

Sombreado forestal aplicado a tambos. Simulaciones de cortinas forestales

Laclau P.¹, DomínguezDaguer D.² y G.Caballé³

Resumen

En climas templados a templado-cálidos de la llanura pampeana, la provisión de sombra al ganado lechero durante los períodos de fuerte insolación influye marcadamente en el bienestar animal y en la producción láctea. El tendido de cortinas forestales bajo distintos diseños y disposición espacial podría contribuir al confort animal con positivo impacto ambiental y económico. A través de simulaciones de sombreado con el programa ShadeMotion v.3.0 se analizó la provisión de sombra de cortinas forestales. El recuento de cuadrículas de las salidas gráficas de simulación de cortinas con orientación *norte-sur* y *este-oeste* en dos fechas del verano y en 4 horarios del día, permitió estimar la superficie sombreada en esos momentos por metro lineal de cortina. La disposición *este-oeste* mantiene un sombreado angosto y relativamente inamovible, que en dos fechas de verano y en sus valores extremos, osciló entre 2,9 y 6 m²/m lineal de cortina según la hora del día. En cambio, las cortinas de rumbo *norte-sur* facilitan la movilidad de la sombra y una proyección más oblicua que incrementa la superficie sombreada por metro lineal de cortina, que en las dos fechas de simulación oscilaron entre 2,9 y 12,5 m²/m lineal de cortina. Ambas disposiciones de cortinas, junto a la sala de ordeño y en las pasturas, podrían combinarse siguiendo una estrategia integral de manejo del calor animal durante el verano.

Palabras clave: llanura pampeana, bienestar animal, ShadeMotion, proyección de copas

Tree shading in dairy farms. Forest shelterbelts simulations

Abstract

In temperate to warm-temperate climate areas of the pampa's plains region, shade shelters for dairy cattle remarkably affect animal welfare and milk production. Forest shelterbelts of various designs and spatial layouts could increase animal comfort resulting in positive economic and environmental impacts. Through the analysis of forest shelterbelts outputs simulated with the software ShadeMotion v.3.0[®] we assessed the shade services provided. The accounting of pixels of the graphic outputs simulating linear tree arrangements *north-south* and *east-west* directions in four daily hours of two summertime dates, allowed us to estimate shading ground area by lineal meter or the tree line. The *east-west* direction kept an almost constant and narrow shading, ranging 2,9-6 m²/m lineal tree line between extremes and considering both summer dates and the four daily hours. Instead, the shelterbelts coursing *north-south* direction facilitated the shade motion and a more sideward projection, increasing the shadow per lineal meter. This case, projected shade ranged 2,9-12,5 m²/m lineal tree line between extremes. Both forest shelterbelts arrangements installed by the milking barn or in the pasture could combine in a whole strategy to alleviate animal heat along summertime.

Key words: pampa's plains, animal welfare, ShadeMotion, crown projection

¹ INTA EEA Balcarce, Rodríguez 370, (7000) Tandil, Arg., laclau.pablo@inta.gov.ar; ² Dirección de Producción Forestal (MAGyP); ³ INTA EEA Bariloche

Introducción

En climas templados a templado-cálidos de la llanura pampeana, la provisión de sombra al ganado lechero durante los períodos de fuerte insolación influye marcadamente en el bienestar animal y en la producción láctea (Cony et al., 2004; Ghiano et al., 2011, 2014; La Manna et al., 2014). La provisión de sombra atenúa la radiación sobre los animales, reduciendo el gasto metabólico empleado en la disipación de calor por transpiración (Cruz Brasesco, 2009). Si bien existe un importante desarrollo en estructuras artificiales de sombra para el ganado (Ghiano et al., 2011) con la posibilidad de aplicación combinada de ventilación o aspersión (Roman et al., 2014), la plantación de especies forestales bajo distintos diseños podría cumplir similares funciones con positivo impacto en la sustentabilidad ambiental y económica, al reemplazar la

