

Componentes de Variación Asociados a la Evolución del Área Foliar de Caña Planta, Variedad NA 56-79¹

E. Romero*, B E Manzur**

ABSTRACT

The effect of different variation components as related to leaf area development in cane, NA 56-79 variety, was studied in an experiment carried out in a commercial field planted in October 1983 at El Manantial, the experimental site of the Facultad de Agronomía y Zootecnia of the Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán Argentina. A randomized block design with three replications was used. Eight consecutive samplings were made to determine stalk number and leaf area per plot, as well as number and surface of each green leaf on the stalk. Leaf location was identified. Different statistical analyses were carried out. Evaluation on different dates showed a highly significant effect of leaf area development in this crop, indicating occurrence of different growth stages in the leaf mass. This behavior was homogeneous and not significant different between replications. Periodic analysis showed differences between stalks, assimilative areas per plot and between green leaves as depending on stalk location. Relative variability of the crop leaf surface was accounted for by the difference of each green leaf area per stalk, on almost all dates, and in a lesser degree by a different assimilative surface carried by the stalks within replications. A greater contribution of this last component was observed in stages where number and green leaf area were lower.

INTRODUCCION

El área foliar que un cultivo expone a la radiación solar constituye un índice frecuentemente utilizado en estudios fisiológicos por su relación con el crecimiento, con la actividad fotosintética y con el proceso transpiratorio

La superficie asimilatoria, como lo expresa Evans (2), es uno de los factores que influyen y/o limitan la

¹ Recibido para publicación el 28 de diciembre 1987
Se agradece al Ing Jorge Mariotti y al Ing Edmundo Cerrizuela sus sugerencias en la elaboración y redacción del presente trabajo

* Jefe de Trabajos Prácticos, Cátedra de Fisiología Vegetal Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

** Jefe de Trabajos Prácticos, Cátedra de Biometría y Técnica Experimental Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

COMPENDIO

En un experimento establecido en una plantación comercial plantada en octubre 1983, en la finca El Manantial, campo experimental de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. Se analizó la incidencia de diferentes componentes de variación asociados a la evolución del área foliar en caña planta, Variedad NA 56-79. Se utilizó un diseño en bloques al azar con tres réplicas, realizando ocho muestreos sucesivos y determinando el número de tallos y el área foliar por parcela, como también, el número y la superficie individual de las hojas verdes por tallo, identificando la posición foliar. Diferentes análisis estadísticos fueron efectuados: (a) Un análisis en bloques al azar considerando las distintas fechas y repeticiones. (b) La aplicación de un modelo anidado de muestras dentro de parcelas dentro de cada fecha y la de los tallos dentro de las parcelas. (c) Un análisis completamente aleatorizado para cada época de muestreo, para evaluar la influencia de la posición foliar. Los resultados manifestaron un efecto muy significativo de las fechas en la evolución del área foliar de este cultivo, indicativo de la ocurrencia de distintos estados de crecimiento de la masa foliar, comportamiento que resultó homogéneo y no significativo entre las repeticiones. El análisis por fecha destacó diferencias entre el área asimilatoria de los tallos por parcela y entre las hojas verdes, según su posición en los tallos. La variabilidad relativa de la superficie foliar del cultivo fue explicada por la diferencia del área individual de las hojas verdes por tallo en casi todas las fechas y en menor proporción por la distinta superficie asimilatoria soportada por los tallos, dentro de las réplicas, observándose la mayor participación de este último componente en las etapas en que el número y área de las hojas verdes fue menor.

capacidad productiva de los cultivos, variando su magnitud en las distintas especies, en sus variedades y/o cultivares e incluso en un mismo individuo, con el curso de su ontogenia y por la incidencia de las condiciones ambientales

Sin embargo, un aspecto poco valorado lo constituye el área foliar por unidad de superficie de terreno ocupado por un cultivo la cual es la resultante de la participación de distintos componentes intrínsecos del mismo (el número de tallos, el número y la posición de las hojas en los mismos, el área foliar individual, etc) como también, la influencia de la edad del cultivo sobre dichos factores. Por lo tanto, resulta de interés identificar y evaluar la incidencia de los mis-

mos en la evolución del área foliar global de un cultivo

El análisis de varianza, en sus distintas alternativas, constituye una técnica estadística útil para valorar el nivel de importancia de distintas fuentes de variación, en este caso, asociadas a la superficie asimilatoria.

