

ANÁLISIS DE LA PERSISTENCIA A LA VITALIDAD EN TRES VARIEDADES COMERCIALES DE CAÑA DE AZÚCAR, EN LOS CICLOS PRIMAVERA (ENERO-JUNIO) Y FRÍO (JULIO-DICIEMBRE).

Isabel Torres¹, Félix Valladares¹, Eduardo Ortega², Joaquín Montalván¹, Arlandy Noy¹, Yoslén Fernández¹, Magalys Padrón¹, Oscar Cervantes¹, Ivía Pousa¹,

1-Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Camagüey.

2-Universidad de La Habana, Facultad de Biología, Laboratorio de Fisiología Vegetal.

E-mail: itorres@epica.cm.minaz.cu

RESUMEN

Tomando como base experimental dos ensayos de campo ubicados en la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Camagüey (INICA-MINAZ), se realizó a través de muestreos periódicos un análisis del crecimiento en las variedades comerciales de caña de azúcar: C1051-73, My5514 y C86-12, con el objetivo de evaluar el comportamiento de la persistencia de la vitalidad, para ello se calcularon dos indicadores de desarrollo, Duración del Área Foliar (LAD) y Duración de la Biomasa (Z), en edades que oscilaron según la fecha de plantación entre los 279 y los 480 días. La evolución temporal de estos indicadores, muestra características inherentes a cada cultivar, expresadas según persistencia de la vitalidad. De forma general el indicador Duración del Área Foliar muestra variaciones muy parecidas entre variedades; en cada ciclo de plantación, el ciclo de primavera (enero-junio) ilustra un orden ascendente de estas dinámicas, con los más altos valores para la variedad My5514 y los menores para la C1051-73, Es necesario señalar que a los 456 días se consiguen los máximos valores de este indicador. Para el caso del indicador Duración de la Biomasa, la plantación de frío (julio-diciembre) alcanza de manera general valores mayores a los obtenidos en la plantación de primavera (enero-junio). El ciclo de frío (julio-diciembre) presenta valores de Z significativamente superiores, lo que indica una mayor persistencia de la vitalidad.

Palabras Claves: Crecimiento, desarrollo, caña de azúcar.

INTRODUCCION

Actualmente, gran parte de la investigación sobre la caña de azúcar es llevada a cabo por entidades que son financiadas por cultivadores de caña. Su interés en la fisiología de plantas, y particularmente en el crecimiento y desarrollo, se dirige principalmente a adquirir conocimientos que puedan contribuir a mejores variedades y manejos del cultivo. Recientemente *Duvick y Cassman (1999)*, refiriéndose al maíz en los Estados Unidos, lamentaban la escasez de fondos para la investigación para entender la fisiología y, además, señalaban que esta cantidad limitada se destina principalmente a un enfoque molecular para incrementar la productividad. Enseguida anotan que el enfoque molecular que busca concentrar empíricamente los “genes de productividad” sin una comprensión más profunda de los determinantes fisiológicos del potencial de productividad probablemente fracasará. Aunque los comentarios de *Duvick y Cassman (1999)*, se refieren al maíz, son directamente aplicables a la situación actual de la caña de azúcar. Existe poca financiación para la investigación fisiológica de la caña de azúcar: las pequeñas cantidades destinadas a la fisiología lo son principalmente a nivel celular y molecular con una ausencia casi total de investigación, por fuera de Australia, sobre el crecimiento y desarrollo a nivel del cultivo y de plantas.

La producción de cultivos es esencialmente un sistema muy sencillo impulsado por la fotosíntesis. *Loomis y Amthor (1999)* afirman que los elementos claves en el sistema son la intercepción de radiación fotosintéticamente activa, el uso de esa energía en la reducción de dióxido de carbono y otros sustratos (fotosíntesis), la incorporación de los asimilados en nuevas estructuras de la planta (biosíntesis y crecimiento) y el mantenimiento de la planta como una unidad viviente. Alcanzar una alta productividad es conceptualmente sencillo: maximizar el porcentaje y la duración de la intercepción de radiación; utilizar la energía capturada en una fotosíntesis eficiente; repartir los nuevos asimilados de forma tal que se logren proporciones óptimas de estructuras de hojas, tallos, raíces y órganos reproductivos; y mantenerlas a un costo mínimo. Aunque este esquema luce aparentemente sencillo, los detalles son extremadamente complejos y los aspectos dinámicos de la repartición particularmente desentrañables (*Loomis y Amthor 1999*).