utilización de umbráculos artificiales fabricados con postes de madera o con estructuras metálicas y mallas plásticas. En sistemas de pastoreo rotativo intensivo, el tendido de cortinas forestales en los deslindes de los lotes de alternancia de pastoreo, podría proveer de sombra en los momentos de mayor temperatura o de consumo de raciones. Orientando las cortinas de modo de no afectar la insolación de las pasturas instaladas, se podrían incorporar comederos fijos o móviles junto a los árboles. Alternativamente, el arbolado de áreas de encierro o consumo junto al tambo sería aplicable en lugar de las instalaciones artificiales. En este artículo se analiza la provisión de sombra de cortinas forestales a través de simulaciones gráficas de sombreado y se discuten algunas condiciones para el tendido de cortinas de sombra en tambos.

Materiales y Métodos

Se realizaron 64 simulaciones de sombreado de líneas simples de árboles distanciados 2 metros entre sí, con orientación *norte-sur* y *este-oeste* a la latitud de 31°S, coincidente con la localidad de Rafaela, pcía. de Santa Fe. Para ello se utilizó el programa ShadeMotion v.3.0® (CATIE, 2011), que proyecta trigonométricamente la sombra de árboles individuales para fechas (día y hora) o períodos seleccionados, según características definidas por el usuario, de *largo de tronco*, *largo y forma de copa*, *porosidad de copa* y *estacionalidad del follaje* en función de la *latitud*, la *pendiente*, y su *distribución espacial* en una grilla de coordenadas *x/y*: Las simulaciones se realizaron para dos fechas de alta radiación; el 21 de diciembre y el 21 de febrero, en los horarios de 10, 12, 14 y 16 h. Se probaron árboles con distinto desarrollo, asumiendo que podrían representar las variaciones de tamaño y forma en el tiempo con un manejo razonable de podas. Se consideraron líneas de árboles de cuatro

tamaños diferentes, entre 7 y 11 m de altura, y 4 a 7 m de ancho y alto de copa. En todos los árboles se asumió una densidad de copa (intercepción de luz) constante, del 80% y se simuló con pendiente 0° en el terreno. En la Tabla 1 se especifican las combinaciones simuladas. A través del recuento de cuadrículas sombreadas arrojadas por las salidas gráficas sobre tramos de 30 m lineales de cortina, se calculó la superficie sombreada (m²/m lineal de cortina) en cada una de las situaciones simuladas. También por conteo se calculó el ancho medio de las fajas de sombra generadas a lo largo de la cortina.

Por otra parte, en base a bibliografía descriptiva de forestales adaptadas a una variedad de climas templados y el análisis de sus características morfológicas y fisiológicas, se establecieron criterios para el tendido de las cortinas y las ventajas y limitaciones de algunas especies para el sombreado en estos sistemas de producción.

Tabla 1. Simulaciones de sombra de líneas simples de árboles en diferente orientación, en dos fechas y cuatro horarios diurnos, para árboles de diferente altura de tronco y desarrollo de copa.

ORIENTACIÓN	FECHAS	HORARIOS	DESARROLLO DE ÁRBOLES
2 orientaciones	X 2 fechas	x 4 horarios	x 4 tamaños = 64 simulaciones
Norte-sur	21 de diciembre	10h,	Tamaño 1: ancho copa 4m, long. copa 4m, alt. tronco 3m
		12h,	Tamaño 2: ancho copa 5m, long. copa 5m, alt. tronco 3m
Este-oeste	21 de febrero	14h,	Tamaño 3: ancho copa 6m, long. copa 6m, alt. tronco 4m
		16h	Tamaño 4: ancho copa 7m, long. copa 7m, alt. tronco 4m

Resultados y discusión

Las simulaciones según las variables mencionadas (Tabla 1) indican que al 21 de diciembre, la superficie sombreada por cortinas con orientación *norte-sur* oscilaría entre 2,9 (con los árboles de menor desarrollo, a las 12 h) y 4,9 m²/m lineal de cortina (con los árboles de mayor desarrollo, a las 16 h). Para el 21 de febrero en igual horario, estos valores serían de 3,4

y 5,3 m²/m lineal respectivamente (Tabla 2). Con cortinas de orientación *este-oeste*, el sombreado al 21 de diciembre sería aproximadamente similar; 3,4 m²/m lineal de cortina para los árboles menores, y 5,3 m²/m lineal de cortina para los árboles más desarrollados. El 21 de febrero, estos valores oscilarían entre 2,8 y 5,4 m²/m lineal de cortina (Tabla 2). Observan-