Stickler *et al.* (6) investigaron en sorgo granífero utilizando este procedimiento estadístico adecuado a un experimento con distinto número de submuestras, la incidencia de ciertas fuentes de variación asociadas con la determinación de la superficie foliar

En la bibliografía revisada sobre caña de azúcar, no se encontraron antecedentes específicos, si bien Dillewijn (1) y Bull y Glasziou, en Evans (2) analizaron la evolución de la población de tallos y el crecimiento de la masa foliar, destacando algunos factores que la afectan

El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar la incidencia de distintos componentes de variación asociados a la evolución del área foliar de caña planta, variedad NA 56-79.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se efectuó en una plantación comercial de la variedad citada, con una distancia entre surcos de 1.60 m, plantada manualmente, con cultivo mecánico-químico y sin fertilización

La misma se plantó en octubre 1983, en la finca El Manantial, campo de pendiente de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.

Se empleó un diseño en bloques al azar con tres repeticiones, efectuándose ocho evaluaciones sucesivas desde fines de diciembre 1983 y hasta principio de julio 1984. Cada parcela midió 1 40 m² (un metro lineal de surco por 0 70 m hacia cada lado), variando en cada fecha de muestreo la ubicación de las mismas dentro de la plantación al realizarse en cada recolección la cosecha de todo el material vegetal aéreo.

En el material recogido en cada evaluación y proveniente de cada parcela se determinó, en el laboratorio, el número de tallos, resultando, por lo tanto, tamaños muestrales desiguales entre fechas consecutivas. Luego se computó el número y la superficie de las hojas verdes presentes por tallo, identificando su posición en el mismo, según la clasificación de Kuijper, en Dillewijn (1).

El área foliar individual se midió utilizando la ecuación de Montgomery, corroborada por Romero (3), para esta variedad de caña de azúcar:

$$\text{Area foliar} = \text{Largo de la lámina} \times \text{Ancho máximo} \times 0.75$$

La superficie foliar global por parcela se obtuvo por la sumatoria del valor individual de las hojas verdes presentes. Esta ecuación permitió realizar los siguientes análisis estadísticos:

- 1) Un análisis en bloques al azar considerando las distintas fechas de evaluación y las réplicas, a fin de detectar posibles diferencias entre las mismas. Se determinó también la contribución porcentual de cada fuente de variación con respecto a la variabilidad total.
- 2) La aplicación de un modelo anidado de muestras dentro de muestras de dos niveles, con tamaños muestrales desiguales, que permitiera estimar conjuntamente la existencia de posibles diferencias significativas entre el área foliar de las parcelas por fecha y entre la de los tallos por parcela. El mismo se efectuó por separado para cada fecha.

Para el análisis de varianza se calcularon los valores de "F" a fin de evaluar diferencias entre los tallos por parcela, considerando el nivel área de hojas verdes por tallo como error experimental. Para medir las discrepancias significativas entre parcelas por fecha se aplicó el "test" de aproximación de Satterwaite, descrito por Sokal y Rohlf (5) y que denominamos "F". El mismo se obtiene calculando un nuevo cuadrado medio para el denominador de F' (cuadrado medio del área foliar de tallos por parcela), a fin de compararlo con el cuadrado medio de las parcelas dentro de fechas.

Si se estiman los valores esperados para los tres componentes de la varianza, tenemos:

$$V1: \text{Parcelas por fecha} \quad V1 = \sigma^2 + n'_0 \sigma^2 \text{ pef} + (n - b) \sigma^2 f$$

$$V2: \text{Tallos por parcela} \quad V2 = \sigma^2 + n_0 \sigma^2 \text{ pef}$$

$$V3: \text{Error experimental} \quad V3 = \sigma^2$$

f: Fecha

pef: Parcelas por fecha

Se observa que $F = V2/V3$, para tallos dentro de parcelas; en tanto, no se puede calcular F como $V1/V2$ para parcelas dentro de fechas puesto que los coe-

ficientes n'_O y n_O son distintos. Pero, si se considera que V'_2 es igual a $+ n'_O$ pef, entonces se obtiene $F' = V1/V'_2$

Posteriormente, para encontrar un valor crítico de F con el cual comparar F' se deben determinar los grados de libertad correspondientes a V'_2 , según la siguiente ecuación:

$$gl V'_2 = \frac{V_2'^2}{\left[\frac{(1 - n'_O/n_O) V_3}{gl V_3} \right]^2 + \frac{(n'_O/n_O - V_2)^2}{gl V_2}}$$

Cabe aclarar que cuando los coeficientes n_O y n'_O son bastante parecidos o aproximados, F' se puede obtener directamente como V_2/V_3

