y el desarrollo embrionario se ve comprometido en las estaciones cálidas (Al-Katanami *et al.*, 2002; Rensis y Scaramuzzi, 2003; Butler, 2006; do Amaral *et al.*, 2009; Bilby *et al.*, 2011; Stewart *et al.*, 2011; Min *et al.*, 2015).

El estrés calórico puede adelantar la secreción de prostaglandina endometrial, lo que lleva a la luteólisis prematura y pérdida del embrión, las observaciones apuntan estas muertes antes de los 15 días de gestación bajo estrés calórico (Rensis y Scaramuzzi, 2003; Bilby *et al.*, 2011; Khodaei-Motlagh *et al.*, 2011; Stewart *et al.*, 2011; De Rensis *et al.*, 2015).

En un cuerpo lúteo en donde hay flujo sanguíneo reducido se esperaría una concentración de progesterona disminuida, sin embargo, la investigación sobre el efecto del estrés calórico sobre la concentración de progesterona plasmática es inconsistente y el papel de la progesterona en la infertilidad en el verano no es muy claro. Hay muchas posibles razones para la falta de acuerdo entre los informes publicados. Estos incluyen: el tipo de estrés (crónico frente agudo), los factores genéticos asociados con la producción de leche (vacas de alta vs vacas de baja/ normal producción), las condiciones ambientales y de manejo (Rensis *et al.*, 2002; Khodaei-Motlagh *et al.*, 2011).

### **2.5.3. Tasa de preñez.**

La Tasa de preñez es un parámetro resultante de dos parámetros: Se calcula a partir de la eficiencia en la detección de estros multiplicado por la tasa de concepción, dividido entre 100 (Hernández, 2012; Lean *et al.*, 2015; Stratman *et al.*, 2016).

$$\frac{\text{Eficiencia en la detección de estro} \times \text{Tasa de concepción}}{100}$$

La Tasa de preñez permite identificar problemas relacionados con la falla en la concepción y aquellos asociados con la eficiencia en la detección de estros, una tasa de preñez ideal sería de  $\geq 20\%$ , sin embargo es una meta realmente difícil de llegar sin los protocolos de inseminación a tiempo fijo en el Hato lechero (Orozco *et al.*, 2016; Stratman *et al.*, 2016).

## **2.6. Medidas para disminuir los efectos del estrés calórico**

### **2.6.1. Estrategias alimentarias.**

En situaciones de bajo consumo de materia seca, algunos nutriólogos incrementan la densidad energética de la ración, aumentan el aporte de concentrados y disminuyendo la cantidad de forrajes, esta práctica puede ser recomendable siempre y cuando se aporten los niveles mínimos de fibra efectiva necesarios para estimular la rumia y mantener un pH ruminal adecuado (West, 2003; Berman, 2005; Díaz-Royón y García, 2014).

#### **2.6.1.1. Estrategias de manejo alimenticio para incrementar la ingestión de alimentos**

- Suministrar el alimento en las primeras y en las últimas horas del día (evitar las máximas temperaturas ambientales).
- Evitar la restricción de alimento por más de tres horas, el rechazo debe estar dentro del 2-5% del rango, este se debe retirar diario para evitar el calentamiento de la nueva comida.
- El contenido de materia seca siempre debe estar ajustado entre 40-50% para expresar el mayor consumo y producción.
- Alimentar dos veces al día como mínimo, (demora el calentamiento de la ración)
- Empujar el alimento en el comedero 8 -10 veces al día y asegurar que haya alimento disponible en toda la línea del comedero, ya que los animales se concentran en las zonas con mayor ventilación o cerca de los bebederos.

- En época calurosa es necesario desechar algunos centímetros de toda la cara expuesta del silo y evitar el uso de silo fermentando en el suelo.
- Es necesario valorar el tamaño de partícula de la dieta con la caja separadora de partículas de la Universidad de Pennsylvania (criba superior 2 – 8% de la dieta).
- Bicarbonato de sodio (1% de la ración) y a libre disposición
- Mantener el nivel máximo de almidón y azúcar de la dieta en 26 y 5%, respectivamente. (Lammers *et al.*, 2002; Jordan, 2003; West, 2003; Berman, 2005; Rhoads *et al.*, 2009; Rhoads *et al.*, 2010; Wheelock *et al.*, 2010; Baumgard *et al.*, 2011; Collier *et al.*, 2012; Díaz-Royón y García, 2014).

### 2.6.1.2. Bebederos

Es fundamental que las vacas no tengan restricción alguna al agua limpia y fresca (ver fig. 9 y 10). En situaciones de estrés calórico las vacas pueden duplicar la cantidad de agua que necesitan para cubrir sus necesidades (ver tabla 3) (Callejo, 2009; Schüller *et al.*, 2014, Legrand *et al.*, 2011; Mujika, 2005).

**TABLA 3. CONSUMO DE AGUA POR EL GANADO VACUNO  
(MC FARLAND, 2000).**

ANIMAL.	Edad o producción.	Litros/día.
TERNERA HOLSTEIN	1 mes	5-8
	2 meses	6-9
	3 meses	8-11
	4 meses	11-13
NOVILLA HOLSTEIN	5 meses	14-17
	15-18 meses	22-27
	18-24 meses	28-36
VACAS SECAS.	Gestantes (6-9 meses)	26-50
VACAS EN LACTACIÓN	15 Kg/día	68-83
	25 Kg/día	87-100
	35 Kg/día	115-135
	45 Kg/día	130-155

**CITADO POR CALLEJO, 2009.**

Se recomienda 60 cm de espacio lineal de bebedero por cada 15-20 vacas, un grupo de 100 vacas necesita entre 3-3.5 m de acceso al bebedero, mejor si se reparte en dos o tres localizaciones, los cuales pueden estar en los pasos de cruces entre los pasillos, a la salida de la sala de ordeño, en la lateral opuesta a la línea de comedero ver figuras 8 y 9 (Brouk *et al.*, 2001; Callejo, 2009).



**Figura 8.** Acceso libre y sin restricción al consumo de agua

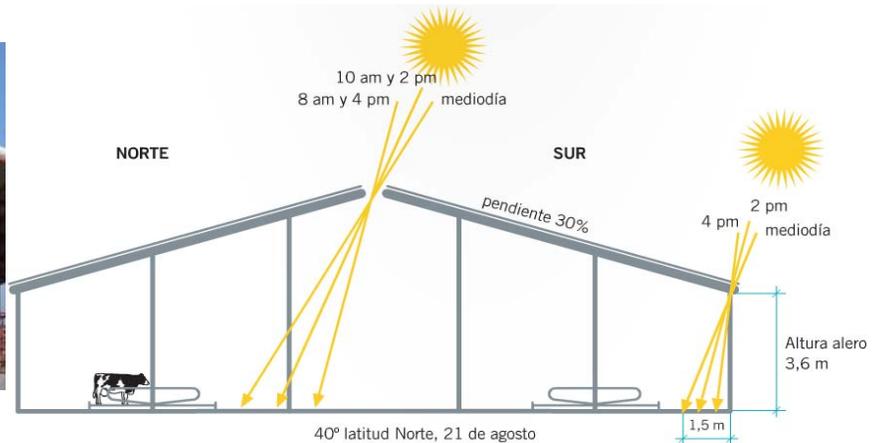


**Figura 9.** Bebederos en óptimo funcionamiento y limpieza

### 2.6.2. Sombras

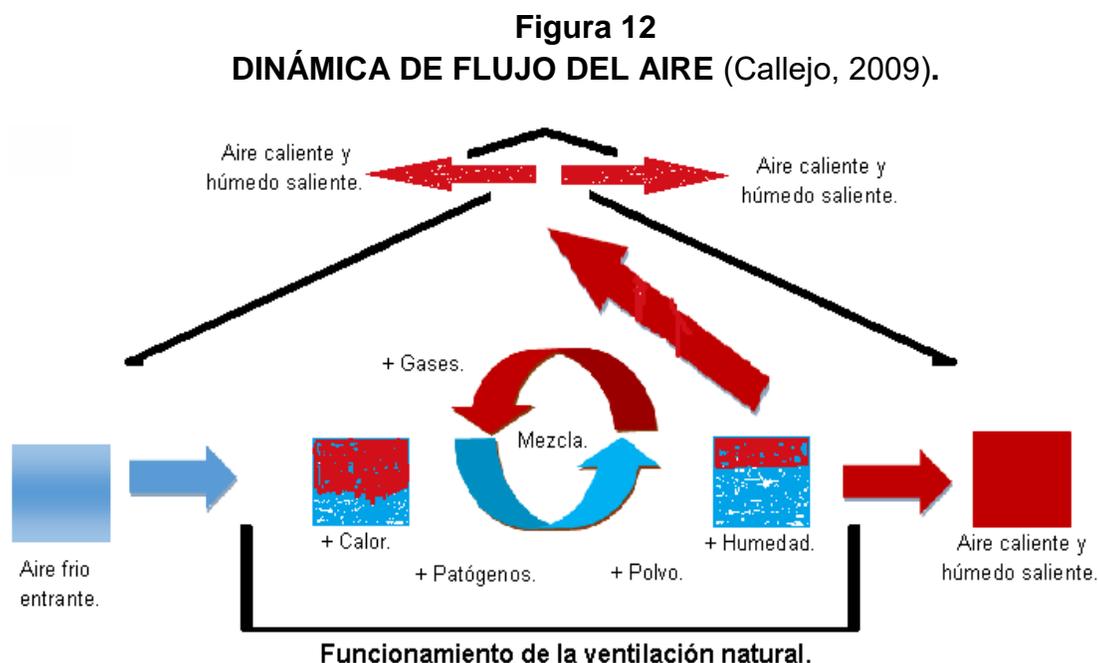
Aunque es el método más simple para disminuir la exposición de los animales a la radiación solar (más del 75% de la energía absorbida y más del 50% de la emitida). La orientación de las naves debe ser de este-oeste del eje longitudinal de la estructura y permite una sombra más estable a lo largo del día, en diferentes estaciones del año (ver fig. 10 y 11). (Barash *et al.*, 2001; Mujika, 2005; Callejo, 2009).