Tabla 2. Superficie sombreada (m²/ m lineal de cortina) y ancho de faja sombreado obtenidos por recuento de cuadrículas de las simulaciones gráficas para las distintas orientaciones de cortina, fechas, horarios y desarrollo de árboles según escala en Tabla 1.

Tamaño del árbol	m ² sombra/ m lineal cortina				ancho faja sombreada, m				m ² sombra/ m lineal cortina				ancho faja sombreada, m			
	10h	12h	14h	16h	10h	12h	14h	16h	10h	12h	14h	16h	10h	12h	14h	16h
	ORIENTACIÓN NORTE-SUR, 21 DE DICIEMBRE								ORIENTACIÓN NORTE-SUR, 21 DE FEBRERO							
1	4.7	2.9	4.7	6.4	5	3	5	7	4.5	2.8	4.7	7.9	5	3	5	9
2	4.8	2.9	4.8	6.5	5	3	5	7	4.6	2.9	4.7	8.1	5	3	5	9
3	6.8	4.9	6.8	10.5	7	5	7	11	7.3	5.0	7.2	12.3	8	5	8	13
4	6.8	4.9	6.8	10.6	7	5	7	11	7.3	4.9	7.3	12.5	8	2	8	14
	ORIENTACIÓN ESTE-OESTE, 21 DE DICIEMBRE								ORIENTACIÓN ESTE-OESTE, 21 DE FEBRERO							
1	3.3	3.4	3.2	4.3	4	4	4	5	3.4	2.8	3.3	3.9	5	5	5	5
2	3.1	3.2	3.2	3.7	4	4	4	4	3.5	2.9	3.2	3.9	5	5	5	4
3	5.1	5.3	5.3	6.0	6	6	6	6	6.0	5.8	5.8	5.9	7	7	7	6
4	5.7	5.3	5.7	5.6	6	6	6	6	5.5	5.4	5.8	6.0	6	6	6	6

do los datos de la Tabla 2, para la orientación *norte-sur* para ambas fechas, se aprecia que estos valores de sombreado se incrementaron en aproximadamente un 50% dos horas antes o después de mediodía, y más de un 100% a las 16 h. En cambio en la orientación *este-oeste* los valores permanecen con escasa o nula variación durante el día. En general puede observarse que el cambio de sombreado es similar entre los dos tamaños menores de árboles y entre los dos tamaños mayores. En la Figura 1 se muestra una salida gráfica de simulación para el 21 de diciembre, con ambas orientaciones de cortina, y con los árboles de mayor desarrollo (tamaño 4 según Tabla 1). De acuerdo con ello puede observarse:

La sombra de copas se desplaza marcadamente respecto de la cortina en la orientación *norte-sur*, en tanto su desplazamiento es mínimo en la orientación *este-oeste*.

El menor sombreado se produce a mediodía, repartiéndose la sombra a ambos lados de los árboles (aunque levemente desplazada al sur en la orientación *este-oeste*).

El nivel de sombreado es similar a las 10 y a las 14 h aunque en la orientación *norte-sur* la sombra se desplaza hacia la izquierda o hacia la derecha de la cortina de árboles, respectivamente.

A las 16 h el sombreado es máximo en la orientación *norte-sur* y se separa de la línea de árboles.