Para este trabajo en particular se calcularon los F' correspondientes a cada fecha de evaluación y exceptuando el sexto muestreo, se determinó la significación sin necesidad de calcular los grados de libertad, ya que los valores críticos de F tabular para dos grados de libertad en el numerador resultaron siempre superiores a 3

Con la intención de expresar la variación de las distintas fuentes de otra manera que permitiera visualizar fácilmente el grado de participación de cada una de ellas en la variabilidad total, se computaron los porcentajes correspondientes a los tres componentes empleados en el análisis y por separado para cada recolección: σ_0^2 para hojas verdes por tallo; σ_1^2 para tallos dentro de parcelas y σ_2^2 para parcelas dentro de fechas

3) Un análisis completamente aleatorizado para cada fecha a fin de evaluar posibles diferencias entre las distintas posiciones de las hojas verdes en los tallos. Para este caso se consideró el área foliar de los tallos como repeticiones

RESULTADOS

La evolución del área foliar, del número de hojas verdes y de tallos promedio por parcela, se observan en la Fig. 1. Las tres variables manifestaron sus máximos registros a fines de marzo, para disminuir posteriormente

El análisis de varianza considerando las distintas fechas y las repeticiones efectuadas, como así mismo, la participación porcentual de las distintas fuentes de variación, se muestran en el Cuadro 1

Se obtuvieron diferencias altamente significativas entre las fechas, constituyendo las mismas el mayor

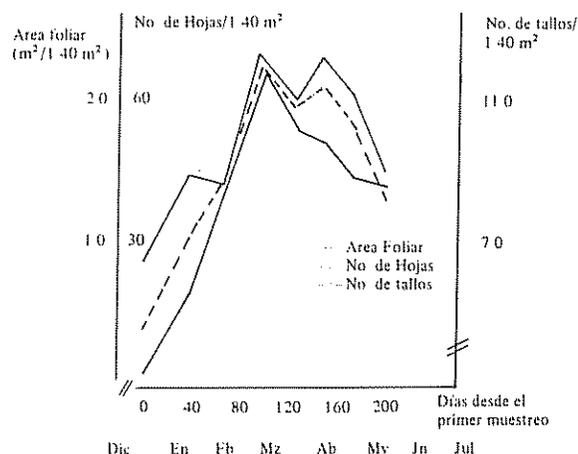


Fig. 1. Evolución del área foliar y del número de hojas verdes y tallos promedio por parcela.

Cuadro 1. Análisis de la varianza en bloques al azar y participación porcentual de cada fuente de variación.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Varianza | Fc | Participación porcentual |
|---------------------|-------------------|--------------------|----------|---------------------|--------------------------|
| Total | 34 404 | 23 | | | |
| Fechas | 28 248 | 7 | 4 035 | 12.39 ⁺⁺ | 76.27 |
| Réplicas | 1 596 | 2 | 0 798 | 2.45 | 3.66 |
| Error | | | | | |
| Exper | 4 560 | 14 | 0 325 | | 20.07 |

componente de la variabilidad total; no se detectaron discrepancias de significación entre las réplicas.

En el Cuadro 2 se presenta el análisis de muestras dentro de muestras correspondiente a las distintas evaluaciones realizadas. No se observaron diferencias significativas (excepto en la sexta recolección) entre las parcelas dentro de fechas; en cambio, el área foliar de los tallos dentro de parcelas discrepó significativamente en todos los muestreos.

La participación relativa de los tres componentes de variación se presenta en el Cuadro 3.

Los porcentajes más elevados correspondieron al área de las hojas verdes por tallo, exceptuando el primer y octavo muestreos en que la mayor participación correspondió al nivel superficie foliar de tallos

por parcela. En cambio, las parcelas dentro de fechas tuvieron una mínima participación.

El análisis de la varianza efectuado para cada fecha, a fin de valorar la incidencia de la posición foliar, se observa en el Cuadro 4, evidenciando el mismo diferencias significativas en el 2°, 3°, 4°, 5° y 6° muestreo

DISCUSION

El primer aspecto destacable fue el importante efecto de las fechas de evaluación en la evolución del área foliar, componentes que explicó el 76% de la variación total. Esta situación implicó la ocurrencia de distintos estados globales de crecimiento de la masa foliar durante el período de estudio

Este comportamiento es coincidente con la fluctuación de la superficie foliar promedio por parcela en la que se observó una primera etapa de máxima intensidad de crecimiento, hasta fines de marzo, para estabilizarse hasta fines de mayo y desde allí, decrecer marcadamente. Una tendencia semejante evidenció el número de hojas verdes por parcela.

