

UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA
FACULTAT DE VETERINÀRIA
DEPARTAMENT DE CIENCIA ANIMAL I DELS ALIMENTS



Máster Oficial en Calidad de Alimentos de Origen Animal

Trabajo presentado para la superación de los 15 créditos del
Módulo Trabajo de Fin de Máster

**“Sensibilidad al estrés térmico de ovejas lecheras:
El caso de la raza Manchega en la Granja Experimental
de la UAB”**

Marcelo Andrés Cedeño Saldarriaga

Julio 2017

Informe del supervisor y tutor del trabajo de investigación:

Gerardo Caja López, Catedrático del Área de Producción Animal UAB

INFORMA

Que el trabajo de investigación titulado: "Sensibilidad al estrés térmico de ovejas lecheras: El caso de la raza Manchega en la granja experimental de la UAB" ha sido realizado bajo mi supervisión o tutela por el Sr Marcelo Andrés Cedeño Saldarriaga dentro del módulo Trabajo Fin de Máster del Máster Oficial de Calidad de Alimentos de Origen Animal de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Bellaterra, 2 de julio de 2017.

1. Índice.

| | |
|---|-----------|
| 1. Índice. | 3 |
| 2. Introducción. | 4 |
| 3. Revisión. | 5 |
| Importancia del Estrés por Calor | 5 |
| Efectos negativos en la producción de leche..... | 6 |
| 4. Objetivos..... | 7 |
| Objetivo general | 7 |
| Objetivos específicos..... | 7 |
| 5. Materiales y Métodos. | 8 |
| Estación meteorológica..... | 8 |
| Datos meteorológicos | 8 |
| Recopilación de datos meteorológicos..... | 9 |
| Análisis de datos meteorológicos | 9 |
| THI Exterior | 9 |
| THI Interior | 10 |
| THI oveja | 10 |
| THI críticos | 10 |
| Sometimiento a estrés térmico de ovejas Manchegas | 10 |
| Datos de producción de leche | 11 |
| Análisis estadístico | 11 |
| 6. Resultados y Discusión. | 13 |
| Datos meteorológicos | 13 |
| Índices de Temperatura-Humedad (THI) | 14 |
| Comparación de distintos THI | 14 |
| Índices de THI oveja/nave | 16 |
| THI críticos | 18 |
| Sometimiento a estrés térmico ovejas Manchegas | 18 |
| Producción de leche | 21 |
| 7. Conclusiones..... | 24 |
| 8. Bibliografía. | 25 |

2. Introducción.

Entre los factores que modifican la producción de leche del ganado ovino, se encuentra el estrés producido por condiciones medioambientales adversas, destacando el producido por el calor.

El estrés calórico puede ser definido como la condición fisiológica que sucede cuando la temperatura corporal excede su rango específico de normalidad para cada especie, lo que es resultado de una carga excesiva de calor, excediendo la capacidad de los animales para poder realizar su disipación. El efecto del estrés calórico, causado por la temperatura, se ve modificado por diversos factores ambientales tales como la humedad relativa, radiación solar, movimiento del aire y la precipitación (Bohmanova et al., 2008).

La habilidad de los animales para regular su temperatura corporal depende en gran medida de la especie y de la raza. Los rumiantes son relativamente tolerantes al calor, por haber evolucionado en condiciones cálidas y secas, pero las razas productoras de leche son típicamente más sensibles al estrés por calor debido a su elevado catabolismo. Así mismo, los animales que producen mayor cantidad de leche generan más calor metabólico y padecen más los efectos del estrés calórico (Bernabucci et al. 2010).

Se han realizado estudios, en diversas especies animales, sobre la afectación directa de la producción debido a la acción conjunta la temperatura y de la humedad relativa mediante el cálculo del Índice Termohigrométrico (THI) que integra a ambos factores.

Actualmente no existen estudios realizados en ovejas acerca de la incidencia que puede tener el estrés calórico en la producción de leche. Según Al-Haidary (2004) la alta temperatura es capaz de ocasionar importantes efectos negativos en el rendimiento de los ovinos y así, un incremento en la temperatura corporal y la tasa de respiración, están asociados con una disminución de la ingesta de alimento, una redistribución del flujo sanguíneo y cambios en las funciones endocrinas lo que afecta negativamente a la reproducción y a la producción.

Armstrong (1994) identificó los valores de THI por debajo de 71 como zonas de confort, los situados entre 72 y 79 como zona de ligero estrés, los de 80 a 89 como zona de estrés moderado y los valores por encima de 90 como una zona de severo estrés para los animales.

Muchas expresiones de cálculo del THI son una combinación de la temperatura ambiente (o

de bulbo seco) y de la humedad relativa del ambiente afectados por distintos coeficientes (Bernabucci et al., 2010). La principal diferencia existente entre los THI propuestos se refiere a cuánto énfasis se le otorga a la humedad relativa y las diferentes ecuaciones están diseñadas para distintas localizaciones geográficas.

Los ovinos son animales homeotermos, es decir que mantienen su temperatura corporal bajo un amplio rango de condiciones ambientales. Bajo condiciones termoneutras pueden mantener su temperatura corporal en rangos normales liberando calor al ambiente (Al-Haidary, 2004). Sin embargo, su capacidad para mantener la temperatura corporal a niveles normales se ve comprometida cuando las condiciones medio ambientales limitan la pérdida de calor metabólico o contribuyen al aumento de la carga de temperatura de los animales (Dikmen y Hansen, 2009). A medida que la temperatura ambiente se incrementa, el calor es disipado a través de mecanismos pasivos, como son la radiación y la convección (Cabanac, 1975); asimismo, cuando la temperatura ambiente se acerca a la temperatura de la piel, las tasas de disipación a través de mecanismos pasivos se reducen. Por ello, si el calor incrementa, comienzan a disipar el calor a través de la sudoración y del incremento de la tasa de respiración (Mortola y Frappell, 2000).

En este contexto, el objetivo de este estudio es analizar la sensibilidad al estrés térmico de ovejas de aptitud productiva lechera; específicamente en el caso de la raza Manchega en las condiciones anuales de la Granja Experimental de la Universidad Autónoma de Barcelona, situada en Bellaterra (Barcelona), evaluando el THI más adecuado para las condiciones ambientales de la zona y valorando sus efectos en la producción de leche.

3. Revisión.

Importancia del Estrés por Calor

El cambio climático se ha identificado, durante los últimos años, como un importante riesgo a nivel mundial y todo parece indicar que está siendo causado principalmente por las actividades del hombre. Esto es debido a la elevación de la emanación de gases a la atmósfera provocando el llamado efecto invernadero y, como resultado, un aumento en las temperaturas globales del planeta.

Como respuesta a este aumento de temperaturas, se esperan incrementos en la severidad y en la frecuencia de olas de calor, lo que afectará a todos los seres vivos que se verán sometidos a situaciones de estrés calórico debido a las altas temperaturas. Cabe mencionar además que los cambios se espera que ocurrirán en varias de las condiciones medioambientales anteriormente citadas (i.e., temperatura, humedad, radiación solar y velocidad del viento), lo que afectará de manera directa al THI y a la termorregulación en los animales (Salama et al., 2014).

En situaciones normales, los animales mitigan su carga de calor mediante mecanismos de radiación y convección; sin embargo, los animales no pueden enfriar su sistema de manera tan eficiente ni tampoco mantener sus funciones fisiológicas normales cuando las cargas de calor son excesivas (Salama et al., 2014). Esto provocará que existan mermas productivas durante épocas del año en las cuales los factores climáticos sean inadecuados para los animales.

Efectos negativos en la producción de leche

Estudios realizados sobre las interacciones de los aspectos productivos y las variables climáticas en el ovino lechero han permitido identificar una zona de confort entre los 11 y 21°C en las temperaturas medias diarias y asimismo, un rango de temperaturas máximas medias diarias toleradas entre los 19 y 30°C en las cuales los animales pueden expresar su productividad máxima (Ramón et al., 2016).