La orientación de las líneas de árboles debería conjugarse con su ubicación dentro del sistema agroforestal (Moore and Bird, 1997; Williams et al., 1997). Si se trata de cortinas alternantes

con fajas de pastoreo, una condición importante será evitar las relaciones de competencia pasto-árbol en los bordes de la cortina (USDA, 1949). La competencia por luz puede afectar el crecimiento de las pasturas, particularmente si se trata de especies megatérmicas -de ciclo primavera-estivo-otoñal en la región-, que tienen baja tolerancia al sombreado. También la presencia de árboles puede ser un factor de facilitación para el pasto, según el balance entre la extracción de las raíces, o la atenuación de la demanda evaporativa de agua del suelo (Caballé 2013). Para esta situación de necesidad lumínica, el tendido en el rumbo *este-oeste* parece más apropiado, aunque se mantiene sombreada en forma prácticamente constante una superficie reducida del suelo. Con rumbos distintos de *este-oeste*, la superficie sombreada será mayor (máxima en la orientación *norte-sur*), a la vez que se desplazará durante el día manteniendo el piso más seco. Debido a la concentración de deyecciones o el derrame de raciones (en el caso que se dispongan comederos bajo los árboles), el desplazamiento del sombreado durante el día sería apropiado en el área de espera contigua a la sala de ordeño. Por otro lado, en climas frescos, adonde en el invierno se requiere una mayor insolación, podrían utilizarse árboles caducifolios. Como contrapartida, las perennifolias (que también eliminan hojas pero reciclan el follaje completo en varios años) mantienen un sombreado intenso en los meses de invierno pero tienen una mayor intercepción de precipitaciones y proveen de sombreado intenso (menor porosidad). Esto último puede ser más beneficioso

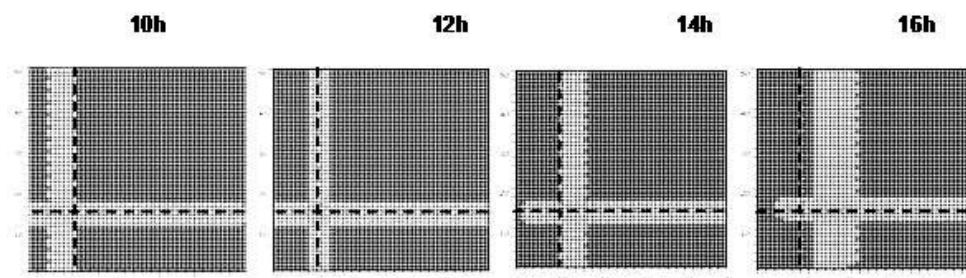


Figura 1. Diagramas de sombra producida a distintas horas del día 21 de diciembre (sombreado claro sobre fondo oscuro) para cortinas (líneas gruesas interrumpidas) de árboles de ancho y longitud de copa de 7 m, 4 m de altura de tronco y 11 m de altura total. Cada cuadro representa 1 m² de terreno sobre una grilla tiene 50 m de lado.

en verano. No obstante, la porosidad de la copa (superior) y de la cortina (lateral) debería ser suficiente para facilitar la convección del aire y volatilización del amonio y otros compuestos tóxicos, permitiendo a la vez facilitar la disipación de calor animal y mantener un piso más seco. Eventualmente podrían combinarse ambos tipos. Por otra parte, en cortinas para sombra del ganado debería manejarse un crecimiento

de árboles a tasas moderadas, de modo de mantener copas preferentemente globosas (tan anchas como altas) y con baja carga de ramas gruesas. Ello se logra con la elección de la especie o el manejo de podas. Tampoco deberían ser de gran porte, particularmente cuando la orientación es *este-oeste*, ya que solamente habrá mayor superposición de sombra en la línea, pero no una mayor extensión lateral de la misma.

Conclusiones

La simulación dinámica de la proyección de copas de cortinas forestales permitió estimar la superficie sombreada del suelo para reparo animal en tambos para distintos periodos. La disposición espacial adecuada de las cortinas (rumbo) y el tamaño, la forma y duración del follaje de los árboles, dependerá de su ubicación dentro del sistema lechero: en áreas de pastoreo o en corral de espera / alimentación junto a la sala de ordeño. La disposición *este-oeste* mantiene un sombreado angosto y relativamente inamovible, que en dos fechas de verano y en sus valores

extremos, osciló entre 2,9 y 6 m²/m lineal de cortina según la hora del día. En cambio, las cortinas de rumbo *norte-sur* facilitaron la movilidad de la sombra y una proyección más oblicua que incrementó la superficie sombreada por metro lineal de cortina respecto de la orientación anterior. En las dos fechas de simulación oscilaron entre 2,9 y 12,5 m²/m lineal de cortina. Ambas ubicaciones de cortinas, junto a la sala de ordeño y en las pasturas, podrían combinarse siguiendo una estrategia integral de manejo del calor animal durante el verano.