Sin embargo, el comportamiento del área foliar global en el transcurso del ciclo fue homogéneo entre las réplicas, resultando no significativo e incluso su participación en la variación total fue mínima (3.66%). Esto indica que la ocurrencia de los diferentes estados de crecimiento de la masa foliar sucedió de manera semejante en toda la plantación

Cabe destacar que un 20% de la variabilidad total no fue explicada por los componentes considerados.

Determinado el efecto general de las fechas, también fue de interés discriminar la incidencia de algunas características intrínsecas del cultivo asociadas al área foliar expuesta por éste, en cada época de muestreo. Se estudiaron ocho fechas diferentes con tres parcelas en cada una, variando el número total de tallos de 20 a 36 y en cantidades distintas por réplica; el número total de hojas verdes fluctuó de 32 a 255 y en cantidades variables por tallo

Las parcelas medidas manifestaron nuevamente un comportamiento general homogéneo, al no observarse diferencias de significación en prácticamente todas las evaluaciones y con una contribución mínima a la variabilidad total. La excepción fue el sexto muestreo, pudiendo colaborar en su explicación el hecho de que las repeticiones estuvieron ubicadas en distintos lugares de la plantación comercial por efectuarse muestreos destructivos, por lo que alguna o algunas de las réplicas en dicha fecha, al ser elegida al azar, podría haberse asentado en un suelo con condiciones diferenciales al resto; esto permitió manifestar las discrepancias de significación. Pero, sin embargo, su efecto puntual fue despreciable en los resultados generales, como se mencionó anteriormente.

En cambio, la contribución efectuada por el área foliar expuesta por los tallos dentro de las parcelas resultó muy significativa en todas las fechas, con una importante participación relativa en la variación total

Cuadro 2. Análisis de la varianza de muestras dentro de muestras para las distintas fechas de evaluación.

| Fuentes de variación | Fechas de muestreo | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|------------|-----|------------|-----|------------|------|-------------|
| | I | | II | | III | | IV | |
| | gl | | gl | gl | | gl | | |
| Parcelas por fecha | 2 | F' = 0.58 | 2 | F' = 2.16 | 2 | F' = 2.16 | 2 | F' = 1.64 |
| Tallos por parcela | 19 | F = 4.72** | 26 | F = 1.27* | 25 | F = 2.82* | 35 | F = 4.15** |
| Hojas por tallo | 31 | | 102 | | 156 | | 254 | |
| | V | | VI | | VII | | VIII | |
| Parcelas por fecha | 2 | F' = 2.14 | 2 | F' = 8.91* | 2 | F' = 0.50 | 2 | F' = 0.50 |
| Tallos por parcela | 30 | F = 1.37* | 29 | F = 6.58** | 26 | F = 7.94** | 25 | F = 11.58** |
| Hojas por tallo | 218 | | 231 | | 189 | | 142 | |

Cuadro 3. Participación porcentual de los distintos componentes en la variabilidad total, para las diferentes fechas de muestreo.

| Componentes | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Parcelas por fecha | — | 3.13 | 4.13 | 1.92 | 1.83 | 26.75 | — | — |
| Tallos por parcela | 60.84 | 5.43 | 20.84 | 28.56 | 4.62 | 29.67 | 48.13 | 63.61 |
| Hojas por tallo | 39.61 | 91.44 | 75.03 | 69.52 | 93.55 | 43.58 | 51.87 | 36.39 |

Lo observado se relaciona con la evolución del número promedio de tallos por repetición, el cual aumentó hasta fines de marzo, para luego disminuir hasta principio de julio, comportamiento coincidente en una primera etapa con el macollaje del cultivo y en el segundo período, con la mortalidad de un cierto número de ellos. La tendencia obtenida coincide en general con lo encontrado por Dillewijn (1) y por Bull y Glasziou, en Evans (2).

Esta situación involucra, para las distintas fechas y dentro de cada parcela, la presencia de un número diferente de tallos, con diversas épocas de aparición y por lo tanto, con estados diferenciales de crecimiento. Asociado con este aspecto, por otro lado, se determinó una superficie de hojas verdes también diferente, ya que el número y el área individual de las mismas que soporta cada tallo, al formarse y expandirse en distintas épocas, resultó variable.

Si bien el área de las hojas presentes por tallo se consideró como error experimental para los fines de

la significación del análisis estadístico, su contribución puede ser valorada a través de su participación relativa en la variabilidad total.