**Figuras 10 y 11**  
**ORIENTACIÓN IDÓNEA DE LA NAVE**  
(Callejo, 2009)



### 2.6.3. Ventilación

La ventilación es una de las herramientas que permiten evitar estrés calórico, su principio es simple, el aire fresco del exterior entra en el alojamiento, se mezcla con el existente en el interior, toma calor, humedad y elementos en suspensión y sale del local gracias a las diversas fuerzas que provocan que el aire se mueva (Callejo, 2009).



Una de las causas del movimiento natural del aire es el conocido como “efecto chimenea” o empuje térmico (ver figura 12). Cuando el aire entra en el alojamiento, absorbe el calor disipado por los animales y la fermentación de las deyecciones, este aire al disminuir su peso específico se eleva y sale al exterior por las aberturas dispuestas (Callejo, 2009).

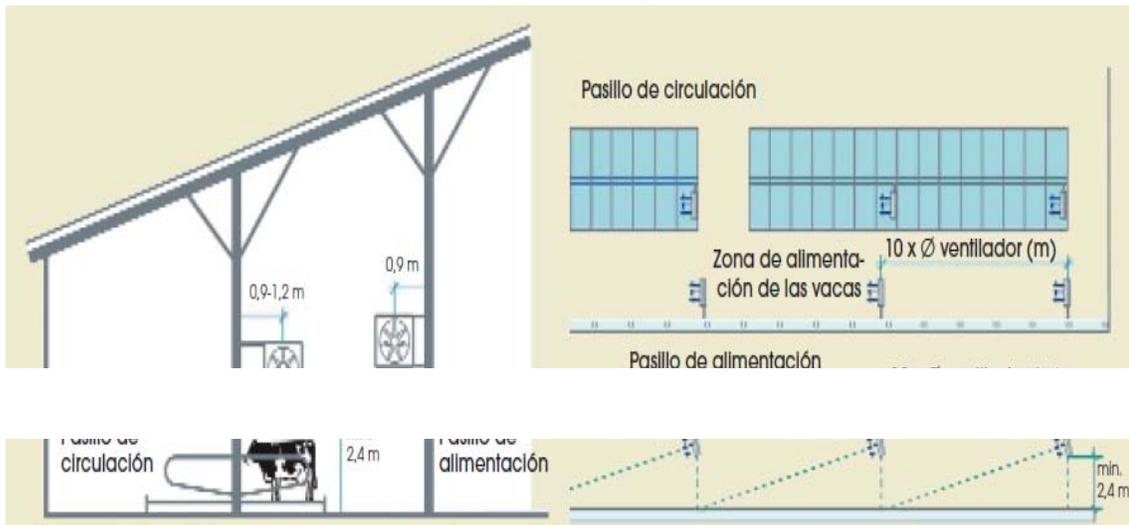
### 2.6.4. Ventiladores

Se pueden colocar en línea y en sentido longitudinal a la nave, de forma que lancen el aire en el sentido de los vientos dominantes de la zona. Se disponen a una altura de 2.5-3 m, y con una inclinación de 30° hacia el suelo, a una distancia 10 veces su diámetro. Como los más habituales son de 90 y 120 cm, se colocan a una distancia de 9 y 12 m, respectivamente (figura 13 y 14). Otros lugares estratégicos es la sala de espera la ordeña por ser el lugar de mayor intercambio calórico entre vacas (Mujika, 2005; Callejo, 2009; Flamenbaum, 2008; Bohmanova *et al.*, 2007; Lean *et al.*, 2015).

**Figura 13**  
**CORRALES CON VENTILADORES** (Hernández, 2012).



**Figura 14**  
**ESQUEMA DE LA COLOCACIÓN ADECUADA DE VENTILADORES EN LOS**  
**CORRALES** (Callejo, 2009).



### 2.6.5. Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (TAI).

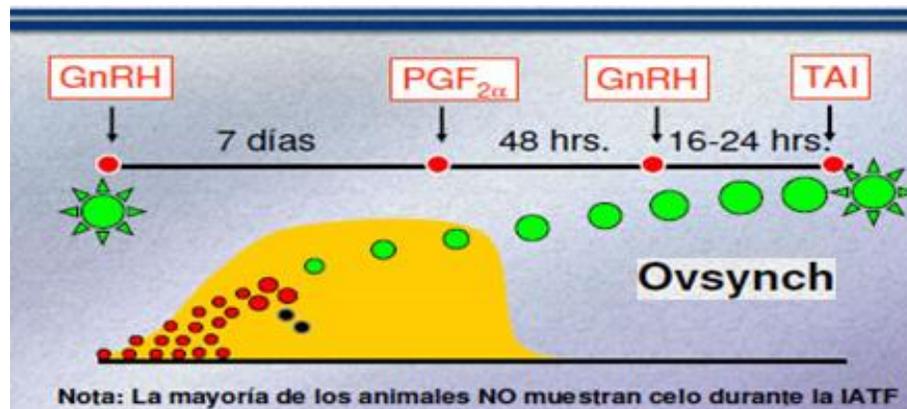
Hay varios protocolos basados con análogos de GnRH que aumentan el porcentaje de inseminación en el ganado lechero, ya que facilitan TAI sin la necesidad de detectar el estro. Estudios realizados en Florida, EU, durante los meses de verano ofrecen evidencia de que el uso de TAI vs inseminación artificial (IA) con detección de celo (grupo control) reduce el número de días abiertos, el intervalo de parto al primer servicio y el número de servicios por concepción

(Jordan, 2003; Galvão *et al.* 2007; Bilby *et al.*, 2011; Schüller *et al.*, 2014; Giordano *et al.*, 2016).

El protocolo Ovsynch consiste en aplicar a la vacas GnRH del día 0, esto induce la ovulación o la luteinización de los folículos  $\geq 8$  mm de diámetro, y luego sincroniza la siguiente oleada folicular. Al aplicar la PGF<sub>2 $\alpha$</sub>  del día 7 provocamos la regresión de ese cuerpo lúteo resultante y con la última dosis de GnRH a los 2 días posteriores inducimos la ovulación del nuevo folículo, por último la inseminación se realiza a las 16 a 24 horas ver figura 14 (Portaluppi y Stevenson, 2005; Brusveen *et al.*, 2006; Galvão *et al.* 2007; Domínguez *et al.* 2015; Giordano *et al.*, 2016).

El porcentaje de concepción obtenido con en este programa, es similar al logrado cuando se insemina en el estro observado, ya sea natural o sincronizado con PGF<sub>2 $\alpha$</sub> , la ventaja del programa de Ovsynch consiste en que se inseminan a todas las vacas que entran al programa sin la necesidad de detectar celos (Wiltbank y Pursley, 2014; Domínguez *et al.* 2015).