Todo trabajo de selección e investigaciones de la productividad de variedades se ha concentrado tradicionalmente y casi de forma exclusiva, en los indicadores de cosecha es decir: ton/caña, % de pol en caña y ton/pol/ha. Sin embargo, la productividad de una planta está dada por el balance entre la síntesis (fotosíntesis) y la degradación (respiración), (*Armas de y otros., 1988; Ortega y otros., 1989; Vázquez y Torres 1995*).

El trabajo esta destinado a evaluar el comportamiento de dos indicadores de desarrollo relacionados con la persistencia de la vitalidad, en tres variedades comerciales de caña de azúcar.

MATERIALES Y METODOS

Características de la localidad experimental

El trabajo se realizó en la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Camagüey, situada en el municipio Florida, sobre un suelo Pardo con carbonatos, según segunda clasificación genética de los suelos de Cuba (*Hernández y otros, 1975*), (Inceptisols, *Soil Survey Staff, 1994*) en las coordenadas, 21°31' de Latitud Norte y los 78°14' de Longitud Oeste, situada a los 57,08 m de altura sobre el nivel medio del mar (Comunicación personal con los registros de la Estación Agrometeorológica # 350, ubicada en el municipio de Florida, Provincia de Camaguey, Cuba) .

El análisis de crecimiento se realizó según *Kvet y otros., (1979)* calculándose de la forma

Determinación de la Duración del Área Foliar: (LAD)

Se calculó dividiendo la suma del área foliar entre el doble de la diferencia del tiempo que media entre un muestreo y e otro.

$$LAD = A_2 + A_1 / 2 \times (t_2 - t_1) \text{ (cm}^2 \cdot \text{día}^{-1}\text{)}$$

- ❖ A_1 = Área foliar de las láminas con más del 50% activa en el tiempo 1. (cm²).
- ❖ A_2 = Área foliar de las láminas con más del 50% activa en el tiempo 2. (cm²).
- ❖ $t_2 - t_1$ = Intervalo de tiempo transcurrido entre los muestreos consecutivos (días).

Determinación de la Duración de la Biomasa: (Z)

Se calculó como el producto de la semisuma del peso seco total de un individuo promedio por la diferencia del tiempo que media entre un muestreo y otro.

$$Z = (W_2 + W_1 / 2) \times (t_2 - t_1) \text{ (g . día)}$$

- ❖ W_1 = Masa seca total de un individuo promedio en el tiempo 1 (g).
- ❖ W_2 = Masa seca total de un individuo promedio en el tiempo 2 (g).
- ❖ $t_2 - t_1$ = Intervalo de tiempo transcurrido entre los muestreos consecutivos (días).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de indicadores del crecimiento.

Duración del Área Foliar (LAD)

Este indicador expresa en términos cuantitativos cuánto tiempo una planta mantiene activa su superficie asimiladora, es por esto que resultan razonables las correlaciones altas y positivas entre LAD y los rendimientos en distintas especies de plantas (*Kvet y otros., 1979*).

En el análisis varietal (**Tabla I**) se destaca la My5514, que aunque no difiere estadísticamente de la C86-12, si resulta estadísticamente superior a la C1051-73.

En sentido general la comparación de los valores de este indicador según las edades a las que evaluamos (**Tabla I**), presenta variaciones a todo lo largo del período, aunque entre los 341 y los 394 días de edad las cifras apenas oscilan entre 10 y 11 cm².día. Es necesario señalar que a los 456 días se consiguen los máximos valores de este indicador.

La comparación de las épocas de plantación no arroja diferencias de este indicador en las diferentes variantes (**Tabla I**). Es bien conocido que el número de hojas verdes en un tallo se relaciona íntimamente con el ritmo del plastocrono y la longevidad de las hojas (*Dillejwin, 1975*); este primer elemento es más afectado que la duración de las hojas por la variación de condiciones, Al observar el comportamiento en cada ciclo de plantación y su interrelación con las edades estudiadas (**Tabla II**), se puede apreciar que en las edades de 300, 394 y 421 no hay diferencias entre ciclos de plantación. En las edades de 341, 367 y 394 la plantación de frío supera a la plantación de primavera (enero-junio), pero entre los 456 y 480 días de plantadas, la plantación de primavera (enero-junio) supera a la de frío (julio-diciembre). Hay que tener en cuenta que en esta última etapa evaluativa la plantación de primavera (enero-junio) se ve favorecida

por lluvias abundantes que favorecen al cultivo en el proceso de fotosíntesis, lo que tiene un efecto positivo en el crecimiento y en la longevidad y por ende en la Duración del Área Foliar.