La exposición de los animales a altas temperaturas incrementa los esfuerzos por disipar el calor corporal, resultando en un incremento en las tasas de respiración, temperatura corporal, consumo de agua y una disminución del consumo de materia seca (Marai et al., 2002). La disminución en la ingesta de materia seca por el estrés por calor provoca que haya menos producción de sólidos de la leche (i.e., grasa, proteína y lactosa) y consecuentemente una reducción en la eficiencia de producción de leche y de queso.

De acuerdo con Ramón et al. (2016), la calidad de la leche cuando los animales han sido expuestos a temperaturas altas produjo una reducción significativa en los porcentajes de grasa y proteína, de similar manera a lo que sucede cuando los animales han sido expuestos a temperaturas bajas. Por tanto, los animales se pueden encontrar en rangos de temperaturas

en los cuales no pueden expresar su máximo potencial genético, viéndose afectada su productividad y la calidad de la leche producida.

4. Objetivos

Objetivo general

La producción actual de leche de pequeños rumiantes, como la especie ovina, en España es de bastante importancia debido a la alta demanda de los productos lácteos elaborados con ella, tanto en los mercados nacionales como internacionales. Para la elaboración de estos productos se emplea la leche de oveja como principal materia prima.

Cabe destacar que España tiene de 3 a 5 meses de clima de verano, donde las temperaturas se incrementan notablemente, y este efecto debe tener una incidencia directa en la producción de leche.

Dado que no se han realizado estudios extensos acerca de cómo el estrés por calor puede afectar la producción de leche en pequeños rumiantes, el objetivo general de este estudio es analizar la sensibilidad al estrés térmico de ovejas Manchegas lecheras y verificar su impacto en la producción.

Objetivos específicos

- Medir el estrés térmico en ovejas mediante el uso de varios índices de temperatura-humedad (THI) empleados por diversos autores.
- Identificar el índice de temperatura-humedad (THI) idóneo para ovejas lecheras bajo condiciones controladas.
- Analizar datos meteorológicos para verificar THI durante un período de tiempo prolongado.
- Comprobar los efectos del estrés calórico en la incidencia de producción de leche en ovejas Manchegas.

5. Materiales y Métodos.

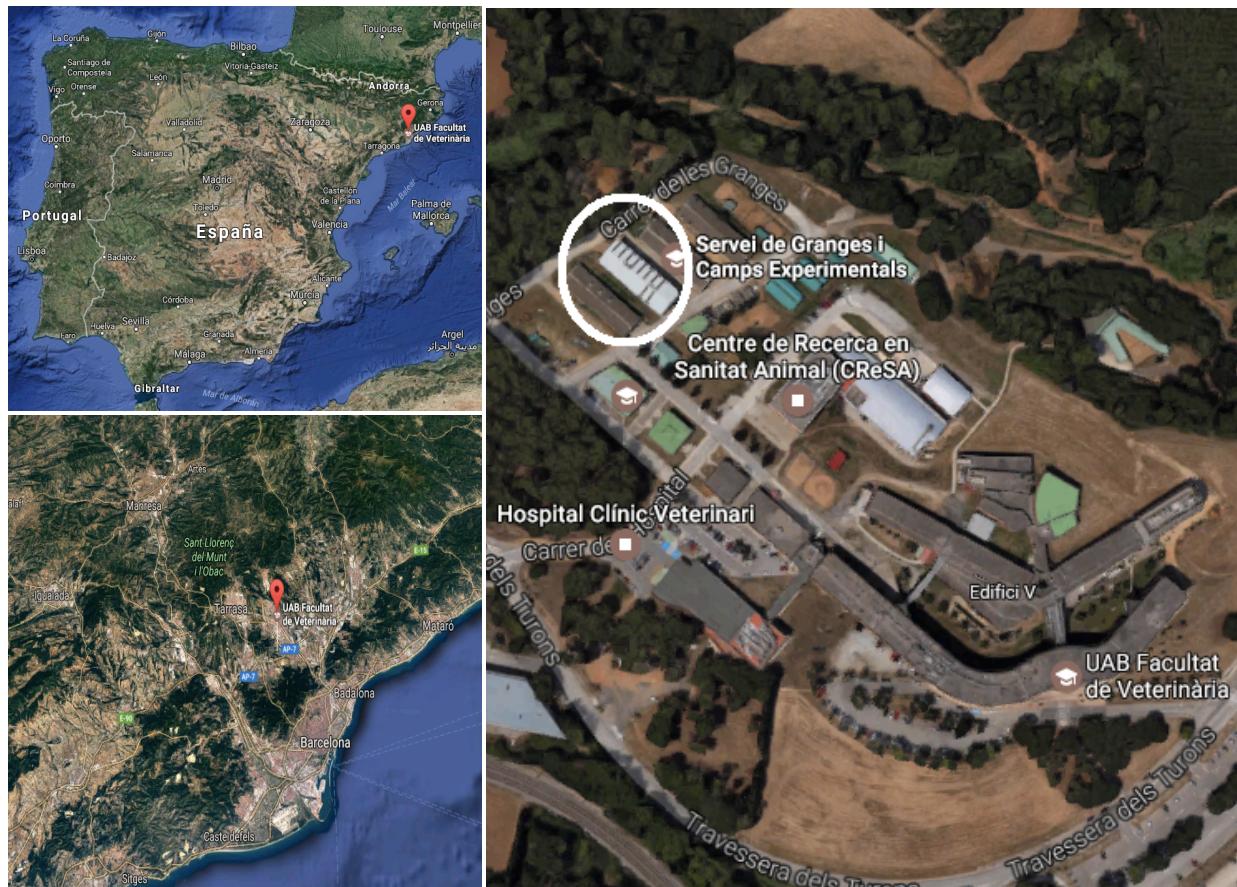
Estación meteorológica

Para fines de este estudio se han tomado datos climáticos con la ayuda de la estación meteorológica de la Granja Experimental de la Universidad Autónoma de Barcelona cuyo modelo es TFA Nexus fabricada por TFA Dorstmann GmbH & Co. (Wertheim, Alemania) y que está equipada con 5 sensores de temperatura y humedad (4 interiores y 1 exterior) comunicados con la estación central mediante Bluetooth.

Datos meteorológicos

Los datos de temperatura y humedad relativa fueron obtenidos por medio de los sensores de la estación meteorológica ubicada en la Granja Experimental de la Universidad Autónoma de Barcelona en Bellaterra, Cerdanyola del Vallès, Barcelona ($41^{\circ} 30' N$ y $2^{\circ} 05' E$).

Figura 1. Ubicación geográfica de la Granja Experimental y la estación meteorológica



Recopilación de datos meteorológicos

La recopilación de los datos meteorológicos consistió en registros diarios de temperaturas y humedades externas obtenidos de un sensor colocado en el exterior de la nave desde el 10 de septiembre de 2016 hasta el 28 de noviembre de 2016.

Para las temperaturas y humedades internas se tomaron en cuenta 3 de los 4 sensores existentes. El cuarto sensor no fue tomado en cuenta. Desde el 29 de noviembre hasta el 1 de mayo de 2017 se tomaron en cuenta 48 datos diarios tanto para temperatura como para humedad en el interior de la nave. Para 229 datos de temperatura exterior y humedad relativa que corresponden del 1 de mayo de 2016 hasta el 17 de enero de 2017, éstos fueron tomados por medio del Servei Meteorològic de Catalunya; específicamente de la estación ubicada en el CAR (Centre d'Alt Rendiment Esportiu, Sant Cugat del Vallès. Barcelona).

Análisis de datos meteorológicos

El análisis de los datos meteorológicos se realizó con el programa Microsoft Excel 2011.

Un total de 13.064 datos fueron analizados para la temperatura y la humedad relativa al exterior de la nave, y 76.610 datos fueron analizados para el interior de la nave. De todos los datos se obtuvo un valor correspondiente a la media diaria y posteriormente fueron graficados.