**Figura 14**  
**PROTOCOLO OVSYNCH CLÁSICO**

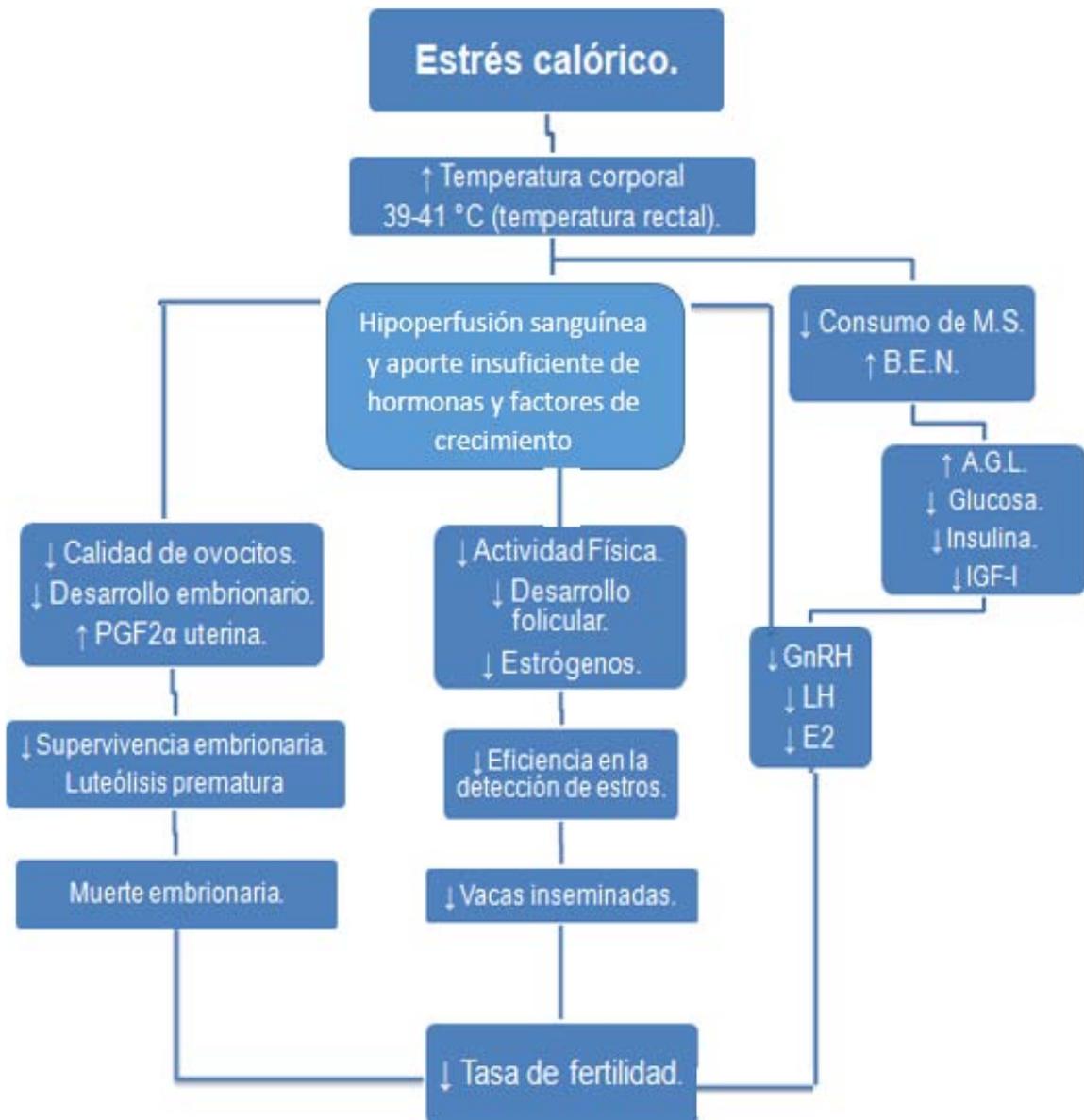


#### 2.6.6. Uso de GnRH durante o pasado el estro

El fracaso en la ovulación aumenta durante el estrés calórico y una manera posible de resolver la problemática durante el verano es mediante una inyección de GnRH durante el estro, esto ha demostrado un aumento de la tasa de preñez de un 18% hasta 29% (Kaim *et al.*, 2003). En otro estudio la GnRH, fue aplicada durante los meses de verano y otoño, en los primeros signos de celo, y la tasa de concepción fue mayor en el grupo de prueba comparado con el grupo testigo sin tratamiento (56% a 41% respectivamente) (Bilby *et al.*, 2011).

En otro estudio realizado durante el verano, aumentó las tasas de preñez sólo cuando se inyectó GnRH al momento de la IA y 12 días después (35.4%) comparado a una administración de la hormona sólo al momento de TAI (30.8%) o sólo 12 días después (20.6%);). El principal beneficio de este tratamiento farmacológico es favorecer la ovulación y la formación del cuerpo lúteo (Lopez-Gatius *et al.*, 2006).

**Figura 15**  
**ESTRÉS CALÓRICO Y SUS EFECTOS EN EL ORGANISMO DE LA VACA**



### **3. HIPÓTESIS**

La producción de leche en un sistema intensivo y tecnificado no es afectada negativamente por las estaciones del año

La eficiencia en la detección de estro, la Tasa de concepción y la Tasa de preñez no son afectados por ninguna estación del año bajo un sistema intensivo tecnificado.

### **4. OBJETIVOS**

Objetivo general:

Analizar la influencia de las diferentes estaciones del año a través del índice temperatura-humedad (THI) sobre la producción de leche, la eficiencia en la detección de estro, la Tasa de concepción y la Tasa de preñez de un hato comercial de vacas lecheras.

Objetivos particulares:

- Evaluar la producción láctea (kg leche) en las diferentes estaciones del año.
- Evaluar la eficiencia en la detección de estro, la Tasa de concepción y la Tasa de preñez en las diferentes estaciones del año.

## 5. METODOLOGÍA

La unidad productiva se encuentra ubicada en el Estado de México en el municipio de Melchor Ocampo, sus coordenadas geográficas son: entre los paralelos 19° 41' y 19° 45' de latitud norte; los meridianos 99° 06' y 99° 10' de longitud oeste; con una altitud entre 2,200 y 2,400 m sobre el nivel del mar, la climatología predominante es de tipo templado subhúmedo con lluvias en verano (de mayo a octubre). El estudio se realizó con 450 vacas Holstein en lactación y mantenidas en un sistema intensivo estabulado, las vacas son alimentadas dos veces al día con una ración totalmente mezclada con una densidad proteica y energética de 16.5 % y 1.70 Mcal/EnL/ kg respectivamente, sin restricción alguna de alimentos y agua, con dos ordeñas al día, la información recolectada de estas vacas fue: la eficiencia en la detección de estro, la Tasa de concepción, la Tasa de preñez y kilogramos de leche, a partir del programa de manejo Dairy Plan en un periodo comprendido entre Enero de 2011 a Abril de 2015, todos los datos fueron agrupados por épocas del año como se muestra en la tabla 4 y analizados por el programa Excel (Microsoft Office 2013)

**TABLA 4. PROMEDIOS DE LOS PARÁMETROS REGISTRADOS DURANTE EL TIEMPO DE ESTUDIO POR ÉPOCA.**

ÉPOCA	Estro (%)	Concepción (%)	Tasa de Preñes (%)	Leche (kg)
<b>INVIERNO</b>	81.80	29.71	24.40	33.55
<b>PRIMAVERA</b>	78.18	26.20	20.54	34.82
<b>VERANO</b>	81.21	29.50	24.05	32.85
<b>OTOÑO</b>	80.43	26.55	21.59	31.51

Los datos meteorológicos fueron obtenidos de la Estación meteorológica de la FESC, UNAM, la cual se encuentra a una distancia menor a 6 km a la unidad productiva. Los datos recolectados fueron temperatura, humedad relativa de Enero de 2011 a Abril de 2015. Los promedios de las mediciones meteorológicas se registraron de la siguiente manera (Tabla 5)

**TABLA 5. PROMEDIO DE LAS CONSTANTES METEOROLÓGICAS DURANTE EL TIEMPO DE ESTUDIO.**

ÉPOCA	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	THI (índice T-H)
<b>INVIERNO</b>	22.675	28.18	66.90
<b>PRIMAVERA</b>	26.24	26.96	70.49
<b>VERANO</b>	24.13	40.46	69.53
<b>OTOÑO</b>	22.89	37.36	67.85

El THI se calculó con la formula usada por García-Ispuerto *et al.*, 2007

THI Máximo= (0.8 x T máxima + (HR mínima (%)/100) x (T máxima -14.4) + 46.4)

Donde

T= Temperatura.

HR= Humedad Relativa.

### 5.1. Análisis estadístico

Se utilizó la prueba estadística **Coefficiente de Correlación simple de Pearson (r)**, utilizando la siguiente formula:

$$r = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

r= coeficiente de correlación de Pearson.

$\sum XY$ = sumatoria de ambas variables

$\sum X$ = sumatoria de la variable independiente

$\sum Y$ = sumatoria de la variable dependiente.

$\sum X^2$ = sumatoria de los valores al cuadrado de variable independiente

$\sum Y^2$ = sumatoria de los valores al cuadrado de variable dependiente

N= tamaño de la muestra en función de parejas.

Después se realizó la interpretación del coeficiente de correlación, a través del **Coefficiente de determinación ( $r^2$ )**, que es el cuadrado del coeficiente de correlación; el cual nos brinda un porcentaje de la asociación que hay entre las variables en estudio.