Tabla I. Comportamiento del indicador Duración del Área Foliar expresada en $\text{cm}^2 \cdot \text{día}$, resultados del análisis de varianza y comparación de medias según prueba de rangos múltiples de Duncan ($p < 0.01$).

Variedades						
C1051-73		My5514		C86-12		
9.22 ^b		12.27 ^a		10.53 ^{ab}		
Ciclo de plantación						
Primavera(enero-junio)			Frío(julio-diciembre)			
10.56 ^{n.s}			10.79 ^{n.s}			
Edades						
300	341	367	394	421	456	480
7.70 ^c	11.56 ^b	10.23 ^{bc}	11.30 ^b	9.28 ^{bc}	14.76 ^a	9.89 ^{bc}

ns: no significativo (ANOVA), nivel de probabilidad de error de 1%.

Letras desiguales difieren significativamente nivel de probabilidad de error de 1%.

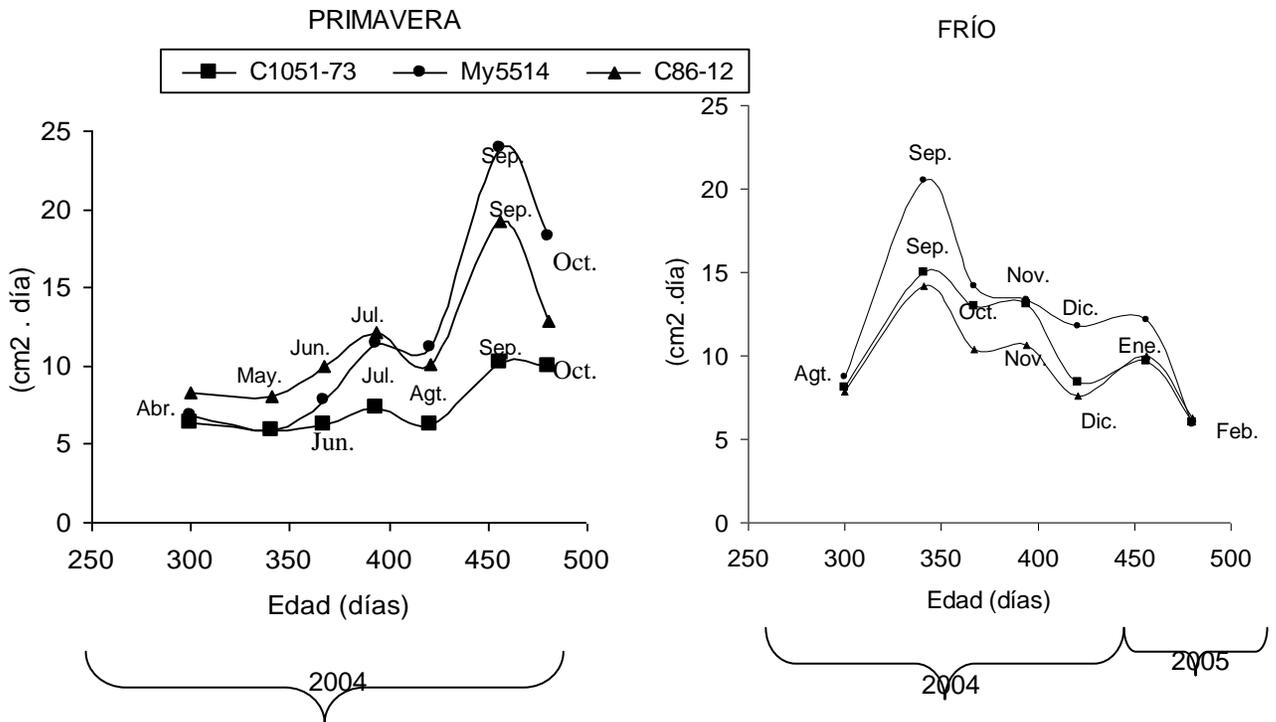


Fig. 1. Variación temporal de los valores de la Duración de Área Foliar, para cada variedad, (C1051-73, My5514 y C86-12), plantadas en dos ciclos, primavera (enero-junio de 2003) y frío (julio-diciembre de 2003).

