

# **CARACTERIZACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTRÉS TÉRMICO ITH Y ANÁLISIS DE LA ÚLTIMA OLA DE CALOR EN EL VERANO 2013-2014**

Bonel, Natalia S.; Bontempi, M. Eugenia; Gonzalez M., É. Carolina; Montanaro, Juan P.  
Ex aequo

Departamento de Agrometeorología, Servicio Meteorológico Nacional, Argentina  
25 de mayo 658, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. (1002)  
Tel: (011) 5167-6767 interno 18270 - agro@smn.gov.ar

## **RESUMEN**

La región del Gran Chaco Americano comprende una extensa zona que incluye parte de Bolivia, Paraguay, Brasil y Argentina. Se trata de una llanura de bosques donde se diferencian varias subregiones por sus características climáticas y geológicas, ofreciendo una vasta riqueza paisajística, biológica y cultural.

Las precipitaciones medias anuales no alcanzan, en promedio, a compensar a la evapotranspiración, elevada por las altas temperaturas, lo que se traduce en un proceso de desertificación.

Entre las actividades productivas más importantes se destaca la ganadería, desarrollada principalmente en forma extensiva. El ganado más numeroso es el bovino en el sur de la región, donde hay mejores condiciones climáticas, y caprino al norte, debido a su mejor tolerancia a sequías. La economía familiar se sustenta principalmente de productos regionales derivados de los agropecuarios, destinados al turismo.

Es importante la caracterización del ambiente donde se desarrollan las actividades productivas a través de índices biometeorológicos para un mejor aprovechamiento de los recursos. En este trabajo se eligió el Índice de Temperatura y Humedad (ITH), utilizado para monitorear si las condiciones ambientales generan estrés por calor en el ganado. Se estudió, además, la evolución del índice para la ola de calor registrada durante el pasado verano.

Palabras clave: confort animal, ambiente, índice biometeorológico.

## **INTRODUCCIÓN**

Según estimaciones oficiales, calculadas por la Dirección Nacional de Sanidad Animal (SENASA), en marzo de 2012, las provincias que registran la mayor producción caprina son: Neuquén (20.4%), Mendoza (19.6%), Santiago del Estero (10%), Chaco y Salta (9 y 7.5%),

entre otras. Y de acuerdo con las realizadas en marzo del 2013 para ganado bovino, las provincias con mayor producción son: Buenos Aires (32,5%), Santa Fe (13%), Corrientes (10%), Córdoba (9%), Entre Ríos (8.5%), La Pampa y Chaco (5% y 5.5%).

El bovino es un animal homeotermo, es decir, posee la capacidad de mantener constante la temperatura corporal independientemente de cuál sea la temperatura ambiental. Para ello cuenta con efectivos mecanismos fisiológicos que involucran principalmente los sistemas cardíaco y respiratorio (Muñoz et al, 2013). La cabra es un animal que se caracteriza por su rusticidad y alta capacidad de adaptación a diferentes climas y relieves. Sin embargo, para ambos tipos de ganado, ciertas condiciones ambientales como altas temperaturas y humedad relativa elevada pueden repercutir negativamente en ellos, ocasionándoles estrés térmico, lo cual altera su fisiología, reduciendo la eficiencia biológica y la capacidad productiva.

Resulta importante cuantificar las condiciones ambientales donde se desarrolla la actividad ganadera mediante índices biometeorológicos. Uno de estos índices utilizados para monitorear el ambiente térmico (du Preez et al., 1990a) es el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) (Thom, 1959). Este índice puede ser utilizado para todo tipo de animales. En particular, en este trabajo se utiliza el aplicado al ganado vacuno, en especial a las vacas holando (vacas lecheras), donde se estableció que la zona de confort térmico toma valores de ITH entre 35 y 70 y se determinó un valor crítico de 72 (Johnson et al., 1961). En función de este nivel, se establecieron distintas categorías del índice mencionado según su magnitud (Livestock Weather Safety Index, Livestock Conservation Institute, 1970 citado por du Preez et al., 1990b) donde la clasificación es la siguiente: Normal  $ITH < 72$ ; Discomfort  $72 \leq ITH < 74$ ; Alerta  $74 \leq ITH < 78$ ; Peligro  $78 \leq ITH < 82$  y Emergencia  $ITH \geq 82$ .

Este trabajo se propone caracterizar el comportamiento del índice de estrés calórico ITH en algunas de las regiones mencionadas donde se desarrolla la actividad caprina y bovina, analizar los valores extremos medios que alcanza el ITH durante el semestre cálido, y por último estudiar los valores horarios de dicho índice durante la última ola de calor.

Con el fin de comprender mejor el último caso de estudio mencionado, detallaremos un poco las características y posibles consecuencias sobre el bienestar del ganado de dicho evento.

## DATOS Y METODOLOGÍA

En este trabajo se consideraron las siguientes estaciones sinópticas del Servicio Meteorológico Nacional: Tartagal y Orán (Salta); Tucumán (Tucumán); Catamarca (Catamarca); Chamental y Chepes (La Rioja); Las Lomitas y Formosa (Formosa); Presidencia Roque Sáenz Peña y Resistencia (Chaco); Santiago del Estero (Santiago del Estero), Villa María del Río Seco (Córdoba); Reconquista, Ceres y Sunchales (Santa Fe). (Fig. 1).

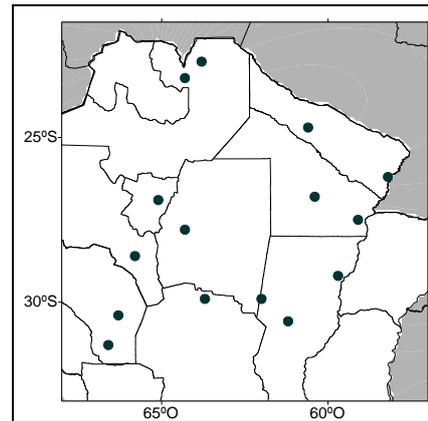


Figura 1: Localización de las estaciones sinópticas utilizadas

Todos los resultados y conclusiones obtenidas tienen validez en las zonas cercanas a las estaciones meteorológicas antes mencionadas.

Para la caracterización de índice calórico ITH, en la región de estudio, se utilizaron datos horarios de los cuales se extrajeron las temperaturas máximas diarias y su correspondiente humedad relativa porcentual, quedando de esta manera un dato diario de temperatura y humedad. El período de estudio es el que abarca los meses cálidos: octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, de los años 2001-2012.

