

## CAPACIDAD FOTOSINTETICA DE VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR

Valdés Carmenate, R.<sup>1</sup>; N. Tejera<sup>2</sup>; A. R. Guzmán<sup>1</sup>; M. I. Balbín<sup>1</sup>; E. Ortega<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. La Habana, Cuba.

<sup>2</sup> Facultad de Biología, Universidad de La Habana. La Habana, Cuba.

**RESUMEN.** Se evaluó la intensidad y los productos principales de la fotosíntesis en cuatro variedades de caña de azúcar: CP 52-43 (caña planta, 6 meses); Ja 60-5, POJ 28-78 y B 63-118 (retoño, 5 y 9 meses). El  $^{14}\text{CO}_2$  fue aplicado en condiciones naturales de vida de las plantas estudiadas y el tiempo de exposición fue de 30 minutos. Se empleó el método de extracción de fotosintatos de los productos orgánicos fundamentales del material vegetal, lográndose detectar una distribución del C-14 en las fracciones estudiadas, de un 98.6% de la actividad total fijada por la planta. La capacidad potencial de fijación del  $^{14}\text{C}_2$  varía tanto con la variedad como con la edad de las plantas, siendo mayor en variedades de alta productividad (Ja 60-5), así como en la etapa fenológica correspondiente al período de gran auge de crecimiento. Se obtuvo una alta eficiencia del balance C/N, por lo que concluye que el cultivo hace una adecuada utilización de todas las formas disponibles del nitrógeno; igualmente se detecta que el almidón no se prioriza como un carbohidrato de almacenamiento en el tiempo de fijación empleado.

**PALABRAS CLAVE:**  $^{14}\text{CO}_2$ , sacarosa, *Saccharum officinarum*, relaciones fuente-demanda.

### PHOTOSYNTHETIC CAPACITY IN SUGAR CANE VARIETIES

**SUMMARY.** The intensity and main products of the photosynthesis was evaluated in plants of four varieties of sugar-cane: CP 52-43 (plant cane, 6 months) and Ja 60-5, POJ 28-78 and B 63-118 (sprout, 5 and 9 months). The  $^{14}\text{CO}_2$  was produced in the natural conditions of live or the plants studied and the time of exposition was 30 minutes. It was employed the system of photosynthates extraction of the mainly organic products of vegetal material, obtaining a distribution of C-14 in the fractions studied of 98.6% of the total activity to fix for the plant. The potential capacity of fixation of  $^{14}\text{CO}_2$  change with the variety and the plant age too. It's bigger in varieties with high productive (Ja 60-5), as soon as for the age correspondent to the time of grand acme of increment. The result to give a high efficiency of the ratio C/N, for that reason the culture made a good utilization of all the way disposable from nitrogen. Also to detect that starch haven't priority with a storing carbohydrate in the time of fixation employee.

**KEY WORDS:**  $^{14}\text{CO}_2$ , sucrose, *Saccharum officinarum*, sink/source.

### INTRODUCCION

Los fotosintatos producidos en las hojas se utilizan tanto en la producción de energía como en la formación de las estructuras celulares de la planta. La sacarosa en la caña de azúcar se acumula en los entrenudos y es el producto principal del proceso fotosintético (Caruso, 1985).

Algunos autores manifiestan que la producción y calidad esperada de una cosecha depende en gran parte de la eficiencia en la fotosíntesis y de las interconversiones posteriores de los productos fotosintéticos (Zelitch, 1982). Incluso otros indican que la producción de carbohidratos en caña de azúcar, depende considerablemente de la nutrición nitrogenada (Ludlow *et al.*, 1991; Silveira y Crocomo, 1991).

Basado en estos aspectos y empleando una metodología que utiliza al  $^{14}\text{C}$  como elemento trazador, se planteó el estudio y caracterización de los productos

principales de la fotosíntesis en diferentes variedades y edades de caña de azúcar para establecer algunas interrelaciones metabólicas entre los mismos.

### MATERIALES Y METODOS

El experimento se ejecutó con plantas de las variedades CP 52-43 (caña planta, plantilla) y Ja 60-5, B 63-118 y POJ 28-78 (en dos etapas fenológicas: etapa de auge de crecimiento e inicio de maduración) cultivadas en suelo perteneciente al área experimental del Instituto Superior de Ciencias y Tecnología Nuclear, Ciudad de La Habana, Cuba, en condiciones de secano; tomándose muestras foliares a los seis meses de edad (CP 52-43) y a los cinco y nueve meses de las restantes variedades; así como de la hoja número cinco, por ser ésta la adecuada desde el punto de vista de su actividad fotosintética y metabólica en general.