La dinámica del desarrollo temporal (**Figura 1**) muestra variaciones muy parecidas entre variedades; en cada ciclo de plantación, el ciclo de primavera (enero-junio) ilustra un orden ascendente de estas dinámicas, con los más altos valores para la variedad My5514 y los menores para la C1051-73

La precocidad madurativa de la variedad C1051-73, a partir de los 421 días acelera la senescencia foliar, influyendo en los valores definitivos de LAD. Estos resultados están en correspondencia con los valores del LAI y de Área Foliar alcanzada en cada una de las plantaciones. Ambos indicadores dependen del Área Foliar, la que del mismo modo se ve favorecida en la plantación de primavera (enero-junio) y asciende de manera ininterrumpida durante el desarrollo en los tres cultivares estudiados. Por su parte la plantación de frío desciende en determinado momento en cada una de las variedades, lo que tiene un efecto directo en los valores del LAD y el LAI. Además las hojas son el principal aparato de producción de la planta (*Humbert, 1979; Dillewijn, 1975*), se deduce que a mayor Área Foliar mayor será el crecimiento y desarrollo de las plantas que se favorecen con el aumento del Área Foliar.

Tabla II. Resultados del indicador Duración del Área Foliar expresado en cm² .día al analizar las interacciones de primer orden Duncan (p<0.01).

Ciclo de plantación	Variedad							
	C1051-73	My5514	C86-12					
Primavera	8.00 ^b	12.17 ^a	11.51 ^a					
Frío	10.44 ^{ab}	12.37 ^a	9.55 ^{ab}					
Ciclo de Plantación	Edad							
	300	341	367	394	421	456	480	
Primavera(enero-junio)	7.17 ^{ef}	6.57 ^{ef}	8.00 ^{def}	10.25 ^{cd}	9.32 ^{de}	18.89 ^a	13.72 ^b	
Frío(julio-diciembre)	8.22 ^{d-f}	16.55 ^a	12.46 ^{bc}	12.35 ^{bc}	9.25 ^{de}	10.62 ^{cd}	6.07 ^f	
Variedad	Edad							
	300	341	367	394	421	456	480	
	C1051-73	7.24 ^h	10.40 ^{cdefg}	9.57 ^{defgh}	10.19 ^{cdefgh}	7.55 ^{gh}	11.59 ^{cde}	8.02 ^{fgh}
	My5514	7.77 ^{gh}	13.21 ^{bc}	10.96 ^{cdef}	12.35 ^{bcd}	11.47 ^{cde}	18.05 ^a	12.09 ^{abcd}
C86-12	8.08 ^{fgh}	11.08 ^{c-f}	10.17 ^{cdefgh}	11.37 ^{cde}	8.84 ^{efgh}	14.63 ^b	9.57 ^{defgh}	

Letras desiguales difieren significativamente, nivel de probabilidad de error de 1%.

En la **Tabla II** se muestra el comportamiento entre variedades y ciclos de plantación. No se observan en sentido general diferencias muy marcadas; solo la variedad C1051-73 en primavera (enero-junio) resulta estadísticamente inferior a la My5514 en ambos ciclos e incluso a la C86-12 en primavera (enero-junio).

El procesamiento conjunto, entre variedades y edades (**Tabla II**), expresa un comportamiento semejante de los genotipos hasta los 394 días de edad, pero a partir de aquí la My5514 alcanza valores de este índice que la hacen en todo momento al menos superior a la C1051-73.

Duración de la Biomasa (Z)

Cuando el peso seco total es graficado en relación al tiempo, el área comprendida bajo la curva es una medida aproximada de la persistencia de la vitalidad (*Kvet y otros, 1979*).