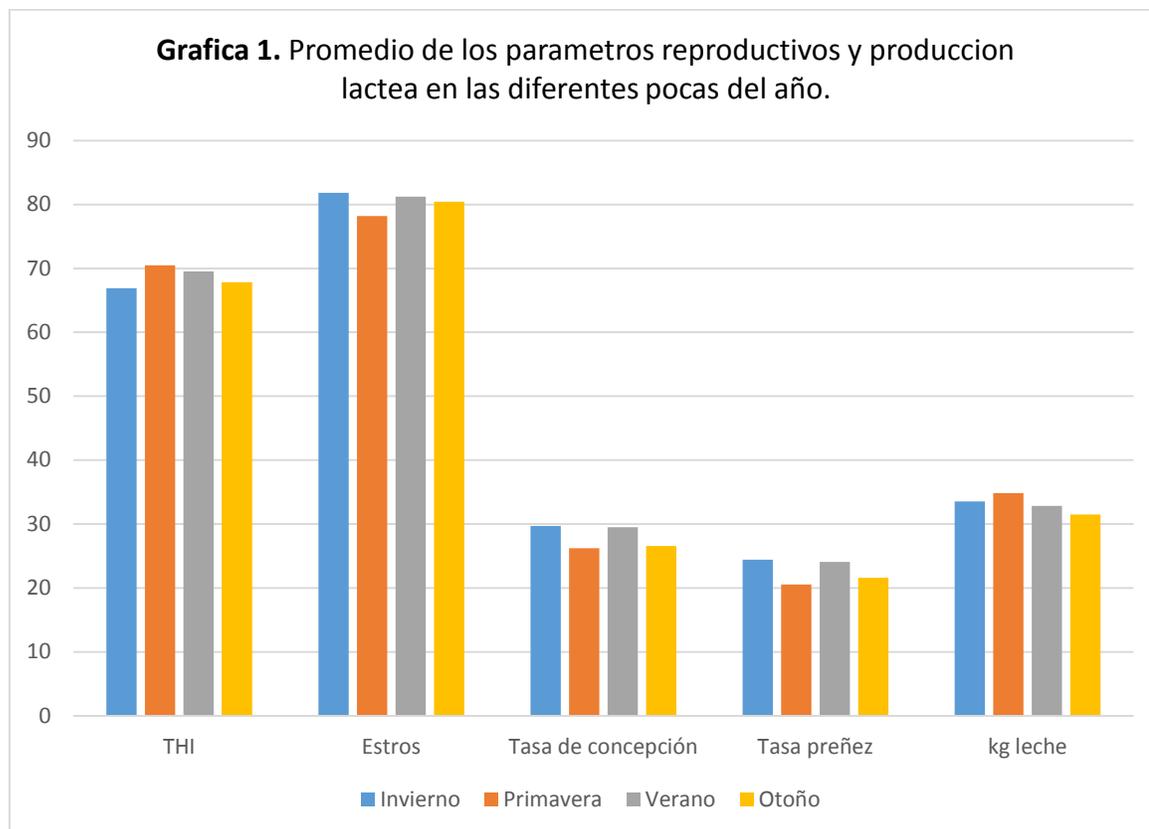
Los cálculos se realizaron en el programa Excel 2013, para determinar la asociación entre el THI de cada época del año con la eficiencia en la detección de estro, la Tasa de concepción, la Tasa de preñez y producción de Kg de leche por separados.

Finalmente, con los resultados obtenidos se analizarán si hay influencia de las diferentes estaciones del año sobre el nivel productivo de leche y los parámetros reproductivos, después se compararan con la literatura para que así quede un antecedente de esta información y le sirva a los MVZ que trabajan en los hatos lecheros en la formación de criterios para la toma de decisiones.

La revisión bibliográfica se realizó a través de artículos de revistas científicas, de la base de la UNAM.

## 6. RESULTADOS

El promedio global de los datos analizados de la Eficiencia en la detección de estro fue de 80.37% (se realizaba de manera visual y se apoyaban del crayoneo en el maslo de la cola, uso de PGF2 $\alpha$  cada 14 días); de Tasa de concepción fue de 27.98%; Tasa de preñez fue de 22.63% y producción de Leche fue de 33.17 kg. El resumen del promedio de los parámetros medidos y THI en relación a la época del año se encuentra en la Grafica 1.

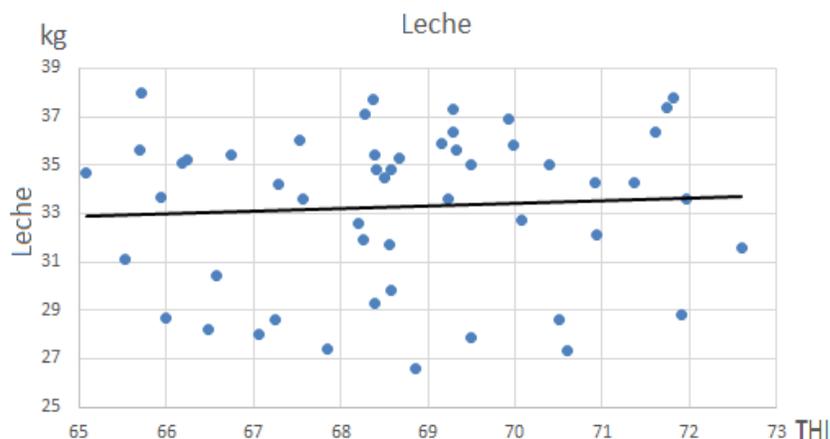


Los resultados estadísticos del ( $r$ ) y ( $r^2$ ) obtenidos de cada uno de los parámetros en estudio se encuentran en la tabla 6. Observando que los valores obtenidos no tienen ningún valor significativo para que se considere que el THI de las diferentes épocas del año influyen sobre los parámetros reproductivo y productivos.

**TABLA 6.** Resultados estadísticos para cada parámetro estudiado.

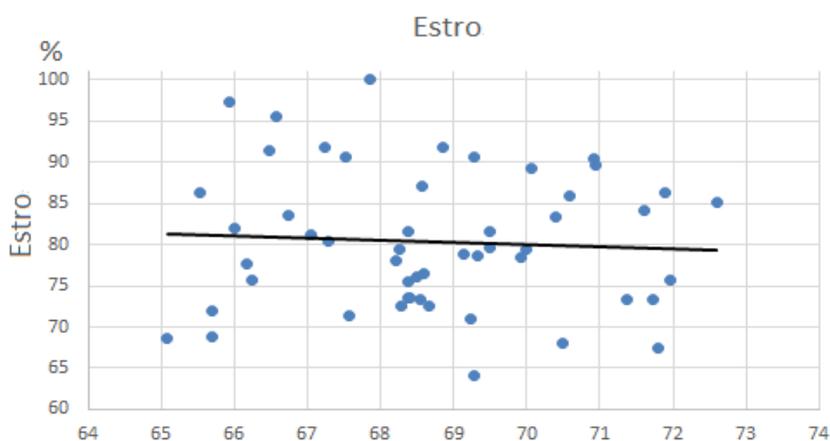
PARÁMETRO	Coficiente de Correlación ( $r$ )	Coficiente de Determinación ( $r^2$ )
ESTRO	-0.05	0.0025
CONCEPCIÓN	-0.14	0.0196
PREÑEZ	-0.13	0.0169
LACTANCIA	0.06	0.0036

En la gráfica 2 muestra un (r) lineal positiva débil (0.06) entre THI que se presentó durante las épocas del año y la Producción de Leche, cuya ecuación tuvo un ( $r^2$ ) de 0.0036. Lo que se traduce que la influencia que tiene la época del año sobre la Producción de Leche es del 0.0036 % y el 99.99 % son otros factores que influyen.



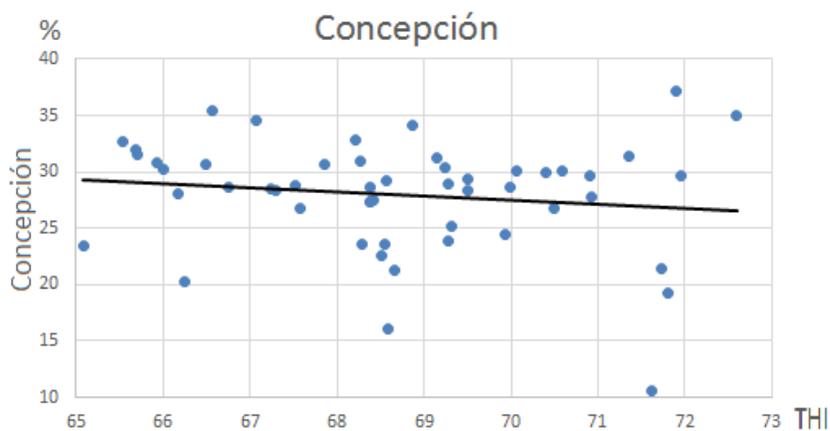
Gráfica 2. Asociación entre THI y producción de leche es de 0.0036%

En la gráfica 3 muestra un (r) lineal negativa débil (-0.05) entre THI durante las épocas del año y la eficiencia en la detección de estro, cuya ecuación tuvo un ( $r^2$ ) de 0.0025. Lo que se traduce que la influencia que tiene la época del año sobre la detección de estro es del 0.0025% y el 99.99% son otros factores que influyen.



