

## CARACTERIZACION DE DIFERENTES SITUACIONES DEL AMBIENTE UTILIZANDO ESFERAS DE VERNON

Celmira SARAIVIA <sup>1</sup>, Oscar BENTANCUR <sup>2</sup>, Gabriela CRUZ <sup>3</sup>.

### Introducción

En el Norte de Uruguay se han detectado condiciones de estrés por calor durante el verano en animales domésticos (CRUZ Y SARAIVIA, 2001). Para reducir el impacto sobre la producción animal se han planteado técnicas de mejora del ambiente como el uso de sombra natural y/o artificial (VALTORTA *et al.*, 1998). En el presente trabajo se busca cuantificar las condiciones térmicas que ocurren en situación de incidencia directa de sol, sombra natural y artificial, durante tres años y en dos localidades contrastantes.

Para ello se utilizó la metodología de globos negros o esferas de Vernon, ubicadas cerca del lugar que ocupan los animales y en los que se registra la temperatura luego de establecerse el equilibrio térmico. El principio fundamental es el de integrar los aportes de calor por convección y radiación (BERBIGIER, 1988). La temperatura uniforme registrada dentro del espacio cerrado “negro” expresa las ganancias o pérdidas de calor del medio ambiente medido (HERTIG, 1972).

### Materiales y métodos

La temperatura (T) del aire al abrigo meteorológico y las temperaturas en las esferas de Vernon ubicadas a 1,5 metros de altura se registraron en forma horaria en las siguientes condiciones: sol (S), sombra natural (árboles adultos de *Tilia tomentosa*) (A) y sombra artificial (redes plásticas de color negro con 80% de intercepción de la radiación solar directa) (So). Para ello se utilizaron sensores de temperatura tipo termistores, conectados a un logger automático Delta T DL2. Las esferas de Vernon fueron construidas con esferas de cobre de 0,16 m de diámetro y se pintaron de negro mate. Los registros se realizaron durante los veranos de los años 2000 y 2001 en el Parque Agrometeorológico de la Facultad de Agronomía en Sayago (Lat.: 34° 51' S, Long.: 56° 13' W, Alt.: 81 m) y en 2002 en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía en Salto (Lat.: 31° 25' S, Long.: 57° 55' W Alt.: 47 m).

Para analizar las variables: **amplitud térmica**, **valores máximos y mínimos de temperatura** y **momento de ocurrencia de máximos y mínimos**, en cada localidad y año, se utilizaron los siguientes modelos lineales:

1. Para evaluar el efecto de los tratamientos sin considerar la ocurrencia de precipitaciones:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + D_j + \varepsilon_{ij}$$

$\mu$ : media general

$\tau_i$ : efecto del i-ésimo tratamiento

$D_j$ : efecto del j-ésimo día

$\varepsilon_{ij}$ : residual

2. Para evaluar el efecto de los días con ocurrencia de precipitaciones, el efecto de los tratamientos y su interacción:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + P_j + (\tau \cdot P)_{ij} + D_k (P_j) + \varepsilon_{ijk}$$

$\mu$ : media general

$\tau_i$ : efecto del i-ésimo tratamiento

$P_j$ : efecto de la ocurrencia de precipitación

$(\tau \cdot P)_{ij}$ : interacción tratamiento por ocurrencia de precipitación

$D_k (P_j)$ : efecto del día que depende de la ocurrencia de precipitación

$\varepsilon_{ijk}$ : residual

El ajuste de ambos modelos se realizó mediante el procedimiento GLM (SAS, 2001). Las medias de tratamientos, tipo de día (con o sin lluvia) e interacción fueron comparadas usando el test de Tuckey.

### Resultados y discusión

En los tres años analizados la **amplitud térmica** (Tabla 1) resultó significativamente superior en el tratamiento expuesto al Sol (S) respecto a los restantes tratamientos y la sombra artificial (So) respecto a la sombra natural (A). Al analizar la amplitud térmica en los días con ocurrencia de precipitación, ésta resultó significativamente menor ( $P < 0,05$ ) en todos los tratamientos excepto en Sayago 2001 bajo sombra natural (Tabla 4). Ese verano fue particularmente lluvioso en esa localidad.

**Tabla 1.** Amplitud térmica media (°C) para cada tratamiento y para los tres años

Tratamientos	Sayago 2000	Sayago 2001	Salto 2002
<b>T</b>	8,8 d	8,6 d	11,2 d
<b>A</b>	11,2 c	12,5 c	12,7 c
<b>S</b>	24,7 a	21,1 a	23,2 a
<b>So</b>	17,8 b	18,7 b	15,9 b
	<b>P&lt;0.01</b>	<b>P&lt;0.05</b>	<b>P&lt;0.01</b>

**Referencias:** T: Registro al abrigo, A: Registro debajo de la Sombra Natural, S: Registro al Sol, So: Registro debajo de la Sombra Artificial  
**Nota:** Medias con igual letra no difieren significativamente

Las **temperaturas máximas** (Tabla 2) se diferenciaron significativamente entre sí y se ordenan en forma decreciente de la siguiente manera: sol, sombra artificial y sombra natural. Los valores mayores corresponden al registro al sol, lo cual se explicaría por una mayor proporción de radiación solar directa incidiendo sobre la esfera. La respuesta no es modificada por la ocurrencia o no de precipitaciones en Sayago (Tabla 5). En Salto, las temperaturas máximas resultaron superiores los días con ocurrencia de precipitación en los tratamientos ubicados al Sol y a la sombra artificial.