El índice de estrés térmico ITH se calculó de acuerdo a la fórmula de Thom (1959), de la siguiente manera:

$$ITH = (1.8 T) + 32 - (0.55 - 0.55 HR/100) * (1.8 T - 26)$$

Siendo T la temperatura medida en la estación y HR la humedad relativa porcentual correspondiente a esa T.

Para cada día, se calculó el ITH correspondiente a la hora de máxima temperatura horaria registrada ese día, y con esos datos se elaboró la serie de ITH máximo diario. Luego se obtuvo, para cada mes del semestre cálido (octubre-marzo), el promedio de ITH máximo. Para el análisis de dichos promedios, se consideraron los umbrales descritos por Livestock Weather Safety (1970), según los cuales a partir de un valor de 72, el ITH representa Discomfort térmico; entre 74 y 78, situación de Alerta; entre 78 y 82, situación de Peligro y un valor de ITH superior a 82 califica como Emergencia.

Se tomó como caso de estudio los valores alcanzados por el índice de estrés térmico durante los últimos eventos de olas de calor ocurridos en diciembre de 2013 y enero de 2014. Para ello se utilizaron los datos de temperatura y humedad horarios para las estaciones sinópticas del Servicio Meteorológico antes mencionadas con excepción de Villa María del Río Seco (Córdoba), Chepes (La Rioja) y Las Lomitas (Formosa) ya que estas estaciones no

miden las 24 horas. De esta manera se calculó el ITH horario con la fórmula de Thom (1959) ya expuesta, para dichas localidades.

Se considera ola de calor cuando la temperatura máxima y la mínima exceden ciertos umbrales por más de 3 días consecutivos, por lo que el ITH se analizó acorde a esta metodología. Se toma como período cálido o de estrés cuando el ITH supera el umbral de confort 72 por más de 3 días consecutivos (72 horas continuas). En este trabajo se contempla como umbral 72, ya que a partir de allí comienza a disminuir la producción de leche para los bovinos. Se sabe que si durante la noche la temperatura desciende por debajo de los 21°C durante unas seis u ocho horas el animal tiene la oportunidad de perder el calor almacenado durante el día y recuperar la normotermia (Rees, 1964 citado por Bianca, 1965; Silanikove, 2000), entonces si el ITH no superó el umbral de 72 por 6 horas consecutivas pero la temperatura mínima en esas horas superó los 21°C, se siguió considerando período cálido o de disconfort.

## RESULTADOS

Se presentan los mapas de los promedios 2001-2012 de los valores de ITH máximo diario para los meses octubre-marzo (Fig. 2).

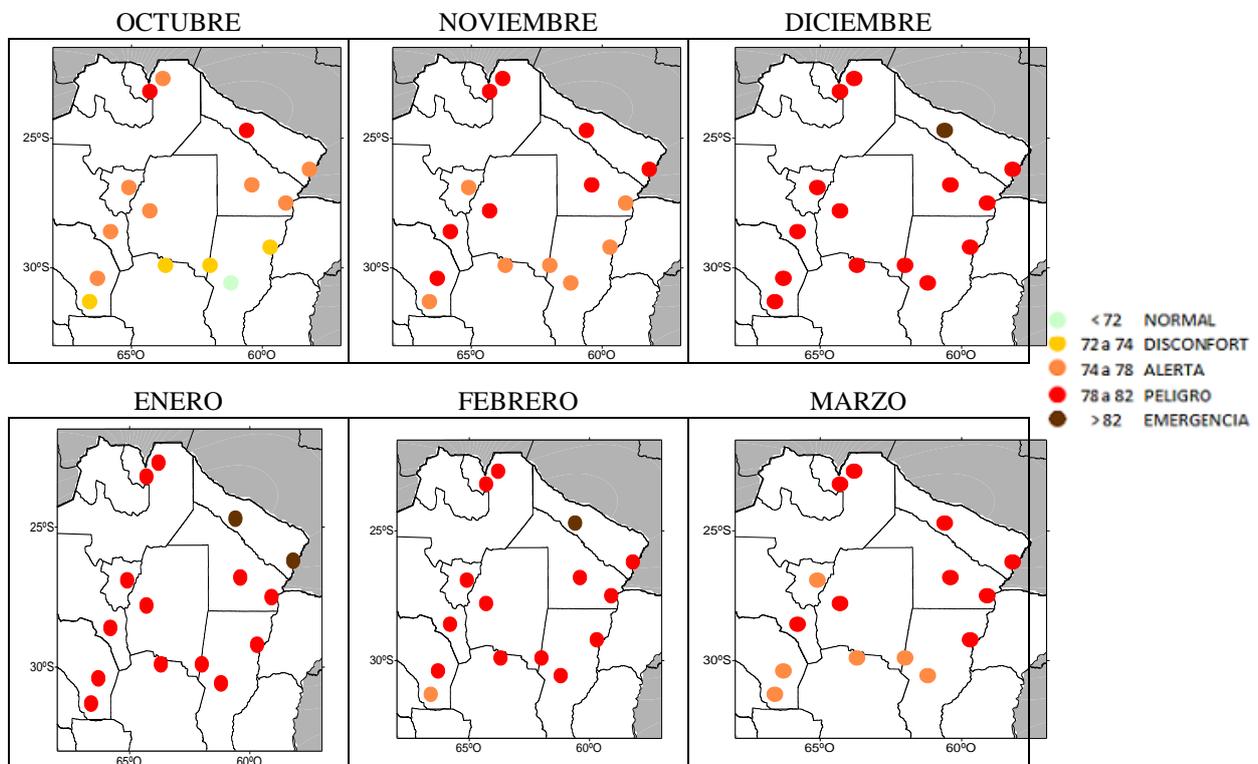


Figura 2: ITH máximo diario promedio 2001-2012

Para las localidades estudiadas (Figura 2), se aprecia que en octubre sólo Sunchales (Santa Fe) alcanza valores de ITH con condiciones ambientales propicias para el ganado. En el resto de las estaciones las condiciones son de Discomfort en el sur de La Rioja, norte de Córdoba y norte de Santa Fe; y de Peligro en Orán (Salta) y Las Lomitas (Formosa). En noviembre, se presentan condiciones de Alerta en el sur de La Rioja, norte de Córdoba, centro y norte de Santa Fe, este de Chaco, y Tucumán, en las demás estaciones las condiciones son de Peligro. En diciembre y enero, la región de Peligro se extiende a casi toda el área con excepción de la provincia de Formosa donde las condiciones se tornan extremas, calificando de Emergencia. En febrero retornan las condiciones de Alerta en el sur de La Rioja y las de Emergencia sólo continúan en Las Lomitas (Formosa). Por último, en el mes de marzo se observa una disminución de la zona de Peligro, retrayéndose principalmente hacia el centro y nor-noreste de la región estudiada: norte de Salta, Formosa, Chaco, noreste de Santa Fe, Santiago del Estero y Catamarca.

