

ANALISIS DE CRECIMIENTO DE CUATRO MATERIALES DE LECHUGA (*Lactuca sativa*)*

Growth analysis of four lettuce varieties (*Lactuca sativa*)

Julio Archila P¹, Uriel Humberto Contreras N¹, Hernan Pinzón², Héctor Laverde P³, Germán Corchuelo R³.

RESUMEN

Para estudiar los índices de crecimiento Tasa relativa de crecimiento (TRC), Tasa de asimilación neta (TAN), relación área/peso (RAF), índice de área foliar (IAF) y Tasa de crecimiento de cultivo (TCC) en plantas de lechuga, procedentes de semilla producida en condiciones de invernadero en la Sabana de Bogotá y de semilla importada, de las variedades Great Lakes 118 y Clímax, se realizó un trabajo de campo en el Centro de Investigaciones Agropecuarias de Tibaitata (Cundinamarca) durante el segundo semestre del año 1991.

Durante la ontogenia del cultivo, los valores máximos de los índices de crecimiento estudiados para los cuatro materiales de lechuga fueron:

Great Lakes 118 semilla local,

TRC : 1g.g⁻¹.día⁻¹,

TAN : 0.0029 g.cm⁻².semana⁻¹,

RAF: 250 cm².g⁻¹,

IAF: 14,

TCC: 187g m⁻².semana⁻¹.

Great Lakes (semilla Importada),

TRC: 1g.g⁻¹.día⁻¹,

TAN: 0.0029 g.cm⁻².semana⁻¹,

RAF: 250 cm².g⁻¹,

IAF: 17,

TCC: 301.7 g.m⁻².semana⁻¹.

Clímax (semilla local),

TRC: 1g. g⁻¹.día⁻¹,

TAN: 0.0046 g .cm⁻².semana⁻¹,

RAF : 300 cm².g⁻¹ ,

IAF: 14,

TCC: 245,7 g.m⁻².semana⁻¹.

Clímax (semilla importada),

TRC: 1g.g⁻¹.día⁻¹,

TAN: 0.0039 g.cm⁻².semana⁻¹,

RAF: 300 cm².g⁻¹,

IAF: 17,

TCC: 203.5 g.m⁻².semana⁻¹.

Sólo se presentaron diferencias altamente significativas para el índice RAF.

* Recibido en Diciembre de 1997

1 Ingenieros Agrónomos. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá.

2 Ingeniero Agrónomo. Investigador, CORPOICA, A.A. 24142, Las Palmas, Santafé de Bogotá.

3 Profesores Asistentes, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. A.A. 14490, Santafé de Bogotá.

Palabras Claves: Tasa de crecimiento, asimilación neta, ontogenias del cultivo.

SUMMARY

Growth indices: Relative Growth Rate (RGR), Net Assimilation Rate (NAR), Area-weight Relation (LAR), Leaf Area Index (LAI) and Crop Growth Rate (CGR) were studied using locally produced and imported seed of Great Lakes 118 and Climax. Field work took place at Tibaitata Research Center during the second semester of 1991.

During the ontogeny of the crop, the maximum values of the growth indices studied for the four lettuce materials were:

Great Lakes 118 (local seed),

RGR : $1\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$,
NAR : $0.0029\text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{week}^{-1}$,
LAR: $250\text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$,
LAI: 14,
CGR: $187\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{week}^{-1}$

Great Lakes (imported seed),

RGR: $1\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$,
NAR: $0.0029\text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{week}^{-1}$,
LAR: $250\text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$,
LAI: 17,
CGR: $301.7\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{week}^{-1}$.

Clímax (local seed)

RGR: $1\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$,
NAR: $0.0046\text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{week}^{-1}$,
LAR : $300\text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$,
LAI: 14,
CGR: $245,7\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{week}^{-1}$

Climax (imported seed),

RGR: $1\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$,

NAR: $0.0039\text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{week}^{-1}$,

LAR: $300\text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$,

LAI: 17,

RGR: $203.5\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{week}^{-1}$.