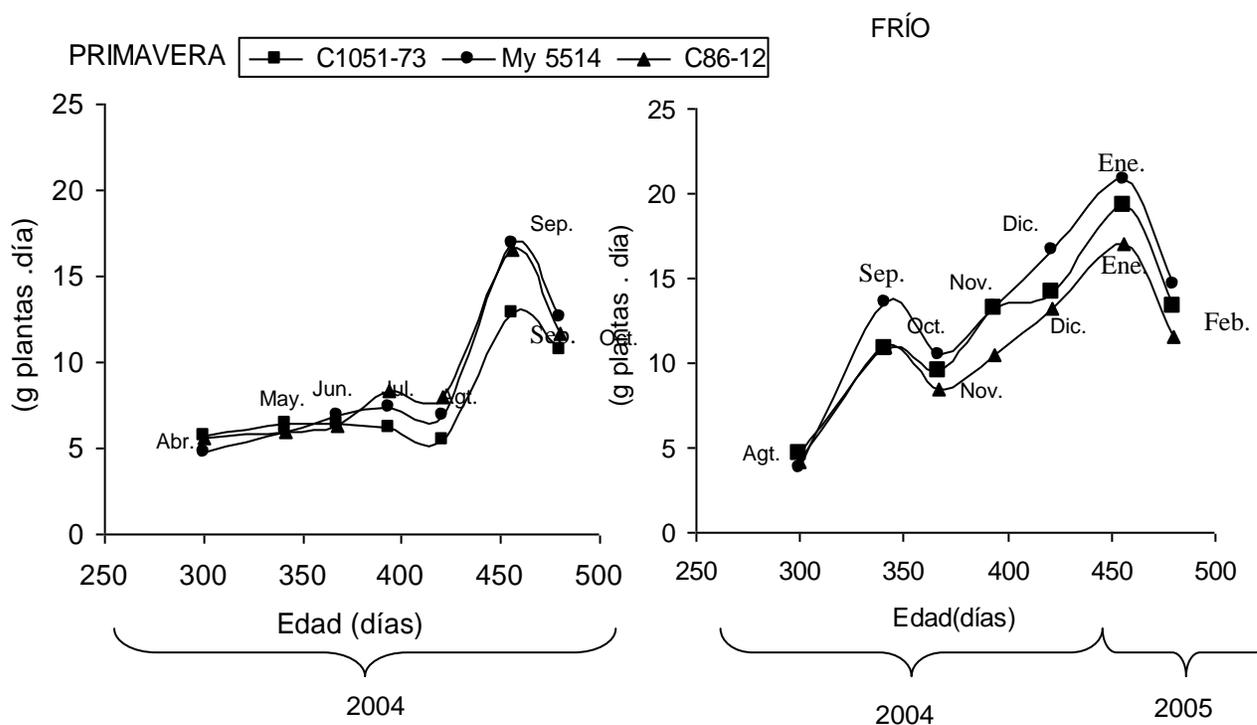


Fig.2. Variación temporal de los valores de la **Duración de la Biomasa**, para cada variedad, (C1051-73, My5514 y C86-12), plantadas en dos ciclos, primavera (enero-junio de 2003) y frío (julio-diciembre de 2003).

La duración de la biomasa es un índice que toma en consideración no solamente cuanto crece el peso seco sino también cual es su durabilidad.

En la **Figura 2** se aprecia en cada uno de los ciclos de plantación un ascenso sostenido de **Z** desde los 300 días y hasta los 456 días, en cada variedad y ciclo de plantación, para caer bruscamente al final. Los máximos valores se alcanzan a los 456 días lo que culmina el período de ascenso. Entre los 421 y 456 días el aumento es casi uniforme entre variedades con cifras que oscilan dentro de un rango muy reducido (6.22 y 7.06 g .día⁻¹). La plantación de frío (julio-diciembre) alcanza de manera general valores de Duración de la Biomasa mayores a los obtenidos en la plantación de primavera (enero-junio).

Según nuestros resultados la comparación entre variedades (**Tabla III**) no señala diferencias biométricas, aunque en términos generales la My5514 presenta valores de este índice algo superior al resto de los cultivares estudiados. El ciclo de frío (julio-diciembre) alcanza valores de **Z** significativamente superiores, lo que indica en este período una mayor persistencia de la vitalidad.

Tabla III. Comportamiento del indicador Duración de la Biomasa expresada en g planta x día, Resultados del análisis de varianza y Comparación de medias según prueba de rango múltiple de Duncan (p<0.01).

Variedades						
C1051-73		My5514			C86-12	
9.94 ^a		11.07 ^a			9.87 ^a	
Ciclo de plantación						
Primavera(enero-junio)				Frío(julio-diciembre)		
8.47				12.11 ^{**}		
Edades						
300	341	367	394	421	456	480
4.78 ^e	8.95 ^{cd}	8.06 ^d	9.82 ^{cd}	10.74 ^{bc}	17.24 ^a	12.48 ^b

** : Significativo 1%

Letras desiguales difieren significativamente, nivel de probabilidad de error de 1%.

Por su parte (**Tabla IV**), se muestra que en la plantación de frío (julio-diciembre) las variedades alcanzan valores superiores a los obtenidos en la plantación de primavera (enero-junio). La plantación de frío (julio-diciembre) supera a la plantación de primavera (enero-junio) en las edades 341, 394, 421 y 456 días; a los 300 y 480 días no hay diferencias entre estos ciclos de plantación.