*Un caso de estudio: Olas de calor 2013-2014 :*

Durante diciembre de 2013 y enero de 2014 las provincias del centro y norte argentino registraron persistencia de días consecutivos con elevadas temperaturas, en algunas localidades este episodio cálido se extendió hasta los primeros días de febrero. A partir del 11 de diciembre de 2013 la zona central de Argentina comenzó a experimentar un marcado aumento en las temperaturas, particularmente las máximas, encontrándose las mismas, en varias localidades, por encima del umbral que se considera extremo. Dicho umbral se obtuvo para cada localidad utilizando el percentil 90 de la temperatura máxima y mínima, calculado a partir de los datos diarios durante los meses de octubre a marzo en el periodo 1961-2010. Cuando las temperaturas, tanto mínima como máxima, superan dicho umbral conjuntamente por 3 o más días consecutivos, se denomina “ola de calor”. A partir del día 19 esta situación anómala comenzó a expandirse hacia el norte del país y volvió a intensificarse sobre la parte central. Esta situación extrema de calor se debió principalmente al dominio de altas presiones en niveles medios y altos de la atmósfera que impiden el avance de masas de aire más frías desde el sur. A este tipo de eventos se los suele denominar “bloqueo atmosférico” y cuanto más larga es su persistencia mayor es la incidencia en la ocurrencia de situaciones meteorológicas extremas, que en este caso se pudo evidenciar en las temperaturas extremadamente altas, y como factor secundario en la falta de precipitaciones en gran parte de la región húmeda.

Se analizó el índice de temperatura y humedad (ITH) para este período extremadamente cálido de forma horaria, teniendo en cuenta que si durante la noche la temperatura desciende por debajo de los 21°C durante unas seis u ocho horas, el animal tiene la oportunidad de recuperarse del estrés. Se focalizó en aquellas localidades donde dicho índice presentó valores superiores a 72 (umbral de discomfort) por más de tres días consecutivos.

Se presenta una tabla (Fig. 3) en referencia a los eventos de olas de calor ocurridos durante diciembre de 2013 y los meses de enero y febrero de 2014. En la misma se encuentran volcados para cada estación meteorológica y su correspondiente ola de calor ocurrida: la cantidad de horas y su equivalente en días, su fecha de inicio y fin, el índice ITH máximo alcanzado y el total de horas consecutivas y su equivalente en días donde el ITH fue superior a 72, es decir, donde las condiciones dejan de calificar como confortables para la salud del ganado.

A partir de los resultados que muestra la Tabla 1 se observa que las estaciones registraron entre 3 y 6 eventos de olas de calor en diciembre de 2013 y enero de 2014. Los períodos cálidos más largos se observaron en Formosa y Ceres, los cuales fueron de 20.6 y 19.5 días respectivamente, en ambas localidades comenzó el 14 de diciembre y se extendió hasta el 3 de enero en Formosa y hasta el 2 de enero en Ceres. A comienzos de diciembre, alrededor del 4, las estaciones de las provincias de Salta, Formosa, Catamarca, Tucumán, Santiago del Estero y Chaco, registraron un breve período cálido que duró entre 4 y 7 días, con un ITH máximo promedio de 87 (Emergencia).

Entre el 12 y 15 de diciembre comenzó un segundo evento cálido, que abarcó también a las estaciones de Santa Fe, como se mencionó anteriormente, en Formosa y Ceres se sostuvo en promedio durante 20 días y en el resto de las localidades la duración fue en general de 4.6 días. El ITH máximo promedio en este período fue 84.8 (Emergencia).

En la segunda mitad de diciembre, entre el 18 y 25 se inició un tercer período de estrés por calor, que abarcó a todas las estaciones analizadas, en la mayoría de ellas finalizó a comienzos de enero, y el ITH máximo promedio fue 88.7 (Emergencia). Fue aquí donde se registró el ITH más elevado de toda la región: 102 en Santiago del Estero el día 28 de diciembre.

Del 5 al 11 de enero de 2014 hubo un breve período cálido donde el ITH máximo promedio fue 86.6 (Emergencia).

A partir del 13 de enero volvió a ocurrir un nuevo evento de ola de calor en todas las estaciones, que duró en promedio 9 días con un ITH máximo promedio de 87.5 (Emergencia).