THI Exterior

El THI exterior fue obtenido mediante los datos de Temperatura Exterior (°C) y la Humedad Relativa (%) obtenidos por el sensor externo de la estación meteorológica ubicada en la Granja Experimental de la Universidad Autónoma de Barcelona y fue calculado mediante la fórmula del NRC (1971):

$$\text{THI} = (1.8 \times \text{Tdb} + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times \text{HR}) \times (1.8 \times \text{Tdb} - 26.8)]$$

Donde Tdb se refiere a la Temperatura de Bulbo Seco (°C) y HR a la Humedad Relativa (%).

THI Interior

El THI interior fue obtenido mediante los datos de Temperatura Interior (°C) y de Humedad Relativa (%) de 3 de los 4 sensores internos existentes en la estación meteorológica ubicada en la Granja Experimental de la Universidad Autónoma de Barcelona y fue calculado mediante la misma fórmula (NRC 1971).

THI oveja

El THI oveja fue obtenido mediante un cálculo que toma como referencia que los animales pasan aproximadamente 6 h en pastoreo (1/3) y 18 h en estabulación (2/3) en la nave en dónde consumen la ración complementaria diaria. Este cálculo fue realizado mediante el uso de los valores calculados tanto para el THI Exterior y el THI Interior. Se tomó el THI exterior como el 75% del valor y el otro 25% se tomó del THI interior y con ello se obtuvo un valor real del THI que poseen las ovejas en su día normal.

THI críticos

Con la finalidad de obtener cuáles son los valores de THI críticos que afectan directamente a las ovejas y analizar cuáles son sus efectos, éstas fueron sometidas a tratamientos Termo Neutro (TN) y de Estrés por Calor (EC) durante 4 períodos experimentales. Durante estos períodos se midió el Ritmo de Respiración (RR) mediante observación visual (15 segundos posteriormente multiplicado por 4 para calcular las respiraciones por minuto) de cada una de las ovejas. Asimismo, se midió su temperatura rectal empleando un termómetro rectal para cada uno de los tratamientos. Por último, se realizaron mediciones de la temperatura exterior de la piel mediante un termómetro de infrarrojos (IR; Ibertronix, Barcelona) de todas las ovejas durante ambas fases.

Sometimiento a estrés térmico de ovejas Manchegas

Las prácticas de manejo y condiciones de bienestar animal se llevaron a cabo de acuerdo a los procedimientos aprobados por el Comité de Ética en Experimentación Animal y Humana de la Universidad Autónoma de Barcelona (referencia CEEAH 09/771) y recomendaciones para el bienestar animal del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de España.

El diseño experimental se basó en 2 tratamientos (TN y EC) durante 2 períodos consecutivos que duraron aproximadamente 4 horas en total, empezando por el TN. Para ello, los animales se adaptaron durante la tarde y noche anterior a la sala y corrales experimentales en grupos de 2-5 según edades. En total se emplearon 12 corderas ($33,9 \pm 1,1$ kg PV), 14 ovejas secas ($55,1 \pm 2,1$ kg PV) y 74 ovejas en ordeño ($75,6 \pm 0,9$ kg PV), todas de raza Manchega y en buenas condiciones de salud pertenecientes al rebaño de la Granja Experimental de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Las condiciones climáticas de los tratamientos fueron:

- 1) TN: 17 a 36°C, 49 a 75% HR y THI = 62 a 87.
- 2) EC: 35 a 36,7°C, 38 a 52% HR y THI = 82 a 87.

Datos de producción de leche

Los datos de producción de leche fueron tomados del programa DelPro® De Laval para el control lechero empleado en la Granja Experimental de la Universidad Autónoma de Barcelona. Los datos de producción extraídos para el presente trabajo comenzaron el 9 de noviembre de 2016 (inicio de la temporada de ordeño) y duraron hasta el 30 de abril de 2017. Estos datos fueron correlacionados con los índices THI obtenidos durante todo el año para verificar el efecto en la producción. Para la gráfica de correlación entre la producción y el THI se emplearon los datos de THI-ext debido a que se podía contar con la totalidad de datos desde mayo de 2016 hasta mayo de 2017.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos se empleó el paquete SAS (Versión 9.13 Service Pack 4) para realizar la comparación entre el fotoperiodo y el THI frente a la producción de leche. El THI fue dividido en 2 categorías: $\text{THI} < 50$ y $\text{THI} > 50$.

Asimismo, para analizar un posible efecto de fotoperiodo (FP), éste fue dividido en 2 categorías: $\text{FP} < 10 \text{ h/d}$ y $\text{FP} > 10 \text{ h/d}$.

Se tomó el valor de $\text{THI} = 50$ como referencia debido a que es el punto medio entre los valores alcanzados durante el año. De igual manera se tomó como referencia el valor de $\text{FP} = 10 \text{ h/d}$ para el fotoperiodo debido a que los días largos (15-16 h) en la zona de referencia

del estudio se dan a partir del solsticio de verano (21 de junio) y hasta el equinoccio de otoño (21 de septiembre).

Los datos de fotoperiodo fueron obtenidos de la página de datos climatológicos de Barcelona, calculando mediante MS Excel las horas de luz diarias durante los meses del estudio. Estos datos fueron procesados con el programa estadístico SAS (Versión 9.13 Service Pack 4) y se realizó la comparación entre el $FP < 10$ y el $FP > 10$, para los índices de $THI < 50$ y $THI > 50$, de los datos de producción de leche del rebaño de ovejas Manchegas de la Granja Experimental de la Universidad Autónoma de Barcelona. El modelo incluyó los efectos corregidos por los días en leche (DIM). Todos los valores presentaron con sus errores estándar de la media y las diferencias cuadráticas de las medias se declararon diferentes para $P < 0.05$

6. Resultados y Discusión.

Datos meteorológicos

En la **Figura 1** se pueden apreciar los diferentes THI obtenidos mediante las distintas combinaciones de temperatura desde mayo de 2016 hasta mayo de 2017.