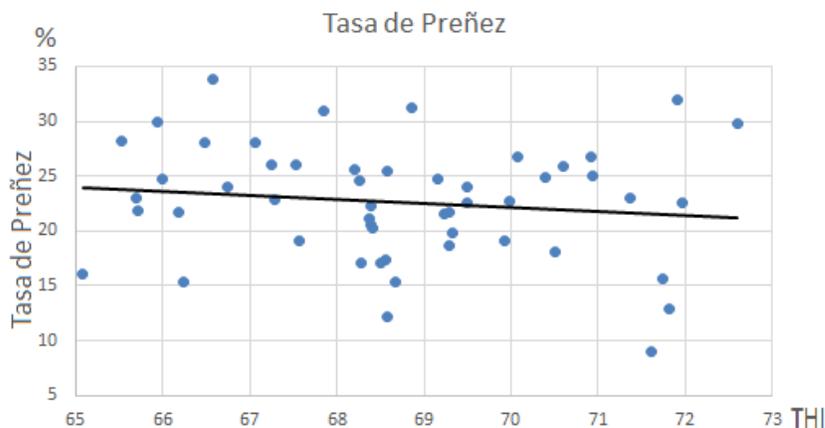
Gráfica 3. Asociación entre THI y la eficiencia en la detección de estro es de 0.0025%

En la gráfica 4 muestra un (r) lineal negativa débil (-0.14) entre THI que se presentó durante las épocas del año y la Tasa de Concepción, cuya ecuación tuvo un ( $r^2$ ) de 0.0196. Lo que se traduce que la influencia que tiene la época del año sobre la Tasa de Concepción es del 0.019% y el 99.98 % son otros factores que influyen.



Gráfica 4. Asociación entre THI y la Tasa de concepción es de 0.0196%

En la gráfica 5 muestra un (r) lineal negativa débil (-0.13) entre THI que se presentó durante las épocas del año y la Tasa de Preñez, cuya ecuación tuvo un ( $r^2$ ) de 0.0169. Lo que se traduce que la influencia que tiene la época del año sobre la Tasa de Preñez es del 0.0169% y el 99.98 % son otros factores que influyen.



Gráfica 5. Asociación entre THI y la Tasa de preñez es de 0.0169%

## 7. DISCUSIÓN

El presente estudio examinó la influencia de la época del año a través del THI sobre producción de leche, la eficiencia en la detección de estro, la Tasa de concepción y la Tasa de preñez en vacas lecheras en producción en clima templado subhúmedo, en donde los efectos del estrés calórico no se ven manifiestos, como en la zona norte del país que se presentan durante las épocas calurosas del año según reporto Lozano *et al.*, 2005 y Hernández, 2012.

Bohmanova *et al.*, 2007; García-Ispuerto *et al.*, 2007 y De Rensis *et al.*, 2015 mencionan que un THI por debajo de 72 las vacas lecheras se encuentran dentro de la zona de confort y no amenaza la producción láctea ni la eficiencia reproductiva. Mientras Morton *et al.*, 2007 y Schüller *et al.*, 2014 reportan que con un THI 73 y 72 respectivamente las vacas lecheras empiezan a sufrir estrés calórico.

Los registros obtenidos en la zona de estudio de THI fueron en invierno 66.9, primavera 70.49, verano 69.53 y Otoño 67.85, lo cual indica que las vacas están en zona de confort.

Dicho lo anterior y la débil correlación que hubo entre la influencia de la época del año sobre los parámetros medidos. La eficiencia en la detección de estro no se vio afectada ya que el promedio normal es de 60% según Wiltbank y Pursley, 2014; Domínguez *et al.* 2015 y una meta factible con observación continua es de 80% Dobson *et al.*, 2007; Hernández, 2012; Amstalden y Williams, 2015; Lean *et al.*, 2015; Schüller *et al.*, 2016, y en este estudio se obtuvo en Invierno 81.8%, en Primavera 78.18%, en Verano 81.21% y Otoño 80.43%. Jordan, 2003 por su parte reporta una disminución significativa de la eficiencia detección de estros en la época de verano en el sureste y suroeste de los Estados Unidos de América, asimismo cita a Cartmill *et al.*, 2001 los cuales informaron de que cada vez que el THI fue  $\geq 72$ , se detectaron un menor número de vacas en celo. Además, que el sistema de detección de estros utilizado en esta unidad de producción permite observar un mayor número de vacas en celo.

En el caso de la Tasa de Concepción el ideal es de 35% según Lucy, 2001; Leitgeb y Van Saun, 2008; Iwersen *et al.*, 2012; Schüller *et al.*, 2014. En este estudio se obtuvieron en Invierno 29.71%, en Primavera 26.2%, en Verano 29.5% y Otoño 26.55%, en todas las épocas se vio disminuido el porcentaje. Jordan, 2003 reporto disminución de la Concepción desde finales de Verano y principios del Otoño en el sureste y suroeste de los Estados Unidos de América. Flamenbaum, 2008 dice que en Israel en los meses de Invierno el porcentaje es superior al 50% y en los meses de verano disminuyen a menos del 20%. Schüller *et al.*, 2014 en Alemania reportan resultados semejantes de 30.4% cuando el THI es menos de 41 lo cual será muy bueno para el confort; Morton *et al.*, 2007

reportaron la disminución del 45% a 25% cuando el THI era menor a 66 y paso a un THI mayor a 75 en la Meseta Atherton, al Norte de Queensland Australia. Sin embargo, como se mencionó anteriormente existe en el estudio actual una baja influencia de la época del año (0.019%) sobre este parámetro por lo cual, se pudo ver afectado por otros factores como la eficiencia de la inseminación, nutrición de la vaca, la fertilidad y calidad del semen, etc., según mencionan López-Gatius, 2000; Sturman *et al.*, 2000; Lucy, 2001; García-Ispuerto *et al.*, 2007; Stevenson, 2007; Roelofs *et al.*, 2010; Lean *et al.*, 2015.

Una tasa de preñez global aceptable es de  $\geq 20\%$  según García-Ispuerto *et al.*, 2007; Hernández, 2012; Orozco *et al.*, 2016; Stratman *et al.*, 2016. En este estudio se obtuvieron en Invierno 24.4%, en Primavera 20.54%, en Verano 24.05% y Otoño 21.59%, lo cual refleja que la vaca se encuentra en una zona de confort, a comparación de lo que reporto Lozano *et al.*, 2005 que hay una marcada reducción en las épocas de Verano-Otoño y una reducción en el promedio mensual de 1.03% por unidad de incremento del THI promedio al mes. Por otra parte, Jordan, 2003 reportó que existe una marcada disminución de la preñez a finales del Verano y durante todo el Otoño en el sureste y suroeste de los Estados Unidos de América.

La Producción láctea promedio es de 30-40 kg, según Kadzere *et al.*, 2002; West, 2003; Bretschneider *et al.*, 2015 en clima húmedo subtropical que este sujeto a períodos de temperatura y la humedad relativa alta, en sistemas tecnificados. En este estudio se obtuvieron en Invierno 33.55 kg, en Primavera 34.82kg, en Verano 32.85kg y Otoño 31.51 kg en promedio, lo cual se encuentra dentro del rango y constante durante el año, en comparación con lo que cito Collier *et al.*, 2012 que durante el Verano y Otoño disminuye la producción de 38kg en Abril a 34kg en Septiembre y Octubre. Flamenbaum, 2008 dice que la vacas que paren en Verano producen 1000 kg menos de leche que las que paren en Invierno, además las vacas paridas a comienzo del invierno el nivel de producción hacia el décimo mes de la lactancia es 63% de la producción pico, comparado con sólo 58% en vacas paridas en principios del Verano en Israel. Ravagnolo *et al.*, 2000 reporta que la producción de leche se reduce 0.2 kg por cada unidad de aumento en el THI cuando supero 72, también West, 2003 menciona que la producción láctea y días en leche disminuye significativamente cuando alcanzaron el máximo de THI 77.

## **8. CONCLUSIÓN**

Los parámetros reproductivos y productivos no se vieron influidos significativamente por las diferentes épocas del año, ya que las condiciones climáticas que predominan en la región proporcionan el medio para que las vacas lecheras se encuentren en confort. Es importante tomar en cuenta que, en un futuro por el mejoramiento genético, las vacas lecheras incrementarán su rendimiento productivo, por lo cual se van a ver afectadas por el estrés calórico, debido a que la tolerancia al calor disminuye al aumentar la producción de leche y la ingesta de materia seca, a pesar de que se encuentren en un lugar con clima semejante al de esta región. Además, que hay una tendencia en la industria láctea hacia menos hatos, pero más grandes que alberga más vacas bajo un mismo techo, lo que podría aumentar el riesgo de condiciones climáticas subóptimas.