ESTACIÓN	PROVINCIA	DURACIÓN		INICIO		FIN		ITH MAX	ITH>72	
		HORAS	DÍAS	DÍA	HORA	DÍA	HORA		HORAS	DÍAS
Formosa	Formosa	494	20,6	14/12/2013	8	03/01/2014	21	87,2	211	8,8
Ceres	Santa Fe	467	19,5	14/12/2013	7	02/01/2014	17	88,1	94	3,9
Formosa	Formosa	444	18,5	26/01/2014	10	14/02/2014	21	86,5	174	7,3
Resistencia	Chaco	417	17,4	26/01/2014	10	12/02/2014	18	86,6	417	17,4
P. R. Sáenz Peña	Chaco	414	17,3	26/01/2014	11	12/02/2014	16	86,3	332	13,8
Reconquista	Santa Fe	376	15,7	18/12/2013	8	02/01/2014	23	88,6	165	6,9
Chamical	La Rioja	372	15,5	18/12/2013	10	02/01/2014	21	87,5	166	6,9
Sgo. del Estero	Santiago del Estero	368	15,3	18/12/2013	9	02/01/2014	16	102,0	97	4,0
Orán	Salta	334	13,9	19/12/2013	9	03/01/2014	5	89,5	113	4,7
Catamarca	Catamarca	325	13,5	20/12/2013	9	02/01/2014	21	87,1	97	4,0
Tucumán	Tucumán	298	12,4	21/12/2013	8	02/01/2014	17	87,4	115	4,8
Formosa	Formosa	289	12,0	13/01/2014	8	25/01/2014	8	87,3	96	4,0
Orán	Salta	275	11,5	13/01/2014	8	24/01/2014	18	87,0	94	3,9
Reconquista	Santa Fe	274	11,4	13/01/2014	9	24/01/2014	18	88,5	228	9,5
Tucumán	Tucumán	265	11,0	13/01/2014	10	24/01/2014	10	88,7	122	5,1
Sgo. del Estero	Santiago del Estero	263	11,0	13/01/2014	10	24/01/2014	8	88,3	94	3,9
Resistencia	Chaco	258	10,8	14/01/2014	8	25/01/2014	1	87,3	210	8,8
P. R. Sáenz Peña	Chaco	253	10,5	14/01/2014	8	24/01/2014	20	86,5	109	4,5
Tartagal	Salta	250	10,4	14/01/2014	8	24/01/2014	17	84,8	178	7,4
Tartagal	Salta	236	9,8	24/12/2013	8	03/01/2014	3	87,5	165	6,9
P. R. Sáenz Peña	Chaco	231	9,6	24/12/2013	8	02/01/2014	22	88,9	207	8,6
Resistencia	Chaco	229	9,5	24/12/2013	8	02/01/2014	20	88,5	229	9,5
Sunchales	Santa Fe	217	9,0	15/01/2014	8	24/01/2014	8	87,4	117	4,9
Ceres	Santa Fe	216	9,0	15/01/2014	8	24/01/2014	7	88,7	168	7,0
Chamical	La Rioja	157	6,5	05/01/2014	10	11/01/2014	22	87,5	116	4,8
Catamarca	Catamarca	156	6,5	03/12/2013	14	10/12/2013	1	85,6	68	2,8
Formosa	Formosa	146	6,1	05/01/2014	8	11/01/2014	9	86,2	55	2,3
Catamarca	Catamarca	143	6,0	18/01/2014	9	24/01/2014	7	87,9	119	5,0
Sunchales	Santa Fe	143	6,0	25/12/2013	8	31/12/2013	6	88,0	46	1,9
Catamarca	Catamarca	140	5,8	05/01/2014	9	11/01/2014	4	84,6	117	4,9
Reconquista	Santa Fe	139	5,8	05/01/2014	9	11/01/2014	3	87,6	68	2,8
Sgo. del Estero	Santiago del Estero	138	5,8	04/12/2013	9	10/12/2013	2	86,8	68	2,8
Resistencia	Chaco	137	5,7	04/12/2013	7	10/12/2013	23	88,4	69	2,9
P. R. Sáenz Peña	Chaco	137	5,7	14/12/2013	8	20/12/2013	0	85,0	45	1,9
Formosa	Formosa	136	5,7	04/12/2013	7	10/12/2013	22	87,3	70	2,9
Tucumán	Tucumán	136	5,7	04/12/2013	10	10/12/2013	1	86,6	51	2,1
Tartagal	Salta	135	5,6	04/12/2013	9	10/12/2013	23	86,6	45	1,9
Resistencia	Chaco	135	5,6	18/12/2013	8	23/12/2013	22	85,4	46	1,9
Sgo. del Estero	Santiago del Estero	135	5,6	12/12/2013	11	18/12/2013	1	85,0	90	3,8
P. R. Sáenz Peña	Chaco	133	5,5	04/12/2013	8	09/12/2013	20	87,4	51	2,1
Ceres	Santa Fe	133	5,5	06/01/2014	8	11/01/2014	20	87,0	64	2,7
Tucumán	Tucumán	118	4,9	06/01/2014	10	11/01/2014	7	87,1	65	2,7
Chamical	La Rioja	115	4,8	19/01/2014	10	24/01/2014	4	92,6	115	4,8
Sgo. del Estero	Santiago del Estero	112	4,7	06/01/2014	9	11/01/2014	0	87,4	69	2,9
Reconquista	Santa Fe	112	4,7	13/12/2013	9	18/12/2013	0	83,7	65	2,7
Catamarca	Catamarca	111	4,6	13/12/2013	9	17/12/2013	23	82,9	23	1,0
Sunchales	Santa Fe	111	4,6	20/12/2013	8	25/12/2013	22	83,5	21	0,9
Orán	Salta	110	4,6	14/12/2013	9	18/12/2013	22	84,9	55	2,3
Catamarca	Catamarca	110	4,6	13/01/2014	9	18/01/2014	22	82,9	110	4,6
Chamical	La Rioja	109	4,5	14/01/2014	9	18/01/2014	21	87,6	109	4,5
Orán	Salta	102	4,3	04/12/2013	9	10/12/2013	1	87,5	58	2,4
Tartagal	Salta	96	4,0	14/12/2013	8	18/12/2013	7	82,8	47	2,0
Sunchales	Santa Fe	89	3,7	15/12/2013	8	19/12/2013	0	83,6	22	0,9
Tucumán	Tucumán	86	3,6	14/12/2013	9	17/12/2013	22	84,7	47	2,0
Orán	Salta	83	3,5	05/01/2014	10	08/01/2014	20	85,2	31	1,3

Figura 3: Tabla 1

Finalmente, a partir del 26 de enero, las estaciones de Formosa y Chaco volvieron a verse inmersas en una fase cálida, que fue también de las más extensas, con una permanencia de 18 días en promedio y un ITH máximo promedio de 86.5 (Emergencia).

Por otro lado, considerando horas consecutivas con ITH superior a 72 estrictamente, los mayores períodos se observaron en Chaco, con 17.1 días en Resistencia y 13.8 días en Presidencia Roque Sáenz Peña, extendiéndose desde el 26 de enero al 12 de febrero de 2014 en ambas estaciones.

Se seleccionaron algunas estaciones con el fin de mostrar la evolución temporal del índice de estrés calórico. Las localidades elegidas son: Formosa y Ceres, donde se evidencia el período cálido más extenso que se inicia el 14 de diciembre; Reconquista, Chamental y Santiago del Estero que presentan la mayor duración dentro del tercer evento cálido que se inicia el 18 de diciembre; Resistencia y Presidencia Roque Sáenz Peña que resultan las estaciones con mayor cantidad de días consecutivos con ITH estrictamente superior a 72; y por último Sunchales la cual es la estación que se encuentra más al sur de la región de estudio.

En la figura 4 se presenta la evolución horaria de las variables de estudio en la estación de Formosa desde el 14 de diciembre de 2013 al 4 de enero de 2014. Se observa que la mayor parte del tiempo se superó al umbral de 72. En los días 17, 18, 20, 23, 24 y 25, hubo algunas horas (menos de 6) donde el índice no calificaba como estrés pero la temperatura seguía siendo superior a 21°C. A partir del 25 de diciembre hasta finalizar el período de estrés se registraron 211 horas consecutivas (8.8 días) con ITH mayor a 72, superando todos esos días en 9 días al umbral 82. Los valores extremos registrados en este lapso de tiempo fueron ITH de 87.2 y la temperatura más elevada fue de 38.8°C.