Statistical differences at $p=0.001$ were found only for LAR.

Key words: Leaf area, growth rate, assimilation rate, ontogeny of the corps.

INTRODUCCION

La eficiencia de las plantas cultivadas en cuanto al rendimiento y la producción puede medirse mediante el empleo de índices de crecimiento, los cuales indican la eficacia de las plantas en el aprovechamiento de los factores ambientales, del sitio donde crecen y se desarrollan y la forma como las plantas distribuyen sus recursos. Es decir, que el análisis de crecimiento proporciona parámetros adecuados para las evaluaciones de producción en estudios de genotipos, efectos de clima, manejo de comunidades vegetales, etc.

La cinética del área foliar y del peso seco suministran información sobre el funcionamiento de una planta. Sin embargo, esta información no permite penetrar lo suficiente en los procesos de crecimiento, y es necesario apelar a índices de crecimiento para precisar sobre los factores que lo afectan. Por ejemplo, se dice que el 90 % del peso seco de una planta se deriva directamente de la fotosíntesis, y es lógico examinar la forma como la superficie foliar y la eficiencia fotosintética de cada unidad del área determinan esta proporción. Todos los índices pueden calcularse con valores de peso seco y de área foliar en varios intervalos de tiempo.

Stanhill (1976) conceptúa que el análisis del crecimiento es de importancia en los programas de mejoramiento, pues permite conocer algunas características de las plantas que están asociadas con la producción.

De acuerdo con Hunt (1990), los índices de crecimiento comúnmente utilizados son Tasa absoluta de crecimiento (TAC), Tasa

relativa de crecimiento (TRC), Tasa de asimilación neta (TAN), razón de área foliar (RAF), tasa de crecimiento del cultivo (TCC) e índice de área foliar (IAF). La tasa de asimilación neta (TAN) depende de la superficie foliar, arquitectura o disposición de las hojas, edad de la superficie asimilatoria y de los procesos de regulación interna en la oferta y la demanda de los fotosintetizados (Leopold y Friedemann, 1978).

La tasa relativa de crecimiento (TRC) representa la capacidad de la planta para producir material nuevo y depende de la fotosíntesis total y de la respiración (Sivakumar y Shaw, 1978) y la razón de área foliar (RAF), de acuerdo con Hunt, (1990), es una medida del balance entre la capacidad potencial de fotosíntesis y el costo respiratorio.

En este trabajo se fijó como objetivo el evaluar las semillas de lechuga de las variedades Clímax y Great Lakes 118, producidas en condiciones de invernadero en la Sabana de Bogotá.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en el segundo semestre de 1991, en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Tibaitatá, ubicado en el municipio de Mosquera (Cundinamarca), a una altura de 2545 metros sobre el nivel del mar, con temperatura media anual de 14° C, precipitación pluvial promedio anual de 700 mm, brillo solar promedio de 5,9 horas diarias y humedad relativa promedio del 80%. Las características físicoquímicas del suelo donde se estableció el experimento eran las siguientes: Textura: Franco limosa, materia orgánica: 5.2%, pH de 5.3, fósforo asimilable: 37 ppm, potasio: 0,4 mg / 100g suelo, capacidad de cambio catiónico: 37,8 mg /100 g suelo y bases totales de 22.2 meq / 100 g suelo.

Se utilizaron las dos variedades de lechuga de cabeza: Great Lakes 118 y Clímax, originadas de semilla importada y de producción local (Obtenidas en el invernadero de plástico de la Facultad de Agronomía de Bogotá).

El diseño estadístico empleado fue el de bloques completos al azar (B.C.A.), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Las plantas se distribuyeron a 0,30 m entre surcos y 0,25 m entre plantas.

Del transplante hasta la cosecha se efectuaron 10 tomas de muestras para determinar en cada una: materia seca y área foliar por planta. En cada muestreo, se tomó una planta por material y por repetición, es decir, que, semanalmente se cosechaban 16 plantas.