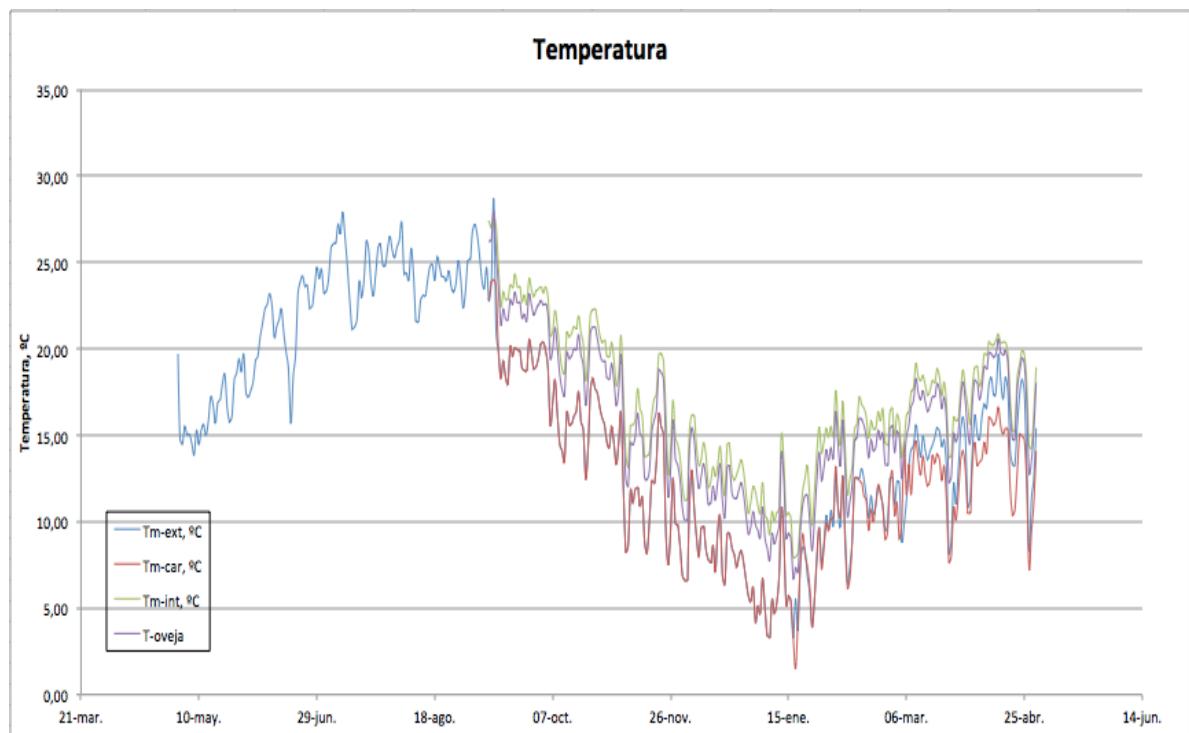


Figura 1. Índices THI de mayo 2016 a mayo 2017 en la Granja de la UAB

Desde el mes de julio de 2016 se puede apreciar un ascenso en la temperatura que va prolongándose hasta mediados de septiembre de 2016. Durante este transcurso de tiempo el THI muestra una tendencia regular, obteniéndose valores que van desde los 68 hasta los 78 tanto para valores exteriores, interiores y de ovejas. De acuerdo a Armstrong (1994), estos valores se encuentran en un rango entre la zona de confort que se refiere a valores por debajo de los 71 y un estrés moderado que va desde los 72 hasta los 79. Esto podría determinar que las ovejas Manchegas de la Granja Experimental de la UAB sufrieron este

tipo de estrés durante un período de tiempo corto. Es decir, que nunca llegaron a valores de estrés moderado y estrés severo.

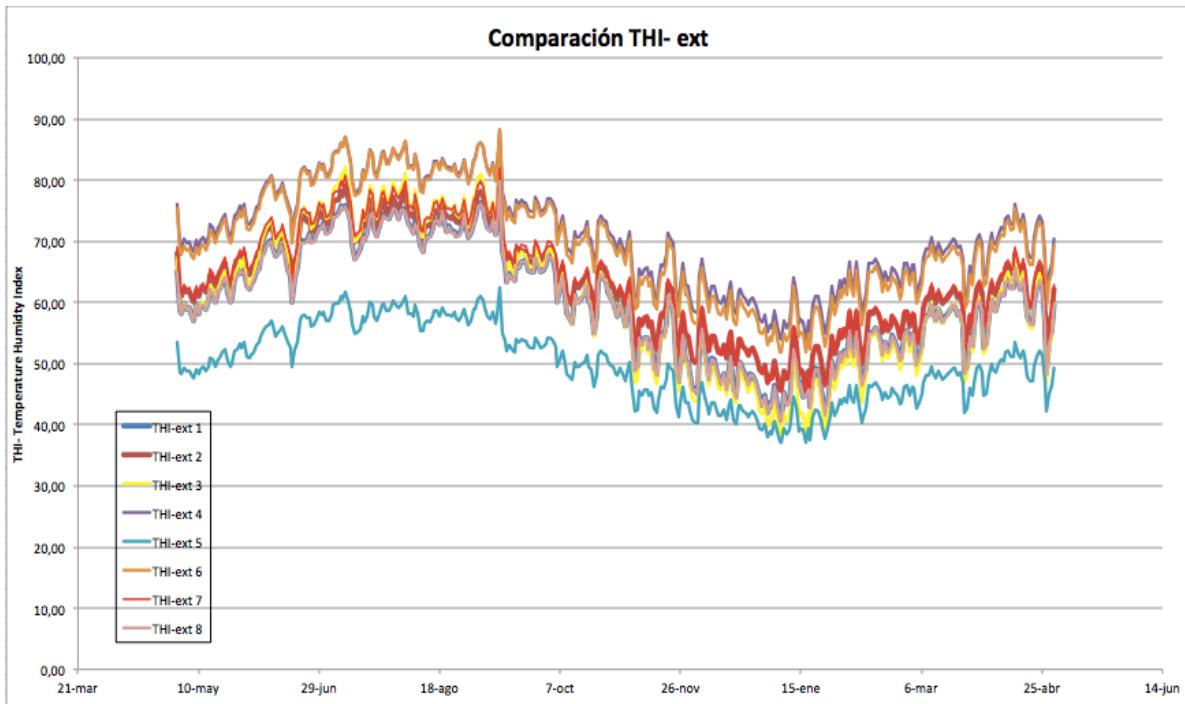
Índices de Temperatura-Humedad (THI)

Comparación de distintos THI

Partiendo del total de número de datos obtenidos se procedió a la comparación de valores obtenidos tomando como referencia las 8 ecuaciones de THI descritas por Dikmen y Hansen (2009) para decidir la más idónea para la estimación del estrés en ovejas lecheras. En dicho estudio, Dikmen y Hansen (2009) emplearon distintas variables meteorológicas para predecir la temperatura rectal en un ambiente subtropical con la finalidad de evaluar el estrés por calor en vacas lecheras con diferentes índices THI. Cabe mencionar que se considera necesario realizar estudios específicos en ovejas para poder desarrollar un THI que se adapte a las condiciones ambientales de la región en estudio (Ramón et al., 2016). En este estudio se tomaron como referencia dichas fórmulas de THI para verificar cuál sería el idóneo dadas las condiciones climáticas de la zona.

En la **Figura 2** se puede apreciar la comparación entre los diferentes THI propuestos para el caso de la temperatura exterior en la Granja de la UAB. Una de las principales diferencias existentes entre índices es que en los índices de THI 3, 5, 6 y 7 se toma en cuenta la TWB (temperatura del bulbo húmedo), mientras que en los otros se hace referencia al TDB (bulbo seco).

Dentro de lo previamente mencionado, para poder distinguir entre la efectividad del THI para predecir el EC, Bohmanova et al. (2007) afirman que los índices que ponen mayor énfasis en la humedad, suelen ser más efectivos en climas húmedos. Por otro lado, en climas en donde la humedad no alcanza niveles que puedan comprometer el enfriamiento por evaporación, los índices con mayor énfasis en la temperatura ambiente son más adecuados. Aunque la radiación solar puede ser un factor que contribuye a la carga de calor, muchas veces no es medible y su efecto es dependiente del tipo de pelaje que tenga el animal (Bernabucci et al., 2010). De esta manera, las ecuaciones de THI simples (sólo temperatura media y HR) son preferibles, ya que éstas poseen limitaciones en sistemas pastoriles o de confinamiento (Bernabucci et al., 2010) y por esta razón dichos índices han sido descartados de los análisis propuestos en este estudio.



THI 1: National Research Council (1971)

THI 2: Yousef (1985)

THI 3: Blanca (1962)

THI 4: National Research Council (1971)

THI 5: Blanca (1962)

THI 6: Thom (1959)

