

Avances de Investigación

SISTEMAS SILVOPASTORILES: EFECTOS DE LA DENSIDAD ARBOREA EN LA PENETRACION SOLAR Y PRODUCCION DE FORRAJE EN RODALES DE ALAMO (*Populus deltoides* Marsh).

H. Acciaresi^{1,2}
O.E. Ansón²
R.M. Marlats^{1,2}

Palabras claves: Sistemas Silvopastoriles, radiación solar, producción forrajera, raleos arbóreos.

RESUMEN

La finalidad del presente estudio fue evaluar la producción de biomasa forrajera en sistemas silvopastoriles (SSP), bajo diferentes densidades (625, 416, 312, 250 y 0 árboles/ha), de *Populus deltoides* Marsh cv Cat Fish 2 y una mezcla de especies de gramíneas (*Bromus unioloides*, *Lolium multiflorum*, *Paspalum dilatatum*, y *Cynodon dactylon*). La producción forrajera fue determinada como una función de la densidad de árboles y la penetración de luz. La penetración de luz en Watts/m² disminuyó al aumentar la densidad de árboles. El orden de producción de forraje fue 0 > 250 > 312 > 416 > 625 árboles/ha. El modelo de regresión fue $Y = e^{(a+bx)}$, donde la densidad arbórea es la variable independiente y la producción de forraje la variable dependiente, con $R^2 = 0.94$. La calidad y cantidad de la radiación solar fue aparentemente el factor limitante principal en el crecimiento del pasto.

Silvopastoral System: effects of tree density on light penetration and forage production in poplar (*Populus deltoides* Marsh stands).

ABSTRACT

The purpose of the present study was evaluated the forage production of silvopastoral system (SSP), formed by different densities (625, 416, 312, 250, and 0 trees/ha) of *Populus deltoides* Marsh cv Cat Fish 2 and a mixture of pasture grasses (*Bromus unioloides*, *Lolium multiflorum*, *Paspalum dilatatum*, and *Cynodon dactylon*). Forage production was determined as a function of tree density and light penetration. Light penetration in watt/m² decreased with increased tree density. The order of forage production was 0 > 250 > 312 > 416 > 625 trees/ha. The regression model was $Y = e^{(a+bx)}$, where the stand density is the independent variable and forage production was the dependent variable ($R^2=0.94$). The quantity and quality of solar radiation apparently was the principal limiting factor on pasture growth.

En la Provincia de Buenos Aires, República Argentina, dos factores favorecieron la inserción del árbol en las pasturas: la crisis socioeconómica propia de las monoculturas, con rendimientos decrecientes sostenidos con adiciones de agroquímicos y un extenso territorio con una amplia diversidad de ambientes favorables a la instalación de Sistemas Silvopastoriles (SSP).

Para lograr el sustento de esta nueva actividad, es imprescindible el conocimiento científico-tecnológico de los factores que regulan la producción. Entre ellos, los efectos que la densidad arbórea origina en la producción de la biomasa herbácea (Acciaresi y Marlats, 1991).

Es una práctica común trabajar con densidades iniciales de 625 árboles/ha (4 m x 4 m) y finalizar la rotación con 250 árboles/ha de especies caducifolias y con 150 árboles/ha de especies perennifolias. Uno de los árboles maderables más interesantes en la región que nos ocupa es el álamo (*Populus* spp.), puesto que sus plantaciones surten de materia prima a la industria de celulosa, de papel y de aserrío.

Existiendo un avanzado conocimiento en el mejoramiento genético y en el manejo forestal de esta especie, referido a plantaciones puras, la posibilidad de su participación como componente del subsistema arbóreo en los SSP, debe ser evaluada a través de programas específicos de investigación.

El presente trabajo se planteó con el objetivo de determinar la producción estacional de biomasa herbácea forrajera en plantaciones de álamos con distintos espaciamientos y su relación con la penetración de la radiación solar incidente.

¹ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Argentina

² Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, CC 31, (1900), La Plata, Argentina.