Para describir la tendencia de los diferentes índices de crecimiento, se seleccionaron modelos estadísticos de acuerdo con el coeficiente de determinación (r^2) y con el grado de significancia del modelo (α).

Los datos de precipitación pluvial, humedad relativa, brillo solar y temperatura, bajo las cuales se realizó el experimento después del transplante, fueron tomadas en la Estación de Climatología, ubicada en el ICA Tibaitatá.

RESULTADOS Y DISCUSION

La precipitación pluvial fue escasa, por lo cual se aplicó riego buscando obtener una adecuada humedad del suelo, y para evitar trastornos en el crecimiento de las plantas. La temperatura media diaria osciló entre 11 y 14°C. El brillo solar fluctuó entre 0,2 y 9,7 horas diarias durante el transcurso del experimento. La humedad relativa varió entre 73 y 97%; los valores altos de humedad relativa favorecieron la incidencia de enfermedades, presentándose, en la cuarta semana después del transplante, el ataque de *Sclerotinia sclerotiorum* (L.) de By, que produce la "Pudrición basal". Seis semanas después del transplante, el follaje aumentó notoriamente, estableciéndose un ambiente más propicio para el desarrollo de microorganismos y, así, aparecieron enfermedades como: "Cenicilla" (*Bremia lactucae* Regel) y pudrición (*Botrytis cinerea* Fr.). Los patógenos mencionados se controlaron con la aplicación de fungicidas. La pudrición basal y la cenicilla fueron las enfermedades más limitantes, causando pérdidas aproximadas del 10% en la población de plantas.

Las mediciones periódicas a intervalo de ocho días del área foliar y de la materia seca total por planta permitieron realizar un análisis del crecimiento.

Como primera etapa del análisis de crecimiento se estudiaron las tendencias seguidas mediante los datos primarios de materia seca y área foliar de los materiales de lechuga, encontrándose que, para cada uno de ellos, las relaciones área/peso siguen una tendencia lineal en el tiempo.

A partir de los datos primarios, se calcularon los siguientes índices: tasa relativa de crecimiento (TRC), tasa de asimilación neta (TAN), razón de área foliar (RAF), índice de área foliar (IAF) y tasa de crecimiento del cultivo (TCC).

La tasa relativa de crecimiento disminuyó en la ontogenia de los cuatro materiales de lechuga, como se aprecia en la figura 1. Ello puede ser debido a las diferencias entre la tasa de división y crecimiento celular en las distintas partes de la planta.

La máxima TRC se alcanzó en la tercera semana después del transplante, con valores cercanos a $1 \text{ g.g}^{-1}.\text{semana}^{-1}$ en todos los materiales. A partir de ese momento, la TRC decrece presentando los valores más bajos en la semana 11 después del

transplante, con valores de 0,13 y 0,04 $\text{gr.g}^{-1}.\text{semana}^{-1}$ para los materiales Great Lakes 118 importada y nacional y los materiales Climax importado y nacional presentaron en su orden: TRC de 0,27 y 0,07 $\text{gr.g}^{-1}.\text{semana}^{-1}$.

El análisis de varianza no reportó diferencias estadísticas para este índice entre los materiales de lechuga evaluados.

La tendencia de la tasa de asimilación neta es a disminuir con el desarrollo del cultivo (Figura 2), lo cual puede ser atribuido al sombreado de las hojas exteriores sobre las inferiores, en la medida en que se forma la cabeza, lo cual afectaría la radiación recibida en los diferentes estratos de laminas foliares y, por ende, en las tasas de fotosíntesis.

Los máximos valores de la tasa de asimilación neta promedio se presentaron en la tercera semana después del transplante (DDT) para los materiales Climax nacional e importado y Great Lakes 118 importado y nacional, con valores de 0,0046 ; 0,00397 ; 0,00602 y 0,00297 $\text{gr.cm}^{-2}.\text{semana}^{-1}$, respectivamente.