## 9. REFERENCIAS

- Aerts J.M.J. and Bols P.E.J. 2008. Ovarian Follicular Dynamics. A review with Emphasis on the Bovine Species. Part II: Antral Development, Exogenous Influence and Future Prospects. Journal compilation Department of Veterinary Sciences, University of Antwerp, Wilrijk, Belgium.
- Al-Katanami YM, Paula-Lopes FF, Hansen PJ. 2002. Effect of season and exposure to heat stress on oocyte quality of Holstein cows. *J Dairy Sci* 58:171–82.
- AlZahal O., E. Kebreab, J. France, and B. W. McBride. 2007. A Mathematical Approach to Predicting Biological Values from Ruminal pH Measurements. *J. Dairy Sci.* 90:3777–3785.
- Amstalden M. and Williams G.L. 2015. Chapter 23 Neuroendocrine Control of Estrus and Ovulation. *Bovine Reproduction*. This edition first. John Wiley & Sons, Inc. USA.
- At-Taras EE, Spahr SL. 2001. Detection and characterization of estrus in dairy cattle with an electronic heatmount detector and an electronic activity tag. *J Dairy Sci* 2001;84:792–8.
- Ball P.J.H. and Peters A.R. 2004. *Reproduction in Cattle*. Third Edition. Blackwell Publishing. USA.
- Barash H., Silanikove N., Shamay A. and Ezra E. 2001 Interrelationships Among Ambient Temperature, Day Length, and Milk Yield in Dairy Cows Under a Mediterranean Climate. Israel. *J. Dairy Sci.* 84:2314–2320. American Dairy Science Association.
- Baumgard L. H., J. B. Wheelock, S. R. Sanders, C. E. Moore, H. B. Green, M. R. Waldron, and R. P. Rhoads. 2011. Postabsorptive carbohydrate adaptations to heat stress and monensin supplementation in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 94:5620–5633.
- Belasco E.J., Cheng Y., and Schroeder T.C. 2015 The Impact of Extreme Weather on Cattle Feeding Profits. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 40(2):285–305 ISSN 1068-5502 Copyright 2015 Western Agricultural Economics Association
- Berman A. 2003. Effects of body surface area estimates on predicted energy requirements and heat stress. *J. Dairy Sci.* 86:3605–3610.
- Berman A. 2005. Estimates of heat stress relief needs for holstein dairy cows. *J. Animal Sci*, 83:1377-1384.
- Bernabucci U., Biffani S., Buggiotti L., Vitali A., Lacetera N. and Nardone A. 2014 The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 97 :471–486 [http://dx.doi.org/ 10.3168/jds.2013-6611](http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-6611) © American Dairy Science Association®
- Bernabucci U., Lacetera, N., Baumgard, L.H., Rhoads, R.P., Ronchi, B., Nardone, A. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domestic ruminants. *Animal* 4:1167-1183.
- Bilby, T. R., A. Sozzi, M. M. Lopez, F. Silvestre, A. D. Ealy, C. R. Staples, y W. W. Thatcher. 2006a. Pregnancy, bovine somatotropin, and dietary n-3 fatty acids in lactating dairy cows: I. Ovarian, conceptus and growth

- hormone – Insulin-like growth factor system responses. *J. Dairy Sci.* 89:3375-3385.
- Bilby, T. R., J. Block, B. M. Stewart, P. Morelli, L. Bonilla, y P.J. Hansen. 2011. Efficacy of embryo transfer in lactating dairy cows during summer using fresh or vitrified embryos produced in-vitro with sex-sorted semen. II. Calving data. *J. Dairy Sci. (Suppl.): (Abstr)* in press.
  - Block J., M. Drost, R.L. Monson, J.J. Rutledge, R.M. Rivera, F.F. Paula-Lopes, O.M. Ocon, C.E. Krininger, J. Liu, y P.J. Hansen. 2003. Use of insulin-like growth factor-I during embryo culture and treatment of recipients with gonadotropin-releasing hormone to increase pregnancy rates following the transfer of in vitro-produced embryos to heat-stressed, lactating cows. *J. Anim. Sci.* 81(6):1590-602.
  - Bohmanova J, Misztal I and Cole J.B. 2007. Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress. *J. Dairy Sci.* 90:1947–1956doi:10.3168/jds.2006-513. American Dairy Science Association.
  - Breen KM, Wagenmaker ER, Karsch FJ 2003 Insights into a mechanism by which stress interferes with the ovulatory cycle. Society for Neuroscience Abstract Viewer Itinerary Planner (Abstract 924.9)
  - Breen M. K, and Karsch J.F. 2003. Does Cortisol Inhibit Pulsatile Luteinizing Hormone Secretion at the Hypothalamic or Pituitary Level? *Journal Endocrinology* Volume 145, Issue 2
  - Bretschneider G., Salado E., Cuatrin A. y Arias D. 2015. Lactancia: Pico y Persistencia ¿Por qué cuidarlos? INTA, EEA Rafaela (2300), Santa Fe, [bretschneider.g@inta.gob.ar](mailto:bretschneider.g@inta.gob.ar).
  - Bridges P.J. , Brusie, M.A. , Fortune, J.E. 2005. Elevated temperature (heat stress) in vitro reduces androstenedione and estradiol and increases progesterone secretion by follicular cells from bovine dominant follicles. *Domestic Animal Endocrinology*, 29 : 508 – 522.
  - Broucek J., P. Kisac, y M. Uhrincat. 2009. Effect of hot temperatures on the hematological parameters, health and performance of calves. *Int. J. Biometeorol.* 2009; 53:201-208.
  - Brouk M. J., Smith J.F., Harner J. P. 2001. Facility and climate effects on dry matter intake of dairy cattle. *Proceeding of the 5<sup>th</sup> Western Management Conference*, 2001.
  - Bruijnijis M. R. N., H. Hoogeveen, and E. N. Stassen. 2013. Measures to improve dairy cow foot health: Consequences for farmer income and dairy cow welfare. *Animal* 7:167–175. <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731112001383>.
  - Brusveen DJ, Cunha AP, Silva CD, Cunha PM, Sterry RA, Silva EPB, Guenther JN, and Wiltbank MC. 2006. Effects on conception rates of lactating dairy cows by altering the time of the second GnRH and AI during Ovsynch. *J. Dairy Sci.* 89, Suppl. 1. Page 150, Abstract 204.
  - Butler R. 2006 Relationships of Negative Energy Balance with Fertility. Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop. EU.

- Cartmill, J. A., S. Z. El-Zarkouny, B. A. Hensley, T. G. Rozell, J. F. Smith, and J. S. Stevenson. 2001. An alternative AI breeding protocol for dairy cows exposed to elevated ambient temperature before or after calving or both. *J. Dairy Sci.* 84:799–806.
- Callejo RA. 2009. Cow Comfort. El bienestar de la vaca lechera. SERVET. España.
- Chanvallon Audrey, Stéphanie Coyral-Castel, Julie Gatien, Jean-Michel Lamy, Danièle Ribaud, Clément Allain, Pierre Clément, Pascal Salvetti. 2014. Comparison of three devices for the automated detection of estrus in dairy cows. *Theriogenology*, Volume 82, Issue 5, 15 September 2014, Pages 734-741
- Cockcroft Peter D. 2015. *Bovine Medicine*. Third edition. Wiley-Blackwell by JohnWiley & Sons, Ltd. UK.
- Colitti M, Sgorlon S, Stradaoli G, Farinacci M, Gabai G, Stefanon B. 2007. Grape polyphenols affect mRNA expression of PGHS-2, TIS11b and FOXO3 in endometrium of heifers under ACTH-induced stress. *ELSEVIER Theriogenology* 2007;68:1022-30.
- Collier R.J., Hall L.W., Rungruang S. And R.B. Zimbleman. 2012. Quantifying heat stress and its impact on metabolism and performance. 23rd Florida Ruminant Nutrition Symposium Proceedings.
- De Rensis F., I. Garcia-Ispuerto, F. López-Gatius. 2015 Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. Volume 84, Issue 5, 15 September 2015, Pages 659–666
- Díaz-Royón F. y García Á. 2014. Strategies to Improve Dairy Cows' Feed Intake during Heat Stress. Dairy Science Department. South Dakota State University. EU.
- Dikmen S., y P.J. Hansen. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *J. Dairy Sci.* 92: 109-116
- Diskin M.G., Sreenan J.M. 2000. Expression and detection of oestrus in cattle. *Reprod Nutr Dev*, 40 (2000), pp. 481–491
- do Amaral B.C., E.E. Connor, S. Tao, J. Hayen, Bubolz J. y Dahl G.E. 2009. Heat-stress abatement during the dry period: does cooling improve transition into lactation? *J Dairy Sci.* 92:5988-5999.
- Dobson H., Royal M., Knight Ch., Sheldon I. 2007. The high producing dairy cow and its reproductive performance. *Reprod Domest Anim* 2007; 42 Suppl 2:17-23
- Domínguez S.F., Muñoz F.L.R., López O.R., Aréchiga F.CF., Gabriela M., Hernández C.J. 2015. Pregnancy in dairy cows with two protocols for synchronization of ovulation and timed artificial insemination *Rev Mex Cienc Pecu* 2015;6(4):393-404
- Ferreira RM, Ayres H, Chiaratti MR, Ferraz ML, Araujo AB, Rodrigues CA, et al. 2011. The low fertility of repeat-breeder cows during summer heat stress is related to a low oocyte competence to develop into blastocysts. *J Dairy Sci*;94:2383–92.