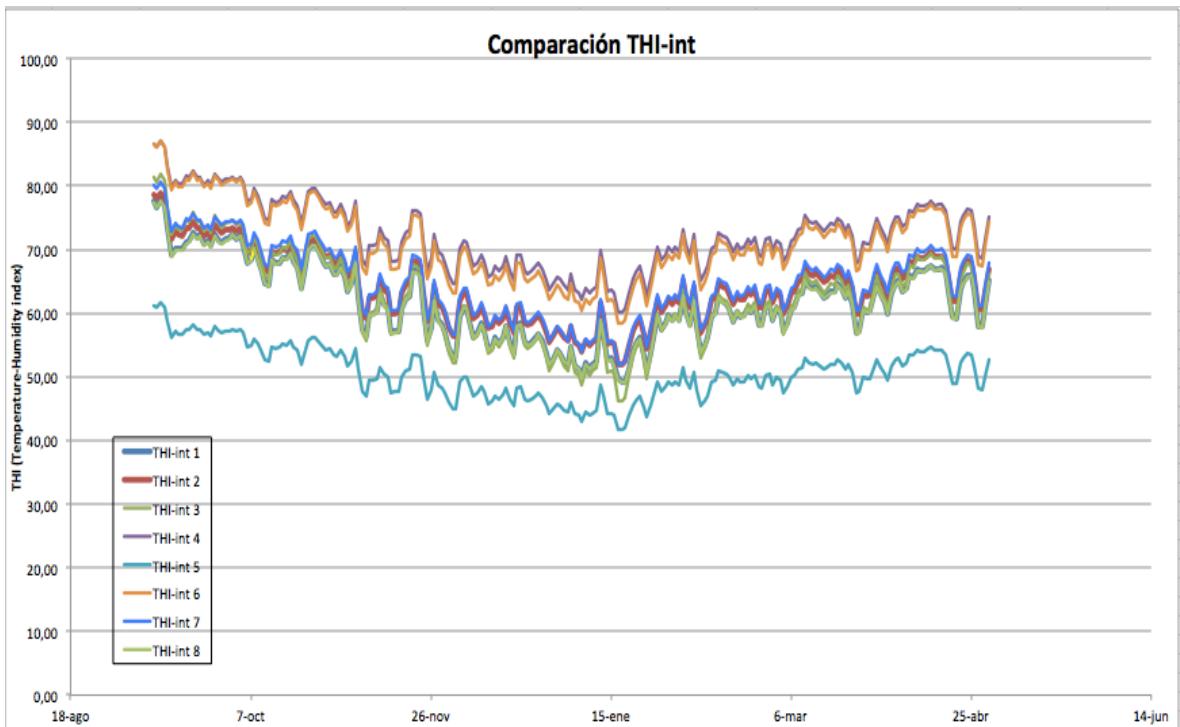
THI 7: National Research Council (1971)

THI 8: Mader, et al. (2006)

Figura 2. Comparación de 8 Índices THI-Exterior en la Granja de la UAB

Por esta razón, dentro de los índices propuestos y de acuerdo a lo que muestra la gráfica, el THI 1, 3 y 8 serían óptimos para medir el EC de acuerdo a los valores obtenidos ya que incluyen sólo la variable de HR y se encuentran entre los rangos de medidas que tienden a valorar los índices de manera correcta. No se tomó en cuenta el THI 4 ya que éste en comparación con los tres índices previamente mencionados tiene una tendencia a sobrevalorar las mediciones. Por último, el THI 1 resulta intermedio entre los índices descritos previamente, por lo que puede ser usado como referencia para medir el EC calor en la zona de la Granja Experimental de la Universidad Autónoma de Barcelona.

De la misma manera se tomaron las temperaturas internas de la nave, mismas que se presentan en la **Figura 3**.



THI 1: National Research Council (1971)

THI 2: Yousef (1985)

THI 3: Blanca (1962)

THI 4: National Research Council (1971)

THI 5: Blanca (1962)

THI 6: Thom (1959)

THI 7: National Research Council (1971)

THI 8: Mader, et al. (2006)

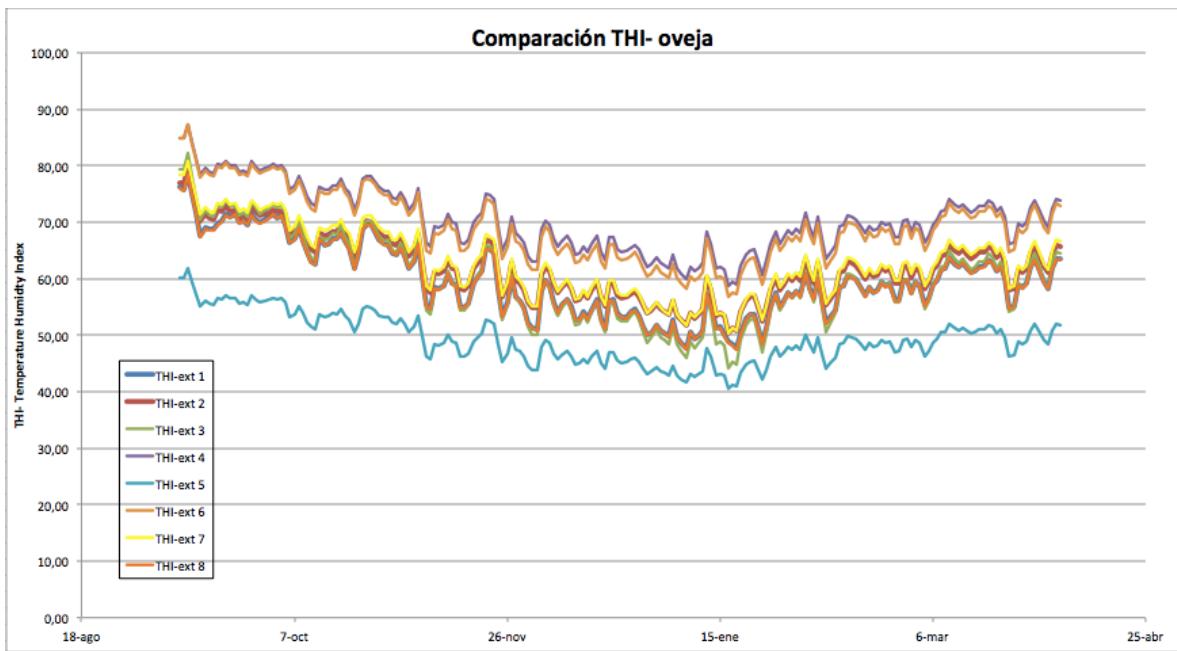
Figura 3. Comparación de 8 Índices THI-Interior en la Granja de la UAB

Para el caso de las temperaturas internas, se revisaron de igual manera los 8 THI propuestos por Bohmanova et al. (2007). Se obtuvieron resultados iguales a los comparados en los THI para la temperatura exterior y de la misma manera se consideraron los THI 1, 3 y 8 como adecuados para poder medir el EC en las ovejas. Dentro de estos índices, el THI 1 muestra ser el valor central, lo que podría ser adecuado para evaluar el estrés calórico en las ovejas.

Índices de THI oveja/nave

Para el caso del THI oveja/nave se emplearon una combinación de datos de acuerdo al tiempo y al espacio en donde los animales estuvieron diariamente.

En la **Figura 4** se pueden distinguir las 8 diferentes fórmulas empleadas para el cálculo del THI- oveja.



THI 1: National Research Council (1971)

THI 2: Yousef (1985)

THI 3: Blanca (1962)

THI 4: National Research Council (1971)

THI 5: Blanca (1962)

THI 6: Thom (1959)

THI 7: National Research Council (1971)

THI 8: Mader, et al. (2006)

Figura 4. Comparación de 8 Índices THI-Oveja en la Granja de la UAB

En el caso del THI-oveja revisando la gráfica, se puede observar que los índices THI 3, 4 y 6 tienden a sobrevalorar los datos, y de la misma forma que para el THI 3, 6 y 7 se emplea en su fórmula el valor de Temperatura de Bulbo Húmedo (Twb), por lo que estos quedarían descartados.

Al contrario, el THI 5, como se puede apreciar claramente en el gráfico, tiende a infravalorar los datos por lo cual no daría una medida muy acertada. Los 3 índices restantes de THI que podrían dar una medida correcta, son el 1, 2 y 8 tal como era el caso del THI interior y exterior. Dentro de estos índices el que se ha tomado como mas conveniente ha sido el THI 1 debido a que presenta un valor medio entre el 2 y 8.

THI críticos

Sometimiento a estrés térmico ovejas Manchegas

Experimento 1

El experimento 1 se llevó a cabo el día 27 de marzo de 2017 en las cámaras térmicas controladas de la Granja Experimental de la Universidad Autónoma de Barcelona. Durante este experimento se midieron las variables de Temperatura y Humedad Relativa y THI en dos fases, la primera de TN, tuvo una duración de 2 horas en donde la temperatura inicial fue de 17°C y subió hasta los 35,7°C. Los datos de temperatura, humedad relativa y THI fueron registrados con una frecuencia de 15 min entre cada una de las mediciones. Por otro lado, la segunda fase del experimento en la cual se sometió a las ovejas a EC tuvo una duración de 2 horas en donde la temperatura inicial fue de 36.5°C y se mantuvo estable hasta la finalización del experimento a 36.1°C.