MATERIALES Y METODOS

Los trabajos se efectuaron en un SSP de 4 ha, en la Estación Experimental "Julio Hirschhorn" de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, República de Argentina (34° 55' LS y 57° 57' LO). La temperatura media mensual del mes más cálido, enero, fue de 23,5 °C y la del mes más frío, julio, con 7 °C. Si bien las precipitaciones oscilan entre los 800 y 1.000 mm/año, concentradas en otoño y primavera, es manifiesta la sequía estival. El suelo fue clasificado como Argiudol Típico (Moscatelli *et al.*, 1980; Lanfranco, 1986).

El subsistema arbóreo estaba compuesto por *Populus deltoides* Marsh cv Cat Fish 2, de 7 años de edad y una densidad inicial de 625 árboles/ha. La configuración de la plantación era cuadrangular, 16 m²/árbol, el área basal de 19.64 m²/ha y una altura total media de 17.5 m (DS + 1.45 m). En el subsistema herbáceo dominaban las especies indígenas y naturalizadas (*Bromus unioloides* H.B.K., *Lolium multiflorum* Lam., *Paspalum dilatatum* Poir. y *Cynodon dactylon* L.).



Los tratamientos fueron delimitados mediante un raleo efectuado en la primavera de 1991 y consistieron en:

- 1- 625 árboles/ha, área basal 19.64 m²/ha y configuración cuadrangular 16 m²/árbol.
- 2- 416 árboles/ha, área basal 13.07 m²/ha y configuración rectangular 24 m²/árbol.

3- 312 árboles/ha, área basal 9.80 m²/ha y configuración rectangular 32 m²/árbol.

4- 250 árboles/ha, área basal 7.85 m²/ha y configuración rectangular 40 m²/árbol.

5- Control: 3 hectáreas integradas por una pradera natural, aledaña a los otros tratamientos, compuestas por las mismas especies que fueron censadas bajo los *Populus*.

Los valores de la radiación solar incidente (W m²), se cuantificaron estacionalmente a partir del invierno de 1992, con un radiómetro modelo DATA LOGGER LICOR LI-1000, al mediodía, con cielo despejado y ausencia de viento. Se establecieron diez estaciones de muestreo distribuidas al azar, en cada situación estudiada. Las mediciones se realizaron en un minuto con intervalos de diez segundos, obteniéndose seis valores por minuto en cada estación y sesenta registros en cada tratamiento. Estos datos se promediaron para poder realizar comparaciones entre los distintos sitios.

En otoño de 1992, se efectuó un corte de limpieza en todos los tratamientos con una cortadora picadora de arrastres. La cobertura herbácea del suelo, estimada visualmente en superficies de 25 m² distribuidas al azar con 10 repeticiones (Ansín y Oyhamburu, 1993), fue de 87% en la parcela control y de 64% en los otros tratamientos.

Posteriormente y durante un año, al igual que la radiación, se cuantificaron estacionalmente la cobertura vegetal y la producción forrajera total desarrollada bajo la copa de los árboles. Al considerar la evaluación de la biomasa, se aceptó que los materiales envejecidos y descompuestos se acumularan rápidamente, tan pronto se llega a la completa intercepción de la luz. Considerándose además, que en situaciones de poca humedad, esos materiales serían cosechados en el siguiente corte, pero cuando prevalecieran las condiciones húmedas la descomposición sería rápida, perdiéndose dicha biomasa (Gardner, 1967).

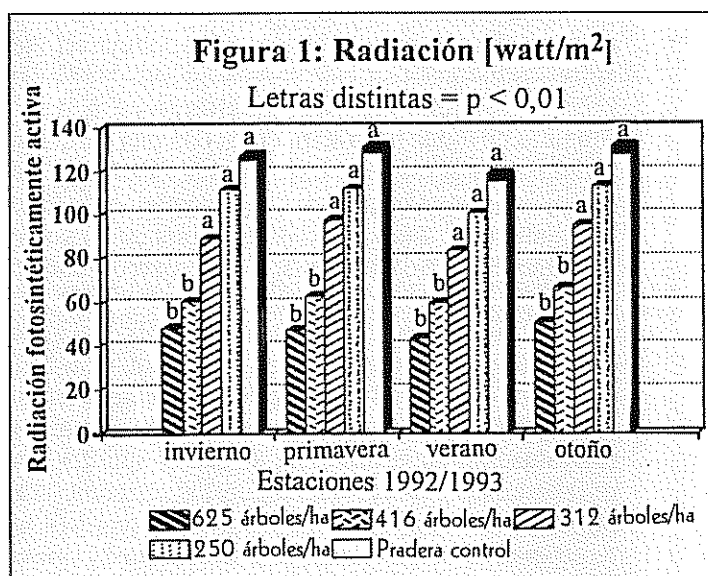
Los cortes se hicieron al ras, con tijeras, en superficies cuadradas de 0,25 m² distribuidas al azar, con 10 repeticiones por tratamiento. El material vegetal recolectado se secó en estufa a 60°C hasta peso constante, obteniéndose la materia seca herbácea total expresada en kg de MS/ha⁻¹.