- Flamenbaum I. 2008. Alta producción de leche en condiciones de estrés calórico. Estado de Israel, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Dpto. de Ganadería, Servicio de Extensión.
- Flamenbaum, I. y N. Galon. 2010. Management of heat stress to improve fertility in dairy cows in Israel. *J Reprod Dev.* 56 ( Suppl):S36-41.
- Fricke M.P. 2003. LA ECUACIÓN DE LA REPRODUCCIÓN EN LOS RODEOS LECHEROS. Conferencia dictada en las 19ª Conferencias Técnicas sobre Inseminación Artificial y Reproducción de la NAAB, Milwaukee, Wisconsin, EE.UU. 23 y 24 de agosto de 2002. Taurus, Bs. As., 5(20):8-14.
- Galvão K.N., Santos J.E., Cerri R.L., Chebel R.C., Rutigliano H.M., Bruno R.G., *et al.* 2007. Evaluation of methods of resynchronization for insemination in cows of unknown pregnancy status *J Dairy Sci*, 90 (2007), pp. 4240–4252
- García-Ispuerto I, López-Gatius F, Bech-Sabat G, Santolaria P, Yániz JL, Nogareda C, *et al.* 2007. Climate factors affecting conception rate of high producing dairy cows in northeastern Spain. *Theriogenology* 2007;67:1379–85.
- Giordano J.O., Thomas M.J., Catucuamba G., Curler M.D., Wijma R., Stangaferro M.L., Masello M. 2016. Effect of extending the interval from Presynch to initiation of Ovsynch in a Presynch-Ovsynch protocol on fertility of timed artificial insemination services in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* Volume 99, Issue 1, January 2016, Pages 746–757
- Hansen, P. J. 2011. Managing reproduction during heat stress in dairy cows. In *Dairy production medicine* (pp. 153-163). John Wiley & Sons.
- Hansen P. J., Dikmen S., Sakatani M. and Dahl G.E. 2014. Cooling Strategies During Heat Stress. <http://articles.extension.org/pages/64385/estrategias-de-enfriamiento-durante-el-estrs-por-calor>
- Hernández C.J. 2012. Fisiología Clínica de la Reproducción de Bovinos Lecheros. México D.F.
- Hillman P.E., C.N. Lee, S.T. Willard. 2005. Thermoregulatory responses associated with lying and standing in heat-stressed dairy cows. *Am. Soc. Agric. Eng.*, 48 (2005), pp. 795–801
- Hopper R. M. 2015. Bovine Reproduction. This edition first published. Wiley-Blackwell by John Wiley & Sons, Inc. UK.
- Hunter R.H.F. 2003. Physiology of the Graafian follicle and ovulation. Cambridge University Press, Cambridge.
- Iwersen M, Klein D, Drillich M. 2012. Der Herdenfruchtbarkeit auf der Spur - Möglichkeiten der Datenerfassung und -auswertung in Milchviehbeständen. *Tierärztl Prax* 2012;40:264–74.
- Jordan E.J. 2003. Effects of heat stress on reproduction. *J. Dairy Sci.* 86:(E. Suppl.):E104-E114.
- Kadzere C.T, M.R Murphy, N Silanikove, E Maltz. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, Volume 77, Issue 1, October 2002, Pages 59-91

- Kaim H., Bloch A., Wolfenson D., Braw-Tal R., Rosenberg M.J., Voet H., *et al.* 2003. Effects of GnRH administered to cows at the onset of estrus on timing of ovulation, endocrine responses, and conception. *J Dairy Sci*, 86 (2003), pp. 2012–2021
- Karsch FJ, Battaglia DF, Breen KM, Debus N, Harris TG 2002 Mechanisms for ovarian cycle disruption by immune/inflammatory stress. *Stress* 5:101–112 CrossRef, Medline.
- Kerbrat S, Disenhaus C. A. 2004. Proposition for an updated behavioural characterisation of the oestrus period in dairy cows. *Appl Anim Behav Sci* 2004;87:223–38.
- Khodaei-Motlagh M, Zare Shahneh A., Masoumi R. and De Rensis Fabio. 2011 Alterations in reproductive hormones during heat stress in dairy cattle. *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(29), pp. 5552-5558, 22 June, 2011. Academic Journals.
- Lamb G.C., M.F. Smith, G.A. Perry, J.A. Atkins, M.E. Risley, D.C. Busch, and D.J. Patterson. 2009 Reproductive Endocrinology and Hormonal Control of the Estrous Cycle. North Florida Research and Education Center, University of Florida.
- Lammers B.P., Heinrichs A.J., and Ishler V.A. 2002. Using TMR (TMR) For Dairy Cows. Universidad Estatal de Pensilvania Departamento de Lechería y Ciencia Animal.
- Lean I.J., Rabiee A.R. and Moss N. 2015. Chaper 44 A Hazards Analysis Critical Control Point Approach to Improving Reproductive Performance in Lactating Dairy Cows. *Bovine Medicine*. Third edition. by JohnWiley & Sons, Ltd.
- Legrand A., K.E.Schütz, y C.B. Tucker. 2011. Using water to cool cattle: behavioral and physiological changes associated with voluntary use of cow showers. *J. Dairy Sci.* 94:3376-3386.
- Leitgeb E, Van Saun R. 2008. Assessment of fertility performance in German dairy herds 25th World Buiatrics Congress 2008. Budapest, Hungary.
- Lopez H., L.D. Satter, M.C. Wiltbank. 2004. Relationship between level of milk production and estrus behaviour of lactating dairy cows. *Anim Reprod Sci*, 81 (2004), pp. 209–223
- López-Gatius F. 2000. Site of semen deposition in cattle: a review. *Theriogenology*, 53:1407-1414.
- López-Gatius F., P. Santolaria, I. Mundet, J.L. Yániz. 2005. Walking activity at estrus and subsequent fertility in dairy cows. *Theriogenology*, 63 (2005), pp. 1419–1429
- Lozano D.R.R., Vásquez P.C.G., González P.E., 2005. Effect of heat stress and its interaction with other management and productive variables on pregnancy rate in dairy cows in Aguascalientes, México.
- Lucy MC. 2001. ADSA Foundation Scholar Award. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *J Dairy Sci* 2001;84:1277–93.
- Lucy MC. 2003. Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. *Reproduction*; (Suppl 61):415-27.

- Madureira A.M.L., Silper, B.F., Burnett, T.A., Polsky, L., Cruppe, L.H., Veira, D.M., Vasconcelos, J.L.M., Cerri, R.L.A. 2015. Factors affecting expression of estrus measured by activity monitors and conception risk of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. Volume 98, Issue 10, 1 October 2015, Article number 73834, Pages 7003-7014
- Min L., Cheng J., Shi B., Yang H., Zheng N., Wang J. 2015. Effects of heat stress on serum insulin, adipokines, AMP-activated protein kinase, and heat shock signal molecules in dairy cows. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE B (Biomedicine & Biotechnology)* 16(6):541-548
- Moghaddam A., I. Karimi, y M. Pooyanmehr. 2009. Effects of short-term cooling on pregnancy rate of dairy heifers under summer heat stress. *Vet. Res. Commun.* 33: 567-575.
- Mormède P, Andanson S, Aupérin B, Beerda B, Guémené D, Malmkvist J, Manteca X, Manteuffel G, Prunet P, van Reenen CG, Richard S, Veissier I. 2007. Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiol Behav.* 2007 Oct 22;92(3):317-39. Epub 2007 Jan 16
- Morton J. M., Tranter W. P., Mayer D. G., and Jonsson N. N. 2007. Effects of Environmental Heat on Conception Rates in Lactating Dairy Cows: Critical Periods of Exposure. *J. Dairy Sci.* 90:2271–2278 doi:10.3168/jds.2006-574 c American Dairy Science Association, 2007.
- Mujika A. I. 2005. El estrés calórico efecto en las vacas lecheras. [http://www.produccion-animal.com.ar/clima\\_y\\_ambientacion/76-estrescalorico.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/76-estrescalorico.pdf) consultado el 18 Enero 2016.
- Nabanukraw, C, Reynolds, L.P, Grazul-Bilska, A.T., Redner, D.A. and Fricke, P.M. 2002. Effect of presynchronization en pregnancy rate to a timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85 (Suppl. 1):263
- Niu M., Y. Ying, P.A. Bartell, K.J. Harvatine. 2014. The effects of feeding time on milk production, total-tract digestibility, and daily rhythms of feeding behavior and plasma metabolites and hormones in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Volume 97, Issue 12, December 2014, Pages 7764-7776
- Oberto M, Reitú M, Pirra M.A. 2006. Estrés calórico: ¿Qué podemos hacer? ¿Dietas frías, manejo del ambiente? *Producir XXI*. Argentina. <http://www.produccionbovina.com.ar/climayambientación.pdf>.
- O'brien M., Rhoads, R., Sanders, S., *et al.*, 2010. Metabolic adaptations to heat stress in growing cattle. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 38(2):86-94. [doi:10.1016/j.domaniend.2009. 08.005]
- Orozco M., C.G. Gutiérrez, R. López, C. Aguilar, C. Roque, J. Hernández-Cerón. 2016. Pregnancy rate in dairy cows treated with progesterone for six days during estrus synchronization with PGF2 $\alpha$ . *Animal Reproduction Science*, Volume 166, March 2016, Pages 128-132
- Portaluppi MA, Stevenson JS. 2005. Pregnancy rates in lactating dairy cows after presynchronization of estrous cycles and variations of the Ovsynch protocol. *J Dairy Sci.* 88:914-21.