El  $^{14}\text{CO}_2$  fue aplicado en condiciones naturales de vida de las plantas estudiadas, a partir de disolución de hidrógeno carbonato de sodio (C-14) de concentración radiactiva de 25  $\mu\text{Ci}$  (100  $\mu\text{L}$  de solución activa) y el tiempo de exposición fue de 30 minutos. Las horas de fijación fluctuaron entre 9 y 11:30 a.m. en días plenamente soleados y a la temperatura ambiente propia de esa hora.

La fijación del material biológico se realizó a continuación de retirar las láminas empleadas, cortando la zona alimentada y sometiéndola a un proceso de desecación. Se utilizaron 100 mg de materia seca para cada una de las muestras procesadas.

Para la extracción de los productos orgánicos fundamentales del material vegetal se procedió según la técnica propuesta por Valdés *et al.* (1965). La separación de los componentes de la fracción alcohólica se realizó por el método cromatográfico de intercambio iónico, empleando resinas del tipo Dowex 50W-X8 20-50 US Mesh (H) y (OH).

Los resultados fueron expresados como actividad absoluta por unidad de tejido seco, una vez calculada la eficiencia en la medición empleando para ello el método de relación de canales, así como en porcentaje relativo de cada fracción orgánica con respecto al total de las fracciones estudiadas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se observa la distribución del C-14 en la variedad CP 52-43 a la edad de seis meses (caña planta), detectándose que los compuestos marcados más favorecidos son los de la fracción alcohólica (azúcares, aminoácidos y ácidos orgánicos), fracción donde abunda fundamentalmente la sacarosa, indicador que resulta de vital importancia para evaluar el rendimiento de la caña de azúcar, acorde con lo expresado por Madan *et al.* (1991) y Tejera *et al.* (1993).

A su vez, al analizar los componentes de la fracción alcohólica entre sí, se encuentra que esencialmente prevalecen los azúcares seguidos de los aminoácidos y ácidos orgánicos. Dado que los ácidos orgánicos son los metabolitos fundamentales del ciclo de Krebs, (participante del proceso respiratorio) y aportadores del esqueleto carbonado para la síntesis de aminoácidos, su bajo porcentaje no debe interpretarse como deficiencia metabólica, sino como su estrecha participación en el metabolismo intermediario, según lo expresado por Valdés (1985) para otros cultivos como el caféto (*Coffea arabica* L.).

**CUADRO 1.** Distribución del  $^{14}\text{C}$  (% relativo) en las diferentes fracciones orgánicas en caña de azúcar variedad CP 52-43 a los seis meses de edad.

Fracción (compuesto)	% relativo $^{14}\text{C}$
Alcohólica (azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos)	92.4
Sulfosalicilica (almidón)	1.6
Perclórica (ácidos nucleicos y nucleótidos)	1.2
Clorhídrica (hemicelulosa)	1.3
Alcalina (proteínas)	3.6
Actividad total	145 000 CPM mg M.S. <sup>-1</sup> (100 %)
Fracción alcohólica:	
Azúcares	92.5
Aminoácidos	5.4
Ácidos orgánicos	2.1

La segunda fracción de mayor incorporación del  $^{14}\text{C}$  es la de proteínas, por lo que puede considerarse que existe una rápida movilización de los aminoácidos, así como que la caña de azúcar hace una óptima utilización de todas las formas de nitrógeno disponibles, acorde con lo expresado por Urquiaga *et al.* (1992) quienes trabajaron con  $^{15}\text{N}$  en caña de azúcar.

En la Figura 1 se aprecia la actividad total CPM-mg M.S.<sup>-1</sup> de tres variedades (Ja 60-5, B 63-118 y POJ 28-78) encontrándose una actividad muy superior a la edad de 5 meses (etapa de gran auge del crecimiento) en relación a la edad de 9 meses (inicio de la etapa de maduración); en esta última edad se produce una acumulación de sacarosa en los tallos, lo cual se relaciona con una alteración en la relación fuente-demanda y con ello se ejerce una influencia sobre la fijación del  $\text{CO}_2$  atmosférico, respuesta que se encuentra en concordancia con lo planteado por Caruso (1985) y Welbaum y Meinzer (1990) trabajando con el mismo cultivo.

Se destaca que la variedad Ja 60-5 es la que tiende a aprovechar en mayor proporción la asimilación y transformación del  $\text{CO}_2$ , lo cual explica el por qué es de alta productividad, considerando sus características fisiológico-bioquímicas, según lo planteado por Ortega *et al.* (1989).