En la semana once DDT ocurren los valores más bajos de la TAN, los cuales oscilaron en la siguiente forma: Great Lakes 118 nacional e importado 0,00063 y 0,00032 $\text{gr.cm}^{-2}.\text{semana}^{-1}$, respectivamente, y para Climax

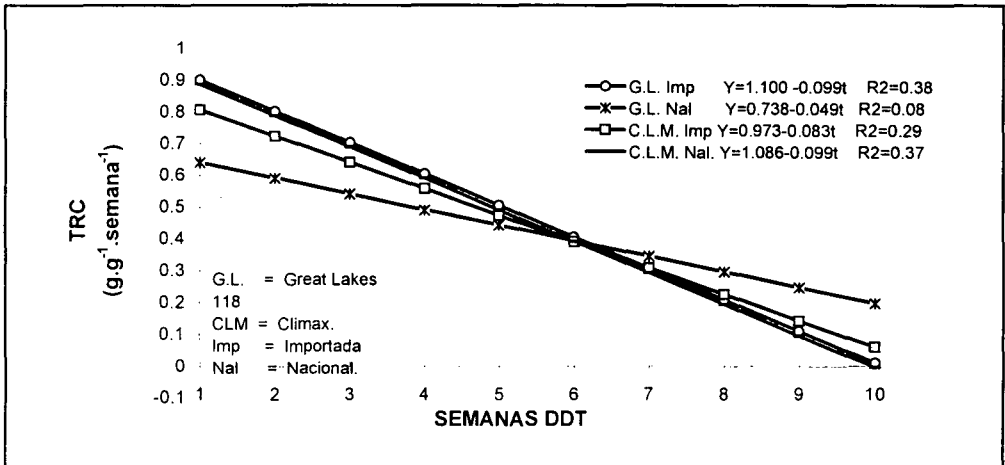


Figura 1. Variación de la tasa de crecimiento relativa (TRC) en cuatro materiales de lechuga.

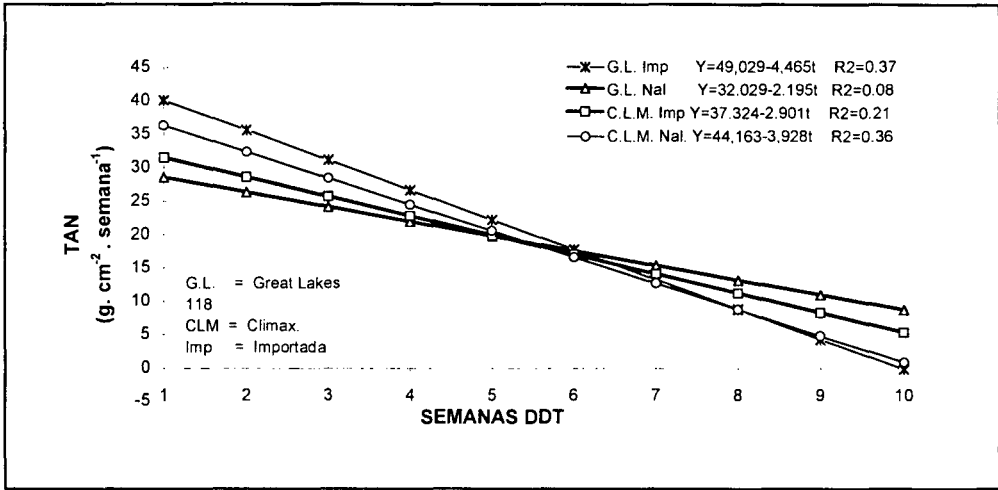


Figura 2. Variación de la Tasa de Asimilación Neta (TAN) en cuatro materiales de lechuga.

nacional e importada 0,00011 y 0,00034 gr. $\text{cm}^{-2} \cdot \text{semana}^{-1}$, respectivamente. El análisis de varianza no presentó diferencias estadísticas para la TAN. El modelo de regresión lineal fue el de mejor ajuste para explicar la tendencia de la TAN.