Todos los resultados fueron estadísticamente analizados mediante el método de varianza y cuando se encontraron diferencias significativas (p < 0,01), mediante el test de Tukey (Steel y Torrie, 1990).

Los modelos de regresión ensayados fueron lineal, recíproco y exponencial. El ajuste de los mismos se realizó por el método de mínimos cuadrados (Draper y Smith, 1981).

RESULTADOS Y DISCUSION

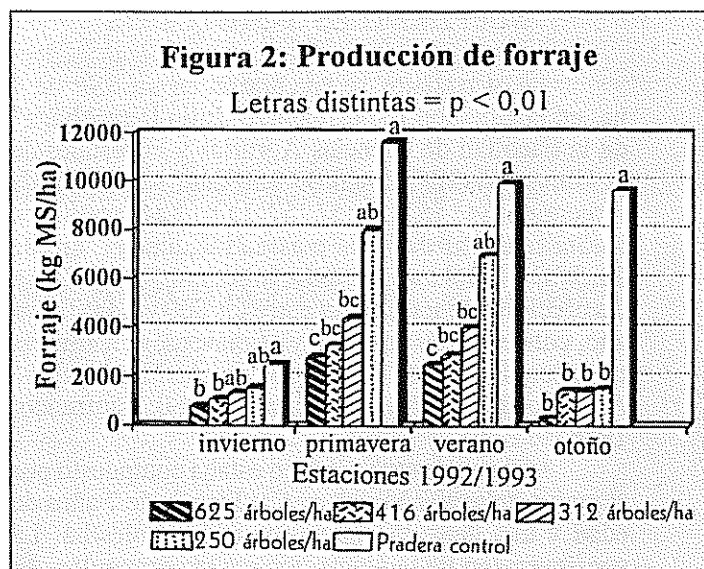
La modificación en la distribución espectral de la radiación solar tiene una marcada incidencia sobre la fotosíntesis (Wong y Wilson, 1980), el crecimiento (Ludlow y Wilson, 1971) y en la producción de la pastura subyacente (Anderson y Batini, 1983). El análisis de los datos de esta experiencia mostró que los resultados concuerdan con esas afirmaciones, observándose que con densidades de 312 y 250 árboles/ha, los registros lumínicos ascendieron al 72 y 88% respectivamente, de los valores obtenidos en el pastizal; mientras que con densidades de 625 y 416 árboles/ha, se alcanzaron valores significativamente menores ($p < 0,01$) de 34 y 51%, respectivamente (Figura 1).



Respecto a la cobertura vegetal, se presentó un comportamiento similar, ya que los valores se ubicaron en orden decreciente, en relación a la densidad de las plantaciones de *Populus*. En el tratamiento control disminuyó únicamente en el invierno al 64%; mientras que con 250 árboles/ha se alcanzó ese valor en la primavera y el verano.

La mayor disponibilidad de biomasa se obtuvo en la parcela control, que fue siempre significativamente más alta ($p < 0,01$) que en los otros tratamientos. Los valores superiores se registraron en la primavera y el verano y los menores en el otoño y el invierno (Figura 2).

No obstante, con 250 árboles/ha se obtuvieron valores de 8 y 6.9 kg MS/ha, en primavera y verano, respectivamente; guarismos que representa-



ron el 69 y 71% del tratamiento sin árboles, lográndose con dichas densidades, una producción significativamente mayor ($p < 0,01$) que en el resto de las situaciones arbóreas.

Durante el invierno, si bien la disponibilidad fue baja en todos los tratamientos, con 250 árboles/ha, se alcanzó el 63% del valor de la pradera control, que era de 2 kg MS/ha. Otoño fue la única estación en que la disponibilidad forrajera, con esa densidad arbórea no difirió significativamente ($p < 0,01$) de las otras tres situaciones silvopastoriles.