En la Figura 2 se observa la distribución del C-14 (% relativo) en los diferentes productos orgánicos en las distintas variedades en las dos edades muestra-

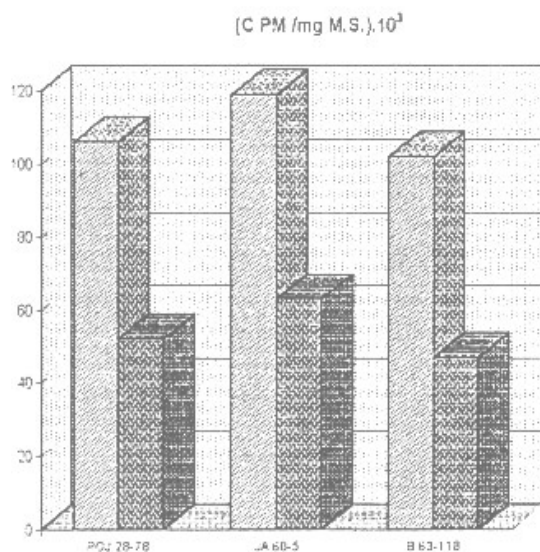


Fig. 1. Actividad total (CPM-mg MS<sup>-1</sup>) de tres variedades de caña de azúcar en dos etapas fenológicas.

das, ratificándose que para el tiempo de fijación estudiado (30 minutos), la fracción más favorecida es la alcohólica (aproximadamente 86%), seguida de la fracción alcalina (aproximadamente 7%), quedando bien diferenciado que sus porcentajes relativos dependen de la edad de las plantas. En el momento donde inician la maduración (9 meses) disminuye la proporción de fijación del <sup>14</sup>C en la fracción alcohólica, debido a que las plantas dirigen más rápidamente sus esqueletos carbonados (C-14) hacia la síntesis de estructuras macromoleculares, que garantizan su buen comportamiento fisiológico-bioquímico, acorde con lo expresado en la literatura para otros cultivos (Valdés, 1985).

La respuesta en cuanto al balance biosintético (al pasar de los 5 a los 9 meses de edad) responde a las características varietales, en donde los cambios fisiológicos-bioquímicos son los siguientes:

**JA 60-5.**- Incremento sustancial en proteínas y almidón; menor en hemicelulosa y prácticamente igual en ácidos nucleicos y nucleótidos. Estos resultados indican que desde el punto de vista energético, tiene mayores posibilidades potenciales para elevar su actividad respiratoria contribuyendo a su alta productividad.

**B 63-118.**- Prioriza el incremento en la forma de los compuestos nitrogenados; es mayor en almidón y aproximadamente igual en hemicelulosa.

**POJ 28-78.**- Prioriza también el incremento de los compuestos nitrogenados, aunque disminuye la inclusión del C-14 en el almidón; lo cual puede llegar a limitar sus capacidades respiratorias.

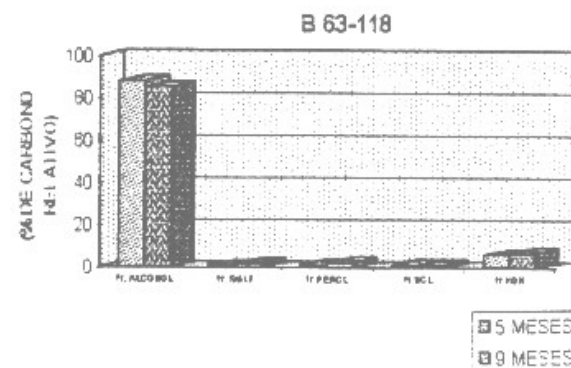
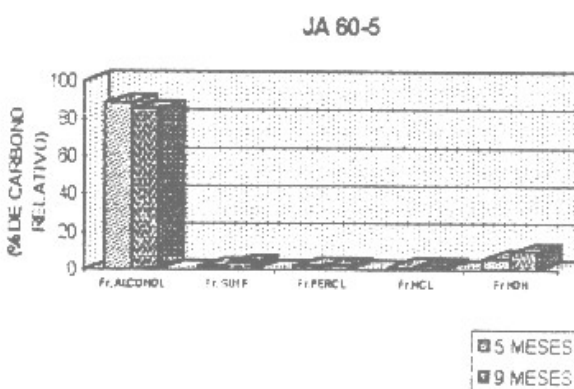
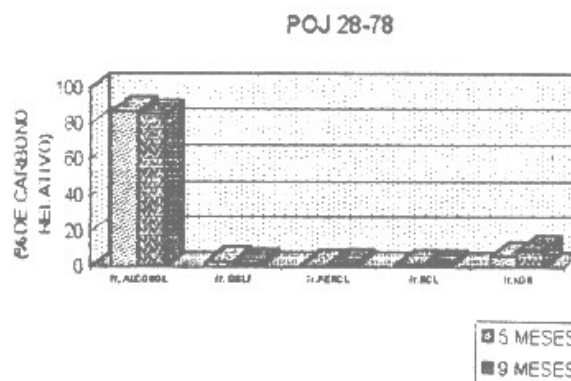


Fig. 2. Distribución del <sup>14</sup>C en las diferentes fracciones orgánicas de tres variedades de caña de azúcar a los 5 y 9 meses.