Agradecimientos

Este artículo se realizó en el marco del Proyecto sobre *Tecnologías y Capacidades para el Manejo de Sistemas Agroforestales y Silvopastoriles con Bosques Implantados* (INTA PNFOR 1104075) con apoyo de la Delegación Técnica Regional Buenos Aires Sur de la Dirección de Producción Forestal (MAGyP). Los autores agradecen la información provista por Miguel Taverna sobre utilización de sombra artificial en tambos.

Bibliografía

- Caballé G., 2013. Efecto interactivo de la defoliación del estrato herbáceo y la cobertura del estrato arbóreo sobre el crecimiento del estrato herbáceo en sistemas silvopastoriles. Tesis doctoral. Escuela de Graduados de la Facultad de Agronomía (UBA), 130 pgs.
- CATIE, 2011. TreeMotion v3.0. <http://catie.ac.cr>
- Cony, P., Casagrande, G.A. y G.T. Vergara, 2004. Cuantificación de un índice de estrés calórico para vacas lecheras en Anguil, provincia de La Pampa (Argentina) 2004. Rev.Fac. Agronomía - UNLPam Vol. 15 N°1/2, Santa Rosa, Argentina, ISSN 0326-6184
- Cruz Brasesco, G., 2009. Biometeorología del calor sobre la producción de leche de vacas Holstein en Uruguay. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, 83 pp
- Ghiano, J., García, K., Gastaldi, L., Domínguez, J., Sosa, N., Massoni, F., Ferreira, M., Walter, E. y M.Taverna, 2011. Manejo del estrés calórico en el tambo. Alternativas de sombras. Ficha técnica n°17, nov. 2011. Resultados de Investigación Lechera; www.inta.gov.ar/lecheria
- Ghiano, J., Taverna, M., Gastaldi, L. y E. Walter, 2014. Manejo del estrés calórico. INTA Lechero en <http://inta.gob.ar>
- La Manna, A., Román, L., Bravo, R. e I. Aguilar, 2014. Estrés Térmico en Vacas Lecheras. En: Día de Campo "Manejo de Estrés Térmico en Ganado Lechero". La Estanzuela, Colonia, INIA. 31 p. (Serie Actividades de Difusión no. 728). ISSN 1688-9258
- Moore, R.W. y P.R. Bird, 1997. En: Gordon, A.M. y S.M. Newman (Eds). Temperate Agroforestry Ecosystems. CAB International. ISBN 0851991475. Cap 4:119-148
- Román L., Saravia, C., Astigarraga, L., Bentancur, O., Acosta, Y., Pla, M., Mendoza, A., Morales, T. y A. La Manna, 2014. El Acceso a Sombra Asociado o no con Aspersión y Ventilación Mejora las Variables Fisiológicas y el Desempeño Productivo de Vacas Holando en el Suroeste de Uruguay. En: Día de Campo "Manejo de Estrés Térmico en Ganado Lechero". La Estanzuela, Colonia, INIA. 31 p. (Serie Actividades de Difusión no. 728). ISSN 1688-9258
- USDA, 1949. Trees. The Yearbook of Agriculture. US Government Printing Office, Wash.DC, 944 pgs.
- Williams, P.A., Gordon, A.M., Garrett, H.E. y L. Buck, 1997. Agroforestry in North America and its Role in Farming Systems. En: Gordon A.M. y S.M. Newman (Eds). Temperate Agroforestry Ecosystems. CAB International. ISBN 0851991475. Cap 2:9-84