Experimento 2

El experimento 2 se llevó a cabo el 31 de marzo de 2017 en las cámaras térmicas controladas de la Granja Experimental de la Universidad Autónoma de Barcelona. Durante este experimento de igual manera se midieron las variables de Temperatura, Humedad y THI en dos fases, TN y EC con temperaturas respectivas de 17.6°C y 36.7°C. Los registros de temperatura, humedad relativa y THI se realizaron también a intervalos de 15 min.

Experimento 3

El experimento 3 se llevó a cabo el 3 de abril de 2017 en las cámaras térmicas controladas de la Granja Experimental de la Universidad Autónoma de Barcelona. La temperatura inicial de TN fue de 18°C y subió hasta 36.6°C durante el EC. Los datos de temperatura, humedad relativa y THI fueron medidos a intervalos de 15 min.

Experimento 4

El experimento 4 se llevó a cabo el 7 de abril de 2017 en las cámaras térmicas controladas de la Granja Experimental de la Universidad Autónoma de Barcelona. La temperatura inicial TN fue de 18 °C y subió hasta los 34.7°C en la fase de EC. Los datos de temperatura, humedad relativa y THI fueron medidos cada 15 min.

Comparación entre categorías de ovejas

Las tasas de respiración o ritmo respiratorio (RR) pueden ser un indicador de estrés calórico (Habeeb et al., 2002). La tasa de respiración basal en ovejas es de 20 a 25 respiraciones por minuto, de esta manera un incremento en las tasas respiratorias por encima de 40 se debe principalmente al jadeo para poder incrementar el enfriamiento en el cuerpo por medio de evaporación respiratoria (Hales y Brown, 1974).

En el estudio realizado por Marai et al. (2002), referente al efecto de la humedad y las temperaturas, cuando se impuso una humedad relativa alta y ya se contaba con temperaturas ambiente elevadas, existió un incremento en la frecuencia respiratoria, que estaba relacionado con un incremento en la percepción de calor por parte de los animales. Asimismo, Al-Haidary (2004) verificó incrementos significativos en la temperatura rectal (Trec) cuando las ovejas fueron sometidas a estrés térmico y esto fue asociado al aumento en RR e incrementos en la temperatura de la piel.

En el presente estudio contrastando (**Tabla 2**) lo que ocurre bajo condiciones TN y EC se observa que las corderas presentan medias de temperatura más altas durante la fase TN (diferencia de 0,01 grados centígrados) que durante la fase de EC.

Tabla 2. Comparación de la respuesta en la temperatura rectal y en el ritmo respiratorio de ovinos bajo condiciones Termo Neutras (TN) y bajo Estrés Calórico (EC).

| | n | TN | | | EC | | | EC-TN | | |
|----------|-----|---------|--------|---------|---------|--------|---------|-------|------|------|
| | | Trec-TN | Tir-TN | Resp-TN | Trec-EC | Tir-EC | Resp-EC | Trec | Tir | Resp |
| Corderas | 12 | 39,39 | 35,7 | 42 | 39,38 | 37,8 | 129 | -0,01 | 2,15 | 87 |
| Secas | 14 | 39,15 | 35,5 | 34 | 39,32 | 38,1 | 114 | 0,18 | 2,58 | 80 |
| Ordeño | 74 | 38,97 | 35,8 | 40 | 39,22 | 37,3 | 97 | 0,25 | 1,51 | 57 |
| | 100 | | | | | | | | | |

Sin embargo, sus tasas de respiración son sumamente elevadas cuando fueron sometidas a EC con una diferencia de 87 respiraciones por minuto. Cabe destacar que de igual manera ocurre en las ovejas secas, si bien sus Temperaturas Rectales durante la comparación entre condiciones TN y de EC presentan 0,18°C de diferencia, las tasas respiratorias presentan una diferencia de 80 respiraciones por minuto.

Lamerle y Goddard (1986) reportaron que aunque la temperatura rectal sólo incrementa cuando el THI es superior a 80, las tasas de respiración ya se incrementarían a partir de un THI de 73 y continuaría siendo mayor a medida que se acerque a 80. Esto podría explicar que las temperaturas rectales incrementan en el caso de las ovejas en ordeño y secas en

proporción reducida debido a que el THI al que fueron sometidas osciló entre los 84 y 87. Este factor de la misma manera explicaría el incremento en las tasas respiratorias dado que el THI a los que fueron sometidos los animales durante los 4 experimentos osciló entre 63 y 87.

Por otro lado, las ovejas en ordeño presentaron una diferencia de 0,25°C entre ambas fases del estudio; sin embargo, las tasas respiratorias sólo presentaron una diferencia de 57 respiraciones por minuto entre condiciones de TN y EC. Este efecto podría deberse a que generalmente cuando las temperaturas ambientales exceden los 36°C, las orejas y las patas de las ovejas disipan grandes proporciones de calor y de la misma manera en un amplio rango de temperaturas que puedan comprometer la zona TN, las ovejas mantienen su balance de calor por vía de control vasomotor regulando la cantidad de sangre que fluye a través del tejido cutáneo por vasoconstricción o vasodilatación (Marai et al., 2007). Con lo previamente mencionado se podría explicar que las ovejas que están en etapa de lactancia poseen mayor extensión de tejido cutáneo en la ubre, y por ésta vía las ovejas podrían disipar el calor de una forma más eficiente en comparación con las corderas y las ovejas secas.

De acuerdo a Hales y Brown (1974), bajo condiciones de estrés severas las tasas de respiración en ovejas se elevan hasta 300 respiraciones por minuto. En el presente estudio, en ninguna de las categorías de las ovejas en estudio llegaron a 300 respiraciones por minuto, por lo cual se puede deducir que no estuvieron sometidas a estrés severo. En otro estudio realizado por Silanikove (1987) se encontró que en ovejas que se encontraban a la intemperie bajo condiciones de clima mediterráneo, las tasas de respiración eran de 125 respiraciones por minuto y esto era 56% más alto que ovejas mantenidas en naves; las cuales tenían 80 respiraciones por minuto, lo que estaba relacionado con el efecto directo de la radiación solar. En contraste, bajo condiciones mediterráneas en las cuales se encuentra la Granja Experimental de la Universidad Autónoma de Barcelona y dado que las instalaciones están cubiertas en donde se realizaron los experimentos, esto podría explicar la razón por la cual los animales si bien tuvieron tasas de respiración altas, al no estar bajo el efecto de la radiación solar, no estuvieron sometidas a condiciones de estrés severo.

Producción de leche

La producción de leche en el rebaño de ovejas Manchegas existentes en la Granja Experimental de la Universidad Autónoma da inicio a la curva de lactación en noviembre con las primeras pariciones y de igual manera se puede apreciar claramente cómo sigue la tendencia del THI a medida que pasan los meses del año.