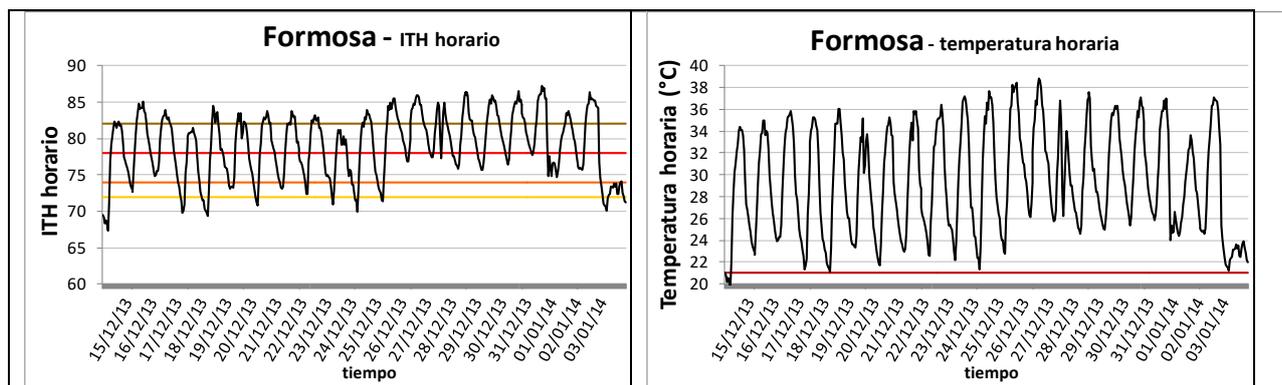


Figura 4: Izquierda: Evolución temporal del ITH horario en línea negra del 14/12 al 03/01. En línea naranja el umbral de 72; en línea naranja oscuro el umbral de 74; en línea roja el umbral de 78 y en línea marrón el umbral de 82. Derecha: Temperatura horaria del 14/12 al 3/01 en línea negra y el umbral de 21°C en línea roja.

En la figura 5 se muestra la evolución de las variables en la estación de Ceres desde el 14 de diciembre de 2013 al 2 de enero de 2014. A diferencia de Formosa, en Ceres se observa que la temperatura mínima alcanzó valores inferiores a 21°C en 4 oportunidades pero por menos de 6 horas. En cuanto al ITH, el período más extenso donde superó estrictamente el valor de 72 se inició el 25 de diciembre y duró 94 horas (3.9 días). La temperatura más elevada se registró dentro de este lapso de tiempo y fue de 42.5°C, sin embargo el ITH más elevado se observó después, el día 30 de diciembre y fue 88.1.

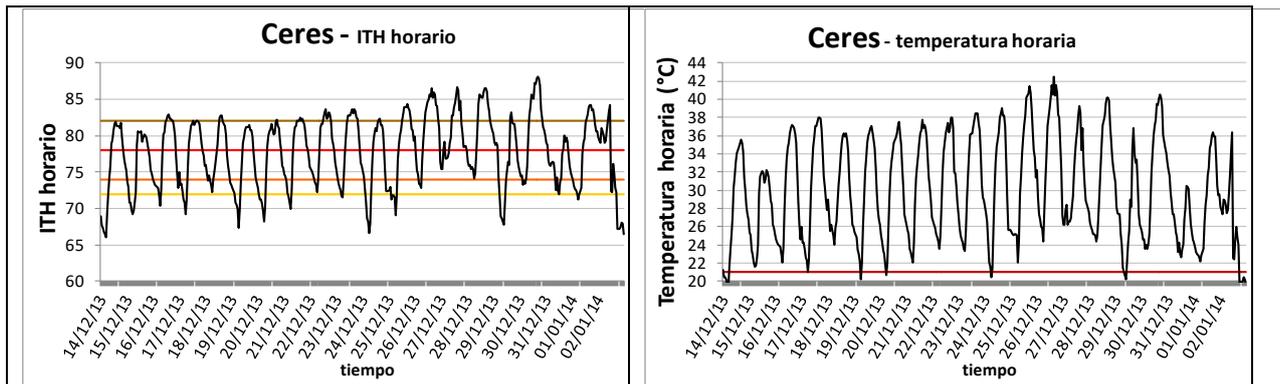


Figura 5: Izquierda: Evolución temporal del ITH horario en línea negra del 14/12 al 02/01. En línea naranja el umbral de 72; en línea naranja oscuro el umbral de 74; en línea roja el umbral de 78 y en línea marrón el umbral de 82. Derecha: Temperatura horaria del 14/12 al 02/01 en línea negra y el umbral de 21°C en línea roja.

En Reconquista (Figura 6) el período cálido duró 376 horas (15.7 días), dentro del cual en 4 oportunidades el ITH fue menor a 72 por menos de 6 horas pero la temperatura continuaba siendo superior a 21°C. A partir del 25 de diciembre, durante 165 horas consecutivas (6.9 días) el ITH fue estrictamente superior a 72, siendo el más elevado de 88.6 y la temperatura más alta de 39.8°C.

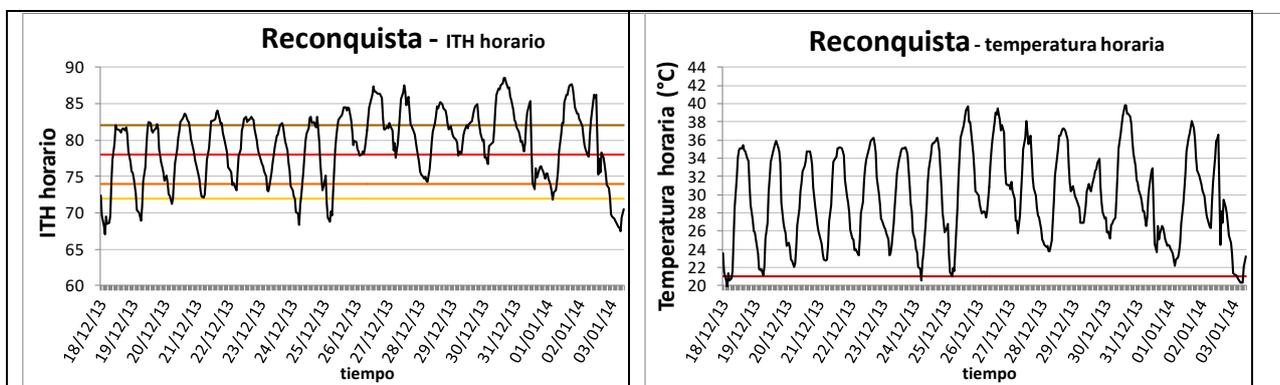


Figura 6: Izquierda: Evolución temporal del ITH horario en línea negra del 18/12 al 03/01. En línea naranja el umbral de 72; en línea naranja oscuro el umbral de 74; en línea roja

el umbral de 78 y en línea marrón el umbral de 82. Derecha: Temperatura horaria del 18/12 al 03/01 en línea negra y el umbral de 21°C en línea roja.