- Ravagnolo, O., and I. Misztal. 2002. Effect of heat stress on nonreturn rate in Holstein cows: Genetic analyses. *J. Dairy Sci.*85:3092–3100.
- Rensis F. y Scaramuzzi R.J. 2003. Heat stress and seasonal effect on reproduction in the dairy cow. *ELSEVIER Theriogenology* 60. 1139-1151. Italy and UK.
- Rhoads, M. L., J. W. Kim, R. J. Collier, B. A. Crooker, Y. R. Boisclair, L. H. Baumgard, and R. P. Rhoads. 2010. Effects of heat stress and nutrition on lactating holstein cows: II. Aspects of hepatic growth hormone responsiveness. *J. Dairy Sci.* 93:170–179.
- Rhoads, M. L., R. P. Rhoads, M. J. VanBaale, R. J. Collier, S. R. Sanders, W. J. Weber, B. A. Crooker, and L. H. Baumgard. 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism and aspects of circulating somatotropin. *J. Dairy Sci.* 92:1986–1997.
- Rippe C.A. 2009. EL CICLO ESTRAL. Dairy Cattle Reproduction Conference. Minneapolis, MN. Pp 111-115.
- Risco C.A. and Melendez R.P. 2011. Dairy Production Medicine. This edition first published. Wiley-Blackwell by John Wiley & Sons, Inc. UK.
- Roelofs J.B., van Eerdenburg FJCM, Soede NM, Kemp B. 2005. Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* 2005;63:1366–77.
- Roelofs J.B., E.A.M. Graat, E. Mullaart, N.M. Soede, W. Voskamp-Harkema, B. Kemp. 2006. Effects of insemination-ovulation interval on fertilization rates and embryo characteristics in dairy cattle. *Theriogenology*, 66 (2006), pp. 2173–2181
- Roelofs J.B., López-Gatius F., Hunter R.H.F., Van Eerdenburg F.J.C.M., Hanzen Ch. 2010. When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology*. Volume 74, Issue 3, August 2010, Pages 327–344
- Roth Z., A. Bor, R. Braw-Tal, y D. Wolfenson. 2004. Carry-over effect of summer thermal stress on characteristics of the preovulatory follicle of lactating cows. *J. Them. Biol.* 29:681-685.
- Roth Z., R. Median, R. Braw-Tal, y D. Wolfenson. 2000. Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. *J. Reprod. Fertil.* 120:83-90. *Reproduction* 122:737–744.
- Royal MD, Darwash AO, Flint APF, Webb R, Woolliams JA, Lamming GE. 2000. Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of fertility. *Anim Sci* 2000;70:487–501.
- Saint-Dizier M, Chastant-Maillard S. 2012. Towards an automated detection of oestrus in dairy cattle. *Reprod Domest Anim* 2012;47:1056–61.
- Sartori R., R. Sartor-Bergfelt, S.A. Mertens, J.N. Guenther, J.J. Parrish, y M.C. Wiltbank. 2002. Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *Journal of Dairy Science* , 85 : 2803 – 2812 .
- Schüller L.K, Burfeind O., Heuwieser W. 2014. Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different

temperature– humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. *Theriogenology* 81 1050–1057

- Schüller L.-K., Burfeind O., Heuwieser W. 2016. Effect of short- and long-term heat stress on the conception risk of dairy cows under natural service and artificial insemination breeding programs *Journal of Dairy Science* Volume 99, Issue 4, April 2016, Pages 2996–3002
- Schüller LK, Burfeind O, Heuwieser W. 2013. Short communication: comparison of ambient temperature, relative humidity, and temperature-humidity index between on-farm measurements and official meteorological data. *J Dairy Sci*; 96:7731–8.
- Senger P.L. 2012. *Pathways to Pregnancy & Parturition*. 3rd edition. Current conceptions. USA.
- Spiers D.E., J.N. Spain, J.D. Sampson and R.P. Rhoads. 2004. Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. *J. Thermal Biol.* 29:759-764.
- Stevenson J.S. 2007. Chapter 35 *Clinical Reproductive Physiology of the Cow*. Current therapy in large animal theriogenology. 2da edition. Saunders ELSEVIER. St. Louis, Missouri. USA.
- Stewart, B.M., J. Block, P. Morelli, A.E. Navarrette, M. Amstalden, L. Bonilla, P.J. Hansen, y T.R. Bilby. 2011. Efficacy of embryo transfer in lactating dairy cows during summer using fresh or vitrified embryos produced in vitro with sex-sorted semen. *J. Dairy Sci.* in press.
- Stratman T.J., Moore S.G., Lamberson W.R., Keisler D.H., Poock S.E., Lucy M.C. 2016. Growth of the conceptus from day 33 to 45 of pregnancy is minimally associated with concurrent hormonal or metabolic status in postpartum dairy cows. *Animal Reproduction Science* 168 (2016) 10–18
- Sturman H, Oltenacu EAB, Foote RH. 2000. Importance of inseminating only cows in estrus. *Theriogenology* 2000;53:1657– 67.
- Thatcher W.W., Flamenbaum I., Block J. and Bilby T.R. 2010. The High Plains Dairy Conference does not support one product over another and any mention herein is meant as an example, not an endorsement. *Interrelationships of Heat Stress and Reproduction in Lactating Dairy Cows*. [http://www.highplainsdairy.org/2010/14\\_Thatcher\\_Interrelationships%20of%20Heat%20Stress%20%20Repro%20in%20Lactating%20Cows\\_FINAL.pdf](http://www.highplainsdairy.org/2010/14_Thatcher_Interrelationships%20of%20Heat%20Stress%20%20Repro%20in%20Lactating%20Cows_FINAL.pdf)
- Van Eerdenburg F.J.C.M., D. Karthaus, M.A.M. Taverne, I. Merics, O. Szenci. 2002. The relationship between estrous behavioral score and time of ovulation in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 85 (2002), pp. 1150–1156
- Vasconcelos J.L.M., R.F. Cooke, D.T.G. Jardina, F.L. Aragon, M.B. Veras, S. Soriano, N. Sobreira, A.B. Scarpa. 2011. Associations among milk production and rectal temperature on pregnancy maintenance in lactating recipient dairy cows. *Animal Reproduction Science*, Volume 127, Issues 3–4, September 2011, Pages 140-147
- Vélez M. y Uribe V.L.F. 2010. ¿Cómo afecta el estrés calórico la reproducción? *Biosalud*, Volumen 9 No. 2, julio - diciembre. págs. 83 – 95
- West JW. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 86: 2131-2144.

- Wheelock, J. B., R. P. Rhoads, M. J. VanBaale, S. R. Sanders, and L.H. Baumgard. 2010. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 93:644–655.
- Wiltbank MC, Pursley JR. 2014. The cow as an induced ovulator: timed AI after synchronization of ovulation. *Theriogenology* 2014; 81:170-185.
- Zeron Y, Ocheretny A, Kedar O, Borochoy A, Sklan D, Arav A. 2001. Seasonal changes in bovine fertility: relation to developmental competence of oocytes, membrane properties and fatty acid composition of follicles. *Reproduction* 121:447–54.
- Zimbelman, R.B., R.P. Rhoads, M.L. Rhoads, G.C. Duff, L.H. Baumgard, y R.J. Collier. 2009. A re-evaluatio of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe temperature humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. *Proc. 24th Southwest Nutrition and Management Conference, Tempe, AZ*, pp. 158-168.