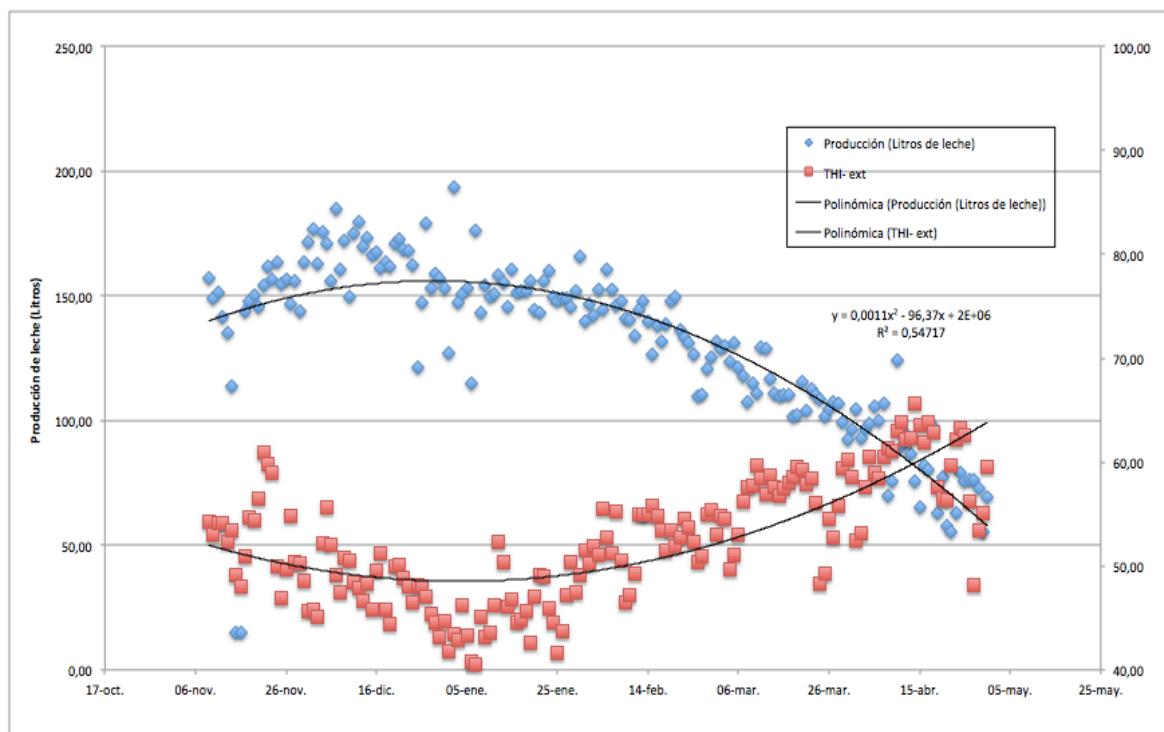


Figura 5. Relación entre producción de leche total del rebaño y THI-exterior en la Granja Experimental de la UAB

En el gráfico se puede observar claramente cómo se inicia con la producción en el mes de noviembre y llega a su pico más alto entre mediados y los últimos días de diciembre. Desde enero la curva de lactancia empieza de caer progresivamente hasta mayo; es necesario mencionar que las ovejas son secadas completamente en el mes de julio.

Por otro lado, el índice de THI (i.e., TH1) de igual manera baja progresivamente desde el mes de noviembre y se obtienen los valores más bajos durante los primeros días de enero. Posteriormente comienza a aumentar progresivamente, a medida que las temperaturas comienzan a aumentar desde enero hasta mayo. Si bien esta gráfica muestra una relación

inversa entre la producción de leche y el THI, de la misma no se puede deducir que exista dependencia negativa entre ambas variables debido al estado fisiológico natural que, al avanzar el tiempo desde el parto, produce una menor cantidad de leche.

Con lo previamente descrito, se procedió a realizar una comparación entre dos categorías de THI frente a la producción de leche, corrigiendo por el efecto del estado de lactación (DIM), tal como muestra la **Figura 6**.

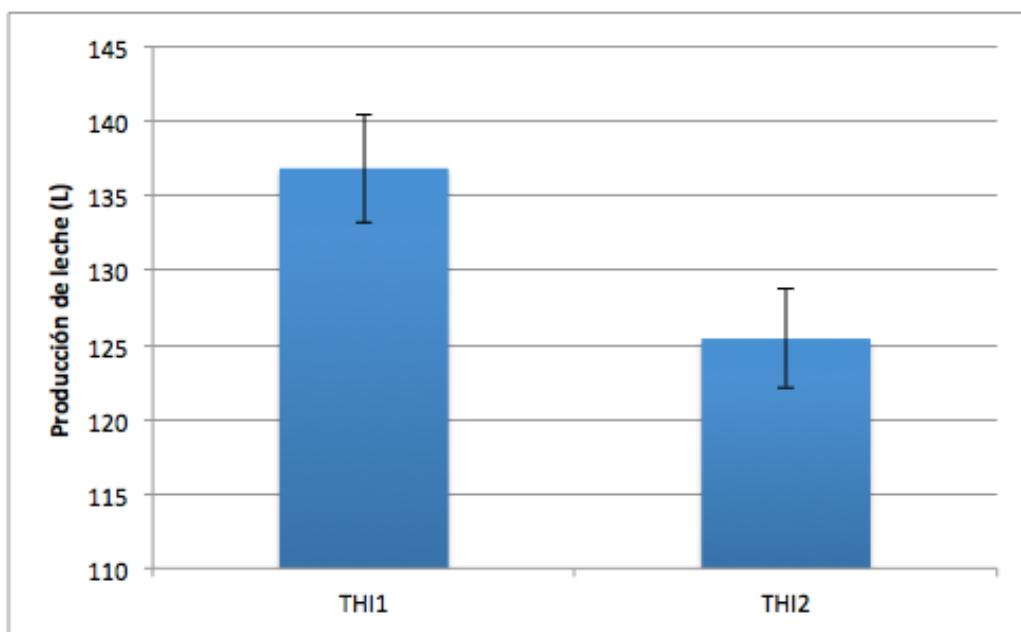


Figura 6. Producción de leche en la Granja de la UAB frente a THI-exterior (THI1, THI < 50; THI2, THI >50).

En la comparación realizada, se observa un efecto significativo ($P < 0.05$) entre el THI y la producción de leche. En el caso del THI1, es decir valores menores a 50, se produjo un total de 136.87 ± 3.64 L de leche. En el caso del THI2, es decir valores mayores a 50, se produjo un total de 125.43 ± 3.30 L de leche.

En el estudio realizado por Finocchiaro et al. (2005) en ovejas se indica que la producción de leche podría tener una fuerte correlación negativa con el THI. Dentro del mismo estudio se identificó que los valores de THI desde los cuales las ovejas comienzan a sufrir de estrés por calor puede ser diferente de acuerdo a cada raza existente. Es decir que con índices de THI más altos se esperaría una disminución en la producción de leche debido al estrés

térmico. De igual manera en los estudios realizados en bovinos de leche durante dos años consecutivos por Bernabucci et al. (2010) se encontró que en vacas de raza Holstein hubo una disminución de 0,27 kg por cada unidad de THI al exponerlas a un THI > 68. Si bien en el presente estudio se toma como referencia un valor de referencia THI de 50 y es en otra especie animal, esto contribuiría al supuesto que existe una disminución en la producción de leche con índices de THI mayores a 50. De igual manera Peana et al. (2007) describieron una reducción en la producción de leche cuando el THI bajó por debajo de 60 a 65, lo que equivaldría a una temperatura entre 14 y 16°C.

Por último, de acuerdo con Mikolayunas et al. (2008) los fotoperiodos largos durante la lactación incrementan la producción de leche tanto en vacas como en ovejas lecheras. En la **Figura 7** se pueden observar las comparaciones realizadas en la producción de leche entre las categorías de THI y de FP.

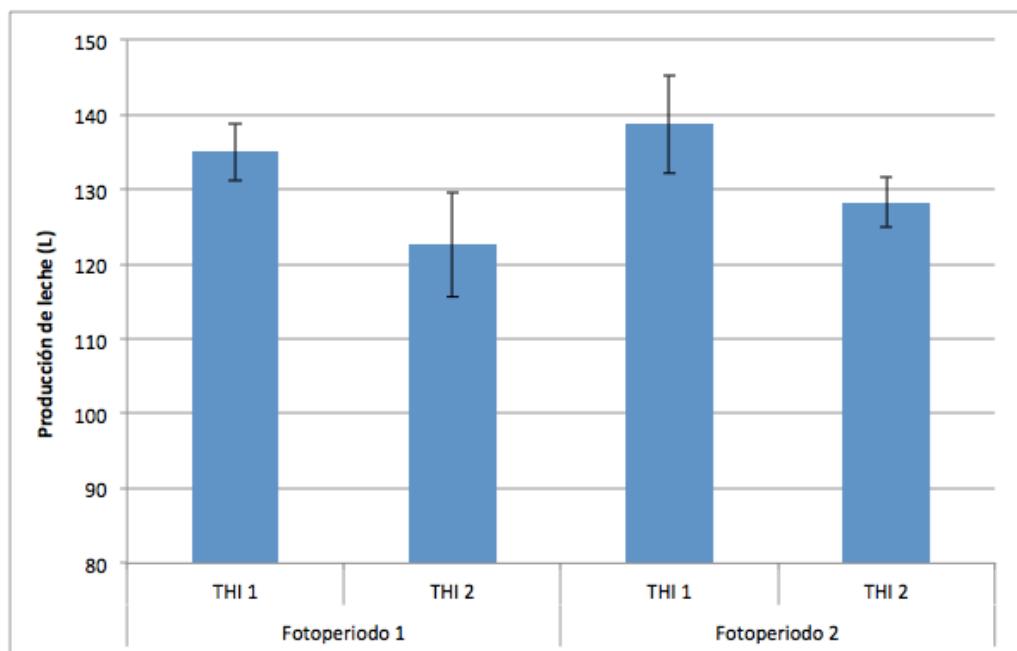


Figura 7. Producción de leche de las ovejas según fotoperiodo (FP1, FP < 10 h/d; FP2, FP > 10 h/d; THI1, THI < 50, THI2, THI > 50)