El modelo de regresión que logró el mayor grado de ajuste entre la densidad arbórea (Y) y la biomasa presente (X), fue el exponencial:

$$Y = e^{(a+bX)} = e^{[8,84733 - (2,6809 \cdot 10^{-3} \cdot X)]}$$

$$R^2 = 0,9466$$

Error estándar de la estimación = 0,141545
 Error estándar de la intercepción = 0,13982
 Error estándar de la pendiente = $3,6756 \cdot 10^{-3}$

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que las operaciones de raleo modificaron la llegada de la radiación solar, produciendo cambios en su cantidad y calidad, al atravesar la cubierta arbórea. Esta variación produjo una serie de efectos sobre el estrato subyacente. Así, las coberturas y disponibilidades forrajeras logradas con 250 y 316 árboles/ha, indican la necesidad de raleos para lograr adecuados valores de materia seca herbácea forrajera.

Los valores registrados en todas las estaciones climáticas mostraron que, la radiación solar estuvo inversamente relacionada con la disminución de la densidad arbórea de los tratamientos, existiendo un estrecho vínculo entre la alta densidad arbórea y la baja producción pastoril.

Se observó un alto grado de ajuste entre los resultados obtenidos y el modelo matemático propuesto. La apertura mecánica o raleo de la cubierta arbórea, disminuyó la incidencia de los factores que condicionan el crecimiento forrajero en ambientes con radiación restringida. De manera que, a medida que se disminuye la densidad arbórea en los SSP de álamos con plantación uniforme, se modifica favorablemente el flujo y la captación de la energía radiante en los estratos inferiores, incrementándose la producción de materia seca del pastizal asociado. □



Las operaciones de raleo modificaron la llegada de la radiación solar en los estratos inferiores, aumentando la producción del pastizal. (Fotografía O. E. Ansín)

BIBLIOGRAFIA

- ACCIARESI, H.A. ; MARLATS, R.M.; 1991. Sistemas Silvopastoriles: Análisis de la evolución forrajera estacional y sus factores condicionantes. In Jornadas Técnicas Eldorado (4.,1991, Misiones, Arg). Actas. Misiones, Arg., Instituto Subtropical de Investigaciones Forestales s.p.
- ANDERSON, G.W.; BATINI, F.E.; 1983. Pasture, sheep and timber production from agroforestry systems with subterranean clover sown under 15 year old *Pinus radiata* by a method simulating aerial seeding. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry (A.C.T.) no. 23:123-130.
- ANSIN, O.E. ; OYHAMBURU, E.M.; 1993. Cobertura vegetal y composición florística: comparación de los métodos visual y puntual para estimar la estructura de un pastizal natural. Revista Argentina de Producción Animal (Arg.) 13 (1):91-96
- DRAPER, N.R. ; SMITH, H.; 1981. Applied regression analysis. 2. ed. N.Y., EE.UU., Wiley. s.p.
- GARDNER, A.L.; 1967. Estudio sobre los métodos agronómicos para la evaluación de las pasturas. Montevideo, Ur., IICA. s.p.
- LANFRANCO, J.W.; 1986. Suelos pertenecientes a la Estación Experimental J. Hirschhorn de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata. Biblioteca Facultad de Agronomía. Informe Técnico.
- LUDLOW, M.M. ; WILSON, G.L.; 1971. Studies on the productivity of tropical pasture plants. II. Temperature and illumination history. Australian Journal of Biological Sciences (A.C.T.) 25:1065-1075.
- MOSCATELLI, E.A.; 1980. Carta de suelos de la provincia de Buenos Aires. s.l., Arg., Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria. Esc. 1:500.000.
- STEEL, R.G.D. ; TORRIE, J.H.; 1990. Bioestadística: principios y procedimientos. 1. ed. México D.F., Méx., McGraw Hill Latinoamericana. 620 p.
- WONG, C.C. ; WILSON, G.L.; 1980. Effects of shading on the growth and N₂ content of green panic and siratro in pure stand and mixed swards defoliated at two frequencies. Australian Journal Agricultural Research (A.C.T.) no. 31:269-285.