En Chamental (Figura 7) el evento cálido tuvo una duración similar a Reconquista, 372 horas (15.5 días), aunque fue más intenso con temperaturas mucho más elevadas. A partir del 23 de diciembre, durante 166 horas consecutiva (6.9 días) el ITH superó el valor de 72, siendo el máximo de 87.5. Las temperaturas en esos días fueron muy elevadas, con mínimas superiores a 28°C y la máxima alcanzó los 42.8°C el día 25.

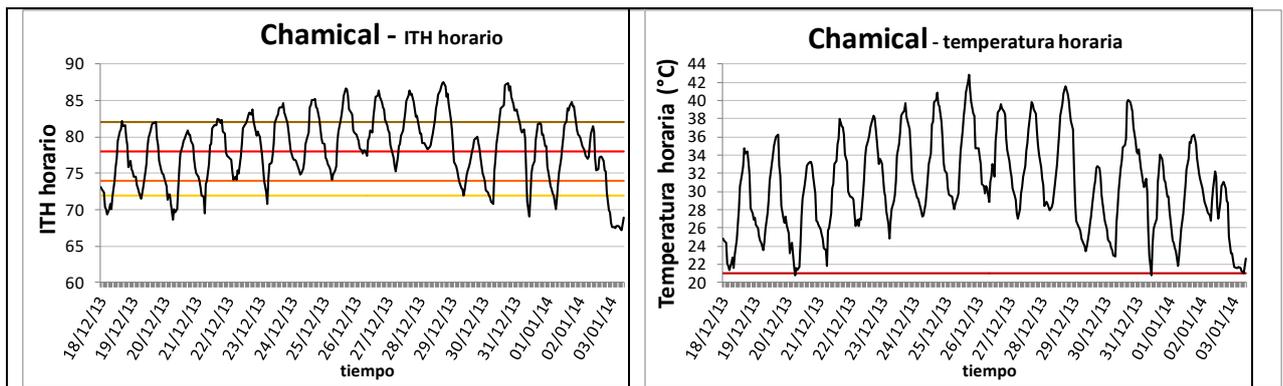


Figura 7: Izquierda: Evolución temporal del ITH horario en línea negra del 18/12 al 03/01. En línea naranja el umbral de 72; en línea naranja oscuro el umbral de 74; en línea roja el umbral de 78 y en línea marrón el umbral de 82. Derecha: Temperatura horaria del 18/12 al 03/01 en línea negra y el umbral de 21°C en línea roja.

En la figura 8 se muestra la evolución del índice de estrés calórico y temperatura horaria en la estación de Santiago del Estero, en la cual se registró el ITH más elevado de toda la zona analizada, el mismo fue 102 el día 28 de diciembre. A partir del 26 de diciembre se registraron de manera consecutiva durante 97 horas (4 días) ITH superiores a 72. Durante estos días las máximas superaron los 40°C y, como se mencionó anteriormente, el ITH más alto fue 102.

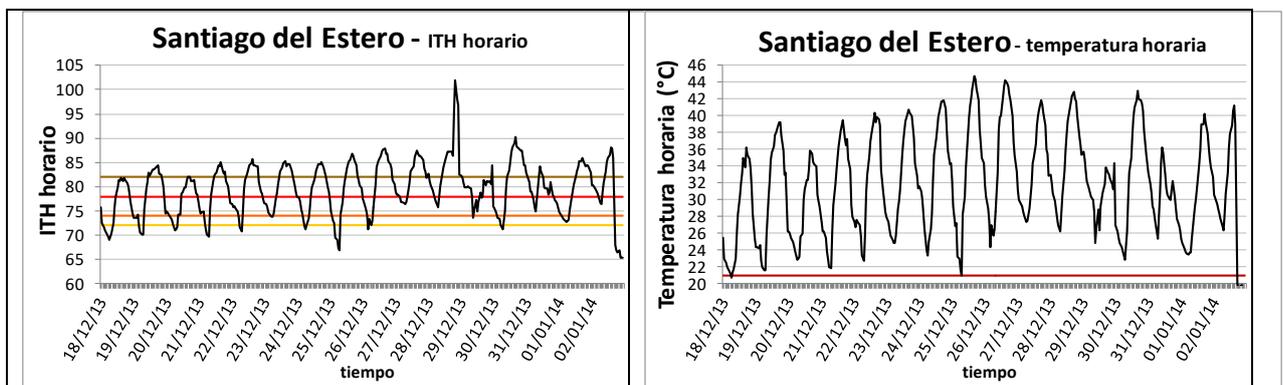


Figura 8: Izquierda: Evolución temporal del ITH horario en línea negra del 18/12 al 02/01. En línea naranja el umbral de 72; en línea naranja oscuro el umbral de 74; en línea roja el umbral de 78 y en línea marrón el umbral de 82. Derecha: Temperatura horaria del 18/12 al 02/01 en línea negra y el umbral de 21°C en línea roja.

En Resistencia (Figura 8) se observa que el ITH superó el umbral de 72 por 417 horas seguidas (17.4 días), en particular, por 13 días consecutivos superó el umbral de 74 donde las mínimas superaron los 24°C y las máximas los 36°C.