Se observó una significancia numérica en las comparaciones previamente descritas. En el primer escenario con el FP < 10 h/d de luz y con el THI < 50 se produjeron 135.01 ± 3.82 L de leche. De igual manera, con el FP > 10 h/d de luz y con el THI < 50 se producen

138.74 ± 6.58 L de leche. Ambas relaciones entrarían en la misma categoría, sin embargo la diferencia viene dada cuando en el primer escenario con un $FP < 10$ h/d (invierno), un $THI < 50$ da como resultado una mayor producción de leche.

Por otro lado, en el segundo escenario con un $FP > 10$ h/d (primavera), un $THI > 50$ produce 3.73 L más que el primer escenario. De acuerdo con Bocquier et al. (1997), una vez que la lactación se inicia, la exposición de ovejas a fotoperiodos largos incrementa la producción de leche.

Cuando las ovejas fueron expuestas al $FP < 10$ h/d y con $THI > 50$ producen 122.61 ± 6.98 L de leche. De igual manera, cuando fueron expuestas al $FP > 10$ h/d y con $THI > 50$ produjeron 128.26 ± 3.30 L de leche. En este caso en ambos escenarios las ovejas se encontraban en un ambiente con $THI > 50$, sin embargo, no se podría asegurar que este efecto fuera el único causante de la reducción en la producción de leche. De acuerdo con Silanikove (1992), la reducción en la ingesta de alimento y la producción interna de calor se ven reflejadas en la productividad de los animales.

7. Conclusiones.

El presente estudio estuvo dirigido a la medición del estrés térmico en ovejas Manchegas tomando como referencia el rebaño de producción de leche de la Granja Experimental de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Entre los 8 índices de THI propuestos por Dikmen y Hansen (2008), el más adecuado de acuerdo a los parámetros climáticos que se presentan en la comarca del Vallés en Catalunya, es el propuesto por el National Research Council en 1971: $THI = (1.8 \times T_{db} + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times HR) \times (1.8 \times T_{db} - 26.8)]$. Dicho índice es intermedio para los valores climáticos registrados en la zona. Asimismo, se sugiere que es necesario realizar nuevas investigaciones que permitan desarrollar una ecuación para calcular una ecuación de THI contrastada.

A partir de los datos registrados durante el año en la Granja de la UAB, se puede deducir que los meses de abril a julio son los que más se pueden ver afectados por los efectos del EC. Conjuntamente con esto, de acuerdo con los resultados observados, la categoría de ovejas que más sufren por EC son las corderas y las ovejas secas. Las ovejas que se encuentran en lactación, si bien sufren por el EC, también son las que menos tasas

respiratorias (RR) presentan, posiblemente porque disipan mejor el calor. Esto puede deberse a la irrigación del tejido mamario. Sin embargo, su temperatura rectal aumentó 0,25°C entre TN y EC. Por último, la producción de leche se ve afectada durante todo el año, además de los diferentes índices de THI, por las horas de luminosidad. Se puede concluir que en el caso del rebaño de ovejas Manchegas de la Granja Experimental de la Universidad Autónoma de Barcelona cuando los animales están expuestos a THI < 50 producen menor cantidad de leche ($P < 0.05$). Por el contrario, independientemente del fotoperiodo, con THI < 50 se produce mayor cantidad de leche, poniendo en evidencia su sensibilidad y efectos negativos del calor.

8. Bibliografía.

- Al-Haidary, A. 2004. Physiological responses of naimey sheep to heat stress challenge under semi-arid environments. *Int. J. Agric. Biol.* 8530:6–2.
- Armstrong, D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77: 2044–2050.
- Bernabucci, U., N. Lacetera, L.H. Baumgard, R.P. Rhoads, B. Ronchi and A. Nardone, 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal* 4:1167-1183.
- Bocquier, F., S. Ligios, G. Molle and S. Casu. 1997. Effect of photoperiod on milk, milk composition and voluntary food intake in lactation dairy ewes. *Ann. Zootech.* (Paris) 46:427-438.
- Bohmanova J, I. Misztal and J.B. Cole. 2007. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *J. Dairy Sci.* 90:1947–1956.
- Cabanac, M. 1975. Temperature regulation. *Ann. Rev. Physiol.* 37:415-439.
- Dikmen S. and P.J Hansen. 2008. 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.
- Finocchiaro, R., J.B.C.H.M. Van Kaam, M.T. Sardina and I. Misztal. 2005. Effect of heat stress on production of Mediterranean dairy sheep. *J. Dairy Sci.* 88:1855–864.

- Habeeb, A.A., I.F.M. Marai and T.H. Kamal. 1992. Heat stress. In: Philips, C., Piggens, D. (Eds.), Farm Animals and the Environment. C.A.B. International, pp. 27–47.
- Hales, J.R.S and G.D. Brown. 1974. Net energetic and thermoregulatory efficiency during panting in the sheep. *Comp. Biochem. Physiol.* 49A, 413–422.
- Lemerle, C. and M.E. Goddard. 1986. Assessment of heat stress in dairy cattle in Papua New Guinea. *Anim. Health Prod.* 18:232– 42.
- Marai, I.F.M., A.A.M. Habeeb and A.E. Gad. 2002. Reproductive traits of female rabbits as affected by heat stress and light regime, under sub-tropical conditions of Egypt. *J. Anim. Sci.* 75:451–458.
- Marai, I.F.M., A.A. El-Darawani, A. Fadiel, M.A.M. Abdel-Hafez. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep – a review. *Small Rumin. Res.* 71:1-12.
- Mikolayunas, C.M., D.L. Thomas, G.E. Dahl, T.F. Gressley and Y.M. Berger. 2008. Effect of prepartum photoperiod on milk production and prolactin concentration of dairy ewes. *J. Dairy. Sci.* 91: 85-90.
- Mortola, J.P. and P.B. Frappell. 2000. Ventilatory responses to changes in temperature in mammals and other vertebrates. *Ann. Rev. Physiol.* 62:847–874.
- Peana, I., C. Dimauro, M. Carta, M. Gaspa, G. Fois, and A. Cannas. 2007. Cold markedly influences milk yield of Sardinian dairy sheep farms. Proc. 17th ASPA Congress, Alghero, May 29–June 1 (Abstr.).
- Ramón, M., C. Díaz, M.D. Pérez-Guzmán and J. Carabaño. 2016. Effect of exposure to adverse climatic conditions on production in Manchega dairy sheep. *J. Dairy Sci.* 99:5764-5779.
- Salama, A.A.K., G. Caja, B. Hamzaoui, A. Castro-Costa, D.A.E. Façanha, M.M. Guilhermino, M. Bozzi. 2014. Different levels of response to heat stress in dairy goats. *Small Rumin. Res.* 121:73-79.
- Silanikove, N. 1987. Impact of shade in hot Mediterranean summer on feed intake, feed utilization and body fluid distribution in sheep. *Appetite* 9, 207–215.