La razón de área foliar promedio es similar para los cuatro tratamientos, con valores crecientes hasta la quinta y sexta semana DDT y, posteriormente, un descenso hasta la semana once. Los valores altos iniciales de la RAF pueden ser debidos al hecho que las plantas utilizan, en buena parte, sus fotoasimilados para el desarrollo y crecimiento de las superficies foliares, lo cual conlleva a mayores gastos energéticos y, así se tienen mayores valores de área foliar y menor peso y, por tanto, valores altos de la RAF. Cuando la planta se encuentra en el estado de posroseta, continúa la formación de nuevas hojas las cuales se ubican en el estrato foliar interno de la cabeza y, de esta manera, no reciben suficiente radiación solar, lo cual puede conducir a baja actividad fotosintética y es posible que este conjunto de hojas actúen como demanda de los asimilados que producen las hojas que conforman los estratos periféricos de la cabeza. También, durante este estado del desarrollo, algunas hojas cesan su expansión mientras que otras entran

en senescencia y, así se tienen plantas que acumulan mayor materia seca y disminuyen su área foliar fotosintéticamente activa y, esto conduce a menores valores de la RAF. Los materiales de la variedad Climax nacional e importada en la segunda semana después del transplante presentaron valores promedios cercanos a los $230 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$, alcanzando su máximo valor promedio en la quinta semana DDT, con cerca de $300 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$.

La variedad Great Lakes 118 nacional e importada presentó valores promedios cercanos a los $210 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ en la segunda semana DDT, y, a $250 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ hacia la quinta semana DDT. En la décima primera semana DDT, la RAF desciende a $200 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ en los cuatro materiales.

El modelo de regresión logarítmica se seleccionó como el más ajustado para explicar la tendencia de la RAF. En la figura 3 se aprecia que los materiales de Climax (semilla nacional e importada) presentan los valores ajustados más altos de RAF con respecto a los otros dos tratamientos.

Entre los cinco índices estudiados en el presente trabajo, la RAF fue el más sensible para detectar variaciones de crecimiento entre variedades y fuentes de semilla, y permitió encontrar diferencias altamente significativas entre los cuatro tratamientos.

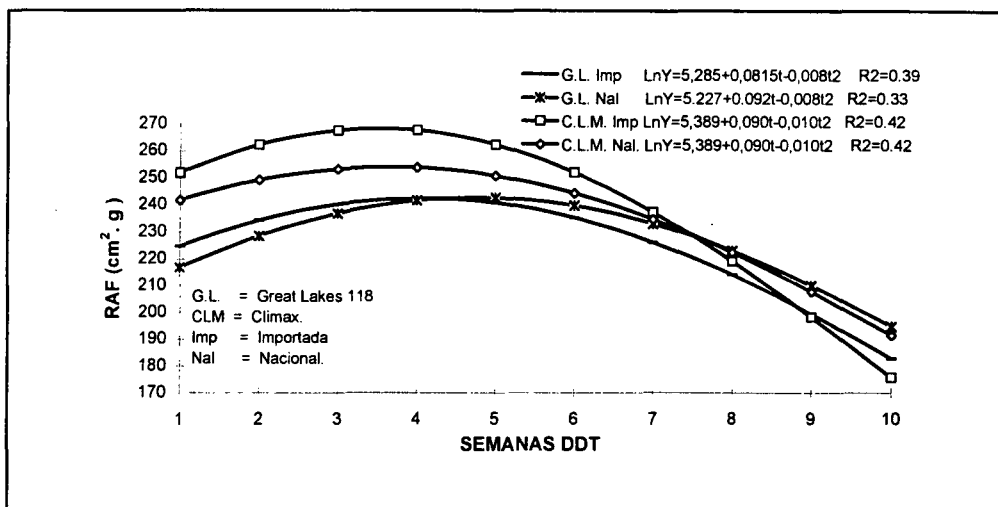


Figura 3. Variación de la Relación Area Peso (RAF) en cuatro materiales de lechuga.