Los valores térmicos en la localidad de Salto son climáticamente mayores que en el sur del país (DNM, 1996). Estas diferencias en los valores se deben al efecto del Río de la Plata sobre la temperatura, que atenúa las variaciones de la misma en Sayago. A su vez, en Salto ocurre mayor advección de aire cálido proveniente del norte.

<sup>1</sup> Ing. Agr. Agrometeorología, Unidad de Sistemas Ambientales, Estación Experimental de la Facultad de Agronomía en Salto; e-mail: [tsara@unorte.edu.uy](mailto:tsara@unorte.edu.uy)

<sup>2</sup> Ing. Agr. Departamento de Biometría y Estadística, Estación Experimental “Mario A. Cassinoni”, Fac. de Agronomía, Paysandú; e-mail: [obent@fagro.edu.uy](mailto:obent@fagro.edu.uy)

<sup>3</sup> Ing. Agr. Agrometeorología, Unidad de Sistemas Ambientales, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo; e-mail: [gacruz@fagro.edu.uy](mailto:gacruz@fagro.edu.uy)

**Tabla 2.** Temperaturas máximas medias (°C) para cada tratamiento y para los tres años

Tratamientos	Sayago 2000	Sayago 2001	Salto 2002
<b>T</b>	26,6 d	27,6 c	30,8 d
<b>A</b>	29,1 c	31,2 b	32,8 c
<b>S</b>	40,5 a	39,0 a	44,8 a
<b>So</b>	34,6 b	37,0 a	36,0 b
	<b>P&lt;0.01</b>	<b>P&lt;0.01</b>	<b>P&lt;0.05</b>

**Referencias:** T: Temperatura al abrigo, A: Temperatura debajo de la Sombra Natural, S: Temperatura al Sol, So: Temperatura debajo de la Sombra Artificial

**Nota:** Medias con igual letra no difieren significativamente

Con respecto a las **temperaturas mínimas**, el tratamiento con la esfera ubicada al Sol presentó valores significativamente inferiores a los restantes tratamientos, excepto en 2001 en Sayago donde resultó solo menor a la sombra natural (Tabla 3). El testigo (temperatura del aire registrada al abrigo meteorológico) y el tratamiento de sombra natural no se diferenciaron en ningún caso, debido probablemente, a las menores pérdidas de radiación terrestre en ambos.

Las temperaturas mínimas con y sin ocurrencia de lluvia (tabla 6) fueron significativamente diferentes ( $P<0,05$ ) en todos los tratamientos y años. En este caso, la nubosidad actuó de forma similar al efecto de los árboles, reteniendo mayor cantidad de energía terrestre que se tradujo en temperaturas mínimas mayores.

**Tabla 3.** Temperaturas mínimas medias (°C) para cada tratamiento y para los tres años

Tratamientos	Sayago 2000	Sayago 2001	Salto 2002
<b>T</b>	17,8 a	19,0 a	18,4 a
<b>A</b>	18,0 a	18,7 a	18,2 ab
<b>S</b>	15,7 c	17,8 b	17,4 c
<b>So</b>	16,8 b	18,3 ab	17,9 b
	<b>P&lt;0.01</b>	<b>P&lt;0.01</b>	<b>P&lt;0.01</b>

**Referencias:** T: Temperatura al abrigo, A: Temperatura debajo de la Sombra Natural, S: Temperatura al Sol, So: Temperatura debajo de la Sombra Artificial

**Nota:** Medias con igual letra no difieren significativamente

**Tabla 4.** Amplitud térmica en situaciones con y sin ocurrencia de lluvia para todos los tratamientos y años

	Sayago 2000		Sayago 2001		Salto 2002	
	sin	con	sin	con	sin	con
<b>T</b>	8,9 a	8,3 b	9,0 a	7,6 a	12,1 a	9,0 b
<b>A</b>	11,4 a	10,0 b	13,0 a	11,3 a	13,6 a	10,4 b
<b>S</b>	25,2 a	21,9 b	22,4 a	18,5 b	24,7 a	19,2 b
<b>So</b>	18,2 a	15,6 b	19,9 a	16,3 b	17,1 a	12,9 b
	<b>P&lt;0.05</b>		<b>P&lt;0.05</b>		<b>P&lt;0.05</b>	

**Referencias:** T: Registro al abrigo, A: Registro debajo de la Sombra Natural, S: Registro al Sol, So: Registro debajo de la Sombra Artificial