Constituyó el componente que mejor explicó la variación de la superficie global en cada fecha, aunque la misma fluctuó en el curso del período de estudio. Pero, también resultó importante observar que la incidencia relativa de dicho componente estuvo relacionada con la participación de la superficie foliar soportada por los tallos presentes en las parcelas puesto que, en general, en la medida que el número y el área individual de las hojas verdes por tallo fue menor (fácilmente visualizable en el primer y octavo muestreos) la influencia porcentual de la diferente superficie asimilatoria de los tallos adquirió mayor importancia.

Una variable muy relacionada a la diferencia encontrada entre el área de las hojas verdes presentes por tallo, es su ubicación en los mismos, la cual se denominó "posición foliar".

Cuadro 4. Análisis de la varianza totalmente aleatorizado de la "posición foliar" para las distintas fechas de evaluación.

| Fuente de variación | I | | II | | III | | IV | |
|---------------------|-----|-------|-----|---------|-----|---------|------|---------|
| | gl | F | gl | F | gl | F | gl | F |
| Total | 52 | | 121 | | 180 | | 280 | |
| Posición foliar | 2 | 0.106 | 4 | 17.90** | 6 | 13.30** | 7 | 10.44** |
| Error experimental | 50 | | 117 | | 174 | | 273 | |
| | V | | VI | | VII | | VIII | |
| | gl | F | gl | F | gl | F | gl | F |
| Total | 241 | | 258 | | 209 | | 167 | |
| Posición foliar | 7 | 6.52* | 8 | 4.57* | 7 | 0.44 | 6 | 0.134 |
| Error experimental | 234 | | 250 | | 202 | | 161 | |

Este componente resultó muy significativo en cinco de las ocho evaluaciones realizadas, implicando que la contribución del área foliar individual se efectuó en distinta magnitud, según la posición que ocuparon las hojas verdes.

Esto es coincidente con el hecho de que las distintas posiciones involucran edades distintas y por lo tanto, épocas de formación y expansión diferentes. Pero, las hojas en igual posición en tallos de distintos estados de crecimiento evidenciaron superficies foliares variables, lo cual tuvo también influencia en el comportamiento de este componente.

Stickler *et al.* (6) obtuvieron en sorgo granífero la mayor participación porcentual en la variación total de la posición foliar, posteriormente y con una incidencia mucho menor los tallos por réplica y las repeticiones.

Estos resultados, en orden de importancia, fueron semejantes a los obtenidos en el presente trabajo aunque con valores diferentes, si bien conviene destacar que dicho estudio se efectuó en una sola época (antes) y que en dicho experimento se consideró un número fijo de plantas por réplica.

CONCLUSIONES

Los resultados evidenciaron un efecto altamente significativo de las fechas de evaluación en la evolución del área foliar de caña planta, variedad NA 56-79, explicando el 76% de la variabilidad total, indicativo de la ocurrencia de distintos estados de crecimiento de la masa foliar.

Este comportamiento fue homogéneo entre las repeticiones efectuadas durante el período de estudio, resultando su incidencia no significativa y explicando solamente el 3.66% de la variación total.

El análisis estadístico por fechas destacó una significativa diferencia entre el área asimilatoria de los tallos por parcela y entre las hojas verdes según su posición foliar.

La variabilidad relativa del área foliar del cultivo, en cada época de evaluación, pudo ser explicada en casi todas las fechas por la incidencia del área individual de las hojas verdes por tallo y en menor proporción por la diferencia de superficie foliar entre los tallos por parcela. La participación de ambos componentes fluctuó en las distintas etapas de crecimiento observándose la mayor contribución del área foliar de los tallos en los períodos en que el número y la superficie de las hojas verdes fue menor.

LITERATURA CITADA

1. DILLEWJIN, C. VAN 1973. Botánica de la caña de azúcar. Instituto Cubano del Libro, Pueblo y Educación p. 110-165.
2. EVANS, L.T. 1983. Fisiología de los cultivos Hemisferio Sur p. 59-82.
3. ROMERO, E.R. 1984. Análisis comparativo de métodos de estimación del área foliar en caña de azúcar, variedad NA 56-79. Revista Agronómica del Noroeste Argentino 21(1-4):5-17.
4. SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. 1971. Métodos estadísticos. C.E.C.S.A. p. 360-363.
5. SOKAL, R.R.; ROHLF, E.J. 1979. Biometría: principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. H. Blume Ediciones p. 303-318.
6. STICKLER, F.C.; WEARDEN, S.; PAULI, A.W. 1961. Leaf area determination in grain sorghum. Agronomy Journal 53:187-188.