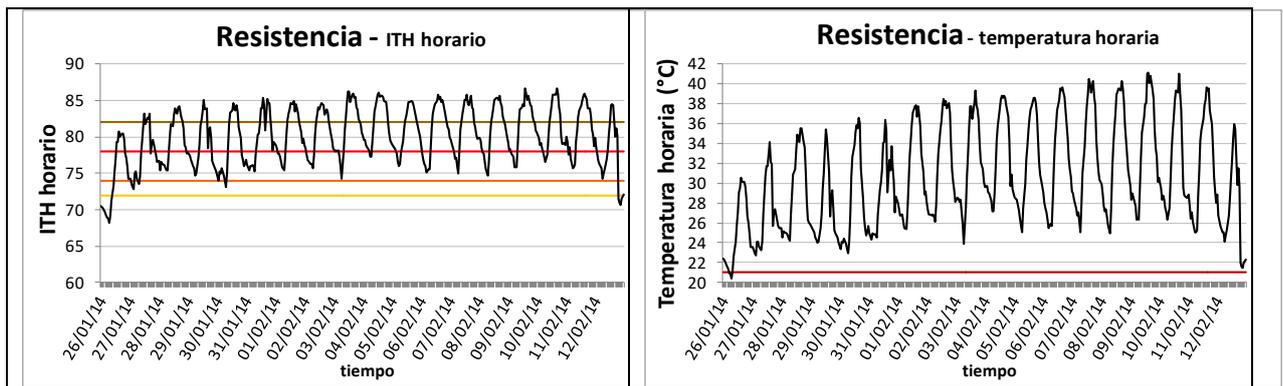


Figura 8: Izquierda: Evolución temporal del ITH horario en línea negra del 26/01 al 12/02. En línea naranja el umbral de 72; en línea naranja oscuro el umbral de 74; en línea roja el umbral de 78 y en línea marrón el umbral de 82. Derecha: Temperatura horaria del 26/01 al 12/02 en línea negra y el umbral de 21°C en línea roja.

En la estación Presidencia Roque Sáenz Peña, el ITH fue superior a 72 por 332 horas consecutivas (13.8 días). Desde el 30 de enero, durante 9 días el ITH superó el umbral de 74, donde las mínimas excedieron los 24°C y la máxima más elevada fue de 39.3°C.

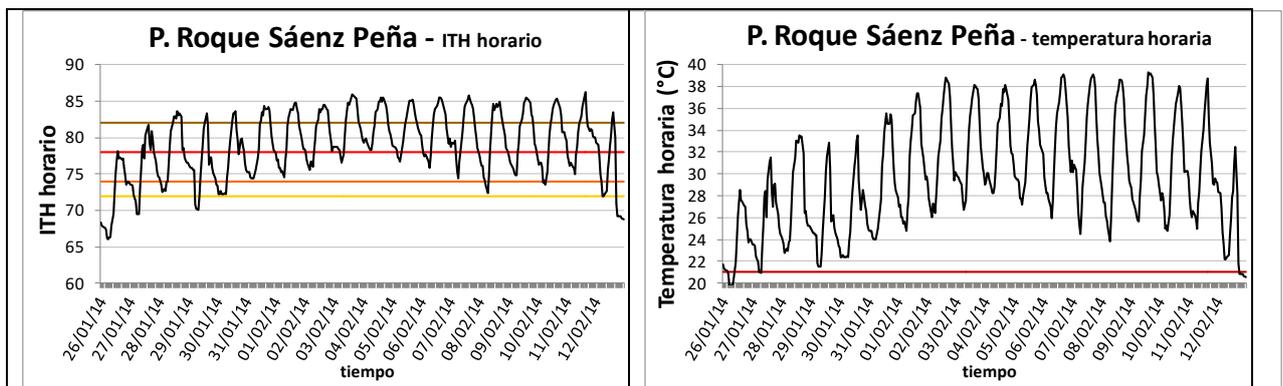
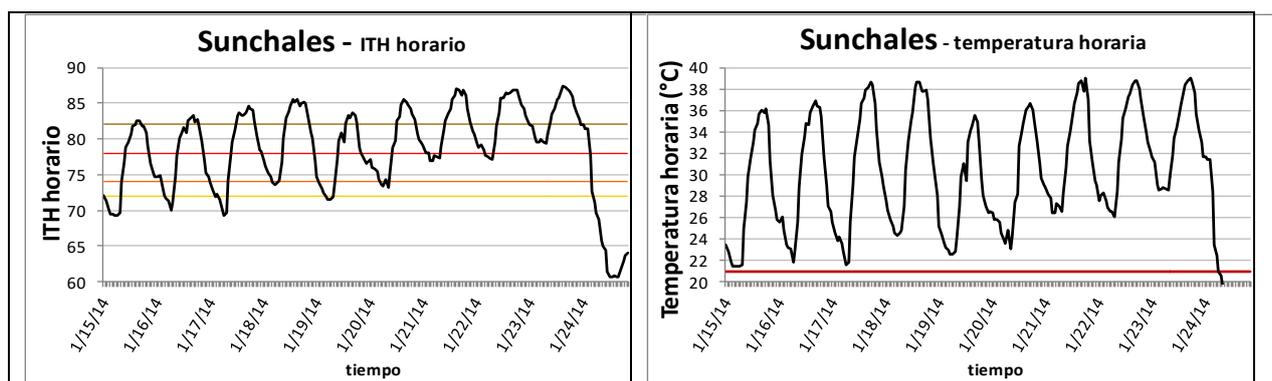


Figura 9: Izquierda: Evolución temporal del ITH horario en línea negra del 26/01 al 12/02. En línea naranja el umbral de 72; en línea naranja oscuro el umbral de 74; en línea roja el umbral de 78 y en línea marrón el umbral de 82. Derecha: Temperatura horaria del 26/01 al 12/02 en línea negra y el umbral de 21°C en línea roja.

En la estación Sunchales, se muestran la evolución de las variables analizadas durante la ola de calor más extensa para esta localidad. Se observa que el ITH fue superior a 72 por 117 horas consecutivas (4.9 días). A partir del 20 de enero, se puede distinguir una tendencia creciente en los valores mínimos de ITH horario acompañada también por las temperaturas mínimas. El ITH máximo fue de 87.4 el 23 de enero y las temperaturas máximas nunca superaron los 39°C, así como tampoco las temperaturas mínimas alcanzaron los 21°C durante el evento analizado.



Izquierda: Evolución temporal del ITH horario en línea negra del 15/01 al 24/01. En línea naranja el umbral de 72; en línea naranja oscuro el umbral de 74; en línea roja el umbral de 78 y en línea marrón el umbral de 82. Derecha: Temperatura horaria del 15/01 al 24/01 en línea negra y el umbral de 21°C en línea roja.

## CONCLUSIONES

El cálculo del índice ITH máximo promedio 2001-2012, según la categorización hecha por Livestock Weather Safety Index, en la región de estudio, determinó que octubre, a pesar de alcanzar valores de Normalidad ( $ITH < 72$ ) solamente en Sunchales (Santa Fe), es el más benévolo en cuanto al bienestar del ganado, debido a que es el único mes donde las condiciones de Peligro ( $78 \leq ITH < 82$ ) se confinan sólo al norte de la región de estudio en Orán (Salta) y Las Lomitas (Formosa). Para los meses de noviembre y diciembre se observó un aumento del área de Peligro hacia el centro y sur de la región, alcanzando en enero valores del índice de estrés térmico de Emergencia ( $ITH \geq 82$ ) en toda la provincia de Formosa. Cabe destacar que para los meses cálidos, la región de estudio nunca alcanza en su totalidad o en su mayor parte condiciones de confort animal, por lo que resultaría una zona de gran exposición a sufrir estrés calórico.