Tabla IV. Resultados del indicador Duración de la Biomasa expresado en g planta . día⁻¹ al analizar las interacciones de primer orden Duncan (p<0.01).

Ciclo de plantación	Variedad						
	C1051-73		My5514			C86-12	
Primavera(ene-ro-junio)	7.73 ^d		8.78 ^{cd}			8.91 ^{cd}	
Frío(julio-diciembre)	12.14 ^{ab}		13.37 ^a			10.83 ^{bc}	

Ciclo de Plantación	Edad						
	300	341	367	394	421	456	480
Primavera(ene-ro-junio)	5.36 ^{ef}	6.11 ^{ef}	6.65 ^e	7.28 ^e	6.80 ^e	15.42 ^b	11.70 ^c
Frío(julio-diciembre)	4.19 ^f	11.78 ^c	9.47 ^d	13.37 ^{bc}	14.68 ^b	19.07 ^a	13.25 ^{bc}

Variedad	Edad						
	300	341	367	394	421	456	480
C1051-73	5.20 ^j	8.64 ^{ghi}	8.12 ^{hi}	9.68 ^{efgh}	9.82 ^{efgh}	16.05 ^b	12.06 ^{cd}
My5514	4.29 ^j	9.71 ^{efgh}	8.69 ^{ghi}	10.39 ^{defgh}	11.80 ^{cde}	18.86 ^a	13.77 ^c
C86-12	4.85 ^j	8.50 ^{ghi}	7.36 ⁱ	9.40 ^{fghi}	10.60 ^{defg}	16.82 ^b	11.60 ^{cdef}

ns: no significativo (ANOVA) nivel de probabilidad de error de 1%.

Letras desiguales difieren significativamente, nivel de probabilidad de error de 1%.

CONCLUSIONES

1. Se demostró que para el indicador Duración del Área Foliar el cultivar My5514 alcanza los más altos valores.
2. La época de plantación y la etapa en la que se desarrolla el ciclo de la planta no tuvieron efecto sobre el indicador Duración del Área Foliar, pero si hubo efecto sobre el indicador Duración de la Biomasa el que tuvo valores superiores en las plantas de la siembra de frío (julio-diciembre).

RECOMENDACIONES

1. Utilizar en el proceso de selección de nuevos cultivares de caña de azúcar, los índices de desarrollo estudiados, Duración de la Biomasa y Duración del Área Foliar, que según los resultados tienen una significativa influencia en el comportamiento de las variedades estudiadas.

2. Proponer a la industria azucarera cubana utilizar los resultados de este trabajo para la diversificación de la caña de azúcar, en particular la producción de alcohol y el uso de la caña en la alimentación animal.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Armas de, R.; Ortega, E. Rodés, R. (1988). Fisiología Vegetal. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 323 pp.
- Dillewijn, C. Van. (1975). Botánica de la Caña de Azúcar. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. pp. 4-165.
- Duvick, D.N. and Cassman, K.G. (1999). Post Green Revolution Trends in Yield Potential of Temperate Maize in the North-Central United States. Crop Sci. 39: 1622-1630.
- Hernández, A. y col. (1975). Segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba. Serie Suelos 23:1-15.
- Humbert, R. P. (1979). El Cultivo de la Caña de Azúcar. Ciudad de la Habana, Ed. Revolucionaria, 719p.
- Kvet, J. Ondok, J. Necas, and P. G. Jarvis (1979). Methods of Growth Analysis. In: Plant Photosynthetic Production.. Manual of Methods. Z. Sestak, J. Catsky y P. G. Jarvis (ed). Dr. W., Junk, La Haya, Holanda. pp 343 – 391.
- Loomis, R.S and Amthor, J.S. (1999). Yield Potential, Plant Assimilatory Capacity and Metabolic Efficiencies. Crop Sci. 39:1584-1596.
- Ortega, E.; Rodés, R., Soto, y otros. (1989). Bases Fisiológicas de la Productividad de la Caña de Azúcar. La Habana. Editorial Academia 43. pp
- Soil Survey Staff. (1994). Claves para la Taxonomía de Suelos. Traducción al español del Colegio de Post-graduados. Chapingo, México. 305 pp.
- Vázquez, B. y Torres S. (1995). Fisiología Vegetal. Editorial Pueblo y Educación, La Habana. 444 pp.