De el Cuadro 2 se puede observar que la caña de azúcar no comienza a acumular el almidón hasta varias horas después de expuestas su láminas foliares a la luz, por lo que se ratifica que la sacarosa es la forma de almacenamiento temporal de los fotosintatos primarios, acorde con lo expresado por Davis y Loescher (1991).

Tabla 2. Valores de la relación proteína/almidón en variedades de caña de azúcar

Variedad	4 meses	8 meses
POJ 28 - 78	2.43	4.66
Ja 60 - 5	6.00	3.49
B 63 - 118	4.51	4.41

Igualmente se observa de forma general, que para la caña de azúcar existe una elevada eficiencia en el balance C/N, lo que ratifica que éste es un indicador fisiológico-bioquímico que influye marcadamente en su alta productividad. Este resultado corrobora conceptos expuestos por otros autores como Silveira y Crocomo (1991) trabajando con este mismo cultivo en Brasil.

### CONCLUSIONES

- La capacidad potencial de fijación del  $^{14}\text{CO}_2$  varía tanto con la variedad como con la edad de las plantas; siendo mayor en variedades de alta productividad (Ja 60-5), así como en la edad correspondiente al período de gran auge del crecimiento, debido a la necesidad de una mayor producción de sacarosa.
- La mayor proporción de incorporación del  $^{14}\text{C}$  se detectó en la fracción alcohólica (azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos), seguida de la fracción alcalina (proteínas); aunque esta proporción relativa varía según la edad, detectándose una mayor proporción de compuestos macromoleculares en la etapa de maduración.
- Se observa una adecuada utilización de todas las formas disponibles del nitrógeno por las plantas, a partir de considerar la eficiencia del balance C/N;

detectándose que el almidón no se prioriza como un carbohidrato de almacenamiento en el tiempo de fijación empleado.

### LITERATURA CITADA

- CARUSO, E. 1985. Eficiencia fotossintetica, Anais do SEBIAGRI III, SP, Brasil, 176-200.
- DAVIS, J. M.; W. LOESCHER. 1991. Diurnal pattern of carbohydrates in Celery leaves of various ages. HortScience 26 (11) : 1404-06.
- LUDLOW, M. M.; R. FERRARIS; S. CHAPMAN. 1991. Interaction between N and water supply on the photosynthetic rate of sugar cane leaves. Proc. of Aus. Soc. of Sugar Cane Tech. No. 13, 66-72.
- MADAN, V. K.; A. K. SRIVASTAVA; NAMITA SONI; V. P. GNIHOTRI. 1991. Sucrose accumulation in sugar cane: photosynthetic  $^{14}\text{CO}_2$  fixation, UDPG sucrose synthetase and acid invertase. Sugar Cane 4: 8-9.
- ORTEGA, E.; R. RODES; E. SOTO; ILEANA PELAEZ; R. ARMAS; N. CABRERA; B. HIEKE; M. BEJOTTES; J. PRADO; S. NARANJO; V. GARCIA; M. DIEZ-CABEZAS. 1989. Bases fisiológicas de la productividad de la caña de azúcar. Ed. Academia, La Habana, Cuba. 78 pp.
- SILVEIRA, J. A. G.; O. J. CROCOMO. 1991. Efeitos de N e K na utilizacao de nitrato e distribuicao de carboidratos em cana-de-acucar. Pesq. Agrop. Brasileira 26 (2): 247-257.
- TEJERA, N.; E. ORTEGA; J. CRUZ. 1993. Estudio de la traslocación de fotosintatos en caña de azúcar utilizando C-14. IV Taller: Las radiaciones y los isótopos en la agricultura, Ciudad Habana, Cuba (libro de resúmenes).
- URQUIAGA, S.; K. H. S. CRUZ; R. M. BODDEY. 1992. Contribution of nitrogen fixation to sugar cane nitrogen-15 and nitrogen-balance estimates. Soil Sci. Soc. Am. J. 56 (1): 105-114.