Se tomó como caso de estudio las últimas olas de calor ocurridas durante diciembre de 2013 y enero y febrero de 2014 que afectaron a la región de estudio. Se analizaron los datos horarios de temperatura y humedad con el fin de realizar un monitoreo de los eventos mencionados junto con la evolución del índice de ITH.

Se pudo ver que la cantidad de períodos cálidos fue: 6 en la estación Catamarca; 5 en Formosa, Orán, Presidencia Roque Sáenz Peña, Resistencia, Santiago del Estero y Tucumán; 4 en Tartagal, Sunchales, Reconquista y Chamental; y 3 en Ceres. Los eventos más largos se dieron en Formosa y Ceres; sin embargo los períodos más extensos con cantidad de horas consecutivas donde el ITH fue superior a 72 se registraron en Chaco, en las localidades de Resistencia y Presidencia Roque Sáenz Peña. Por otra parte, el índice calórico promedio máximo ocurrió en Santiago del Estero, el cual fue de 102.

Luego se analizaron las variaciones temporales horarias de ITH y temperatura en algunas estaciones para las olas de calor de mayor duración en cada una de ellas. En todas se evidencia que el animal nunca estuvo en condiciones ambientales confortables que le permitieran recuperar la normotermia, puesto que: la mayor parte del tiempo el ITH fue superior a 72, o el índice fue inferior a dicho valor por lapsos de tiempo menores a 6 horas, o el índice estuvo por debajo del valor 72 pero la temperatura superaba o era igual a 21°C.

Al observar, para cada caso, la cantidad de días en que el ITH llegó a condiciones de Emergencia, es decir con valores superiores a 82, se advierte que aproximadamente entre un 65% y un 95% del número de días de los eventos cálidos superaron ese umbral. Esto sumado al hecho que el ganado, según los valores horarios del índice de estrés térmico y temperatura, no logra encontrarse por al menos 6 horas consecutivas en situación de confort animal, reafirma lo visto en la caracterización del ITH, donde se concluye que el área estudiada es altamente propensa a no presentar condiciones favorables para el bienestar del ganado en los meses cálidos; y en este caso de estudio se nota una mayor sensibilidad de la zona durante una ola de calor.

En referencia al territorio de mayor actividad agropecuaria de la región de estudio (Santa Fe), cabe distinguir que si bien las olas de calor estudiadas son mucho más largas en Ceres y en Reconquista que en Sunchales, esta última presenta mayor horas consecutivas con ITH superior o igual a 72 en relación a la cantidad de horas que duró el período cálido. Esto denota el impacto negativo que se puede producir en una zona de relevancia agropecuaria durante una ola de calor causando estrés en el animal con consecuencias que podrían ser: alteraciones en las funciones vitales (circulación, respiración, ultrafiltración renal, metabolismo, termorregulación y control hormonal) y en la capacidad de producción tales como

requerimientos nutricionales, actividad animal, consumo de alimento y agua, reproducción y fertilidad, desarrollo placentario y fetal, salud, crecimiento y la producción de leche, entre otros.

## BIBLIOGRAFÍA

Araúz S., E.E. 2009. *Importancia del microambiente para el desempeño fisiológico y efectos negativos del estrés calórico sobre la capacidad fisiológica y de producción en los caprinos y ovinos*. Panamá: Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.

Argentina, Servicio Meteorológico Nacional (2013). *Informe sobre Ola de calor excepcional durante diciembre de 2013*. Buenos Aires: Departamento Climatología.

Argentina, Servicio Meteorológico Nacional (2014). *Informe especial Temperaturas Extremas Altas enero 2014*. Buenos Aires: Departamento Climatología.

Argentina, Servicio Meteorológico Nacional (2014). *Informe especial Temperaturas Extremas Altas febrero 2014*. Buenos Aires: Departamento Climatología.

Bianca, W. 1965. *Reviews of the progress of dairy science. Section A Physiology. Cattle in a hot environment*. J. Dairy Res. 32: 291-345.

Du Preez, J. H.; Giesecke, W. H. y Hattingh, P. J. 1990. *Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. I. Temperature-humidity Index mean values during the four main seasons*. Onderstepoort J. Vet. Res. 57: 77-86.

Johnson, H. D.; Kibler, H.H.; Ragsdale a.c.; Berry, I.L. y Shanklin, M.D. 1961. *Role of heat tolerance and production level in responses of lactating Holsteins to Various temperature-humidity conditions*. J. Dairy Sci. 44: 1191.

LCI. 1970. *Patterns of transit losses*. Livestock Conservation, Inc., Omaha, NE

Muñoz, G.1; Rondelli, F. 2; Maiztegui, L. 1; Gherardi, S. 2; Tolini, F. 2; Fernández, G. 1; Coronel, A. 1; Amelong, J. 1; Celoria, F. 2013. *Efectos de la ola de calor sobre la vaca Holando Argentino en el Módulo Tambo de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNR.*

Saravia, C. (2009). *Efecto del estrés calórico sobre las respuestas fisiológicas y productivas de vacas holando y jersey.* Tesis de Magister en Ciencias Agrarias opción Ciencia Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Salto, Uruguay.

Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria –SENASA- (2012). Disponible en: [http://www.senasa.gov.ar/indicadores.php?d=4\\_indicadores\\_ganaderia\\_caprina&in=1](http://www.senasa.gov.ar/indicadores.php?d=4_indicadores_ganaderia_caprina&in=1)

Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria -SENASA- (2013). Disponible en: [http://senasa.gov.ar/indicadores.php?d=1\\_indicadores\\_ganaderia\\_bovina\\_&in=1](http://senasa.gov.ar/indicadores.php?d=1_indicadores_ganaderia_bovina_&in=1).

Silanikove, n. 2000. *Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic.* Livestock Production Science 67: 1-18.

Thom, E. C. 1959. *The discomfort index.* Weatherwise 12: 57-59.

Tirrell, C. E. 1973. *Adaptación de los borregos y cabras. Adaptación de los Animales Domésticos de Hafez.* E.S.E. 334-355. Editorial Labor, Barcelona, España.

Yousef, M. K. 1985. *Stress Physiology in Livestock.* Elsevier Science Publishers.