**Nota:** Medias con igual letra dentro de cada tratamiento y localidad, no difieren significativamente.

**Tabla 5.** Temperaturas máximas en situaciones con y sin ocurrencia de lluvia para todos los tratamientos y años

	Sayago 2000		Sayago 2001		Salto 2002	
	sin	con	sin	con	sin	con
<b>T</b>	26,5 a	27,2 a	27,3 a	28,2 a	30,4 a	31,6 a
<b>A</b>	29,2 a	28,6 a	31,2 a	31,3 a	32,4 a	33,6 a
<b>S</b>	40,7 a	39,1 a	39,5 a	37,8 a	44,4 b	45,9 a
<b>So</b>	34,7 a	33,8 a	37,3 a	36,4 a	35,6 b	37,0 a
	<b>NS</b>		<b>NS</b>		<b>P&lt;0.05</b>	

**Referencias:** T: Temperatura al abrigo, A: Temperatura debajo de la Sombra Natural, S: Temperatura al Sol, So: Temperatura debajo de la Sombra Artificial. **Nota:** Medias con igual letra dentro de cada tratamiento y localidad, no difieren significativamente.

Con referencia al **momento de ocurrencia** de las temperaturas extremas (Tablas 7 y 8), los resultados muestran que en Salto, las máximas y mínimas en el tratamiento al sol siempre ocurrieron significativamente

más temprano que en la sombra natural, presentando la sombra artificial un comportamiento intermedio. Esto se explica por las diferencias en las barreras en el flujo de energía radiativa que retrasan la respuesta. Sin embargo, en Sayago esto no sucedió. Podría suponerse que el efecto advectivo fue de mayor importancia en esta situación.

Al tratarse de series de datos correspondientes a pocos años, no se puede aún realizar comparaciones concluyentes entre localidades.

**Tabla 6.** Temperaturas mínimas en situaciones con y sin ocurrencia de lluvia para todos los tratamientos y años

	Sayago 2000		Sayago 2001		Salto 2002	
	sin	con	sin	con	sin	con
<b>T</b>	17,6 b	18,9 a	18,3 b	20,5 a	17,9 b	19,6 a
<b>A</b>	17,8 b	18,7 a	18,1 b	20,0 a	17,9 b	18,8 a
<b>S</b>	15,5 b	17,2 a	17,2 b	19,3 a	16,9 b	18,8 a
<b>So</b>	16,5 b	18,1 a	17,4 b	20,1 a	17,4 b	19,2 a
	<b>P&lt;0.05</b>		<b>P&lt;0.05</b>		<b>P&lt;0.05</b>	

**Referencias:** T: Temperatura al abrigo, A: Temperatura debajo de la Sombra Natural, S: Temperatura al Sol, So: Temperatura debajo de la Sombra Artificial. **Nota:** Medias con igual letra dentro de cada tratamiento y localidad, no difieren significativamente.

**Tabla 7.** Momento de ocurrencia (hora del día) de las temperaturas máximas

Tratamientos	Sayago 2000	Sayago 2001	Salto 2002
<b>T</b>	14:20 a	14:32 a	16:00 a
<b>A</b>	13:02 b	13:05 b	16:09 a
<b>S</b>	12:50 b	13:44 ab	14:53 b
<b>So</b>	13:04 b	13:47 ab	15:05 b
	<b>NS</b>	<b>P&lt;0.01</b>	<b>P&lt;0.01</b>

**Referencias:** T: Registro al abrigo, A: Registro debajo de la Sombra Natural, S: Registro al Sol, So: Registro debajo de la Sombra Artificial

**Nota:** Medias con igual letra no difieren significativamente

**Tabla 8.** Momento de ocurrencia (hora del día) de las temperaturas mínimas

Tratamientos	Sayago 2000	Sayago 2001	Salto 2002
<b>T</b>	7:20 a	7:31 a	6:44 ab
<b>A</b>	6:52 a	7:00 ab	7:06 a
<b>S</b>	7:16 a	6:47 ab	6:35 b
<b>So</b>	6:56 a	6:34 b	6:43 ab
	<b>NS</b>	<b>P&lt;0.01</b>	<b>P&lt;0.05</b>

**Referencias:** T: Registro al abrigo, A: Registro debajo de la Sombra Natural, S: Registro al Sol, So: Registro debajo de la Sombra Artificial

**Nota:** Medias con igual letra no difieren significativamente

### Referencias bibliográficas

BERBIGIER, P. **Bioclimatologie des ruminants domestiques en zone tropicale**. Paris. INRA. 1988. 237 p.

CRUZ, G.; SARAVIA, C. Cuantificación de un índice de estrés térmico para vacas lecheras en el norte de la República Oriental del Uruguay. In CONGRESO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12. 2001, Fortaleza, CE. **Anais**, Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ FUNCEME. 2001. 938 p. p.755-756.

Dirección Nacional de Meteorología. **Normales climatológicas. Período 1961-1990**. Montevideo. 1996. 20 p.

HAFEZ, E. **Principios de la Adaptación Animal**. México. Hertig, B. 1972. Cap. 23: Medición del medio ambiente físico. p 438-456.

S.A.S. Institute Inc. SAS/STAT Software Users's Guide.: **Rel. 8**, Cary, N.C. 2001.

VALTORTA, S. *et al.* . **Producción de leche en verano**. Santa Fé, Argentina. Universidad Nacional del Litoral. 1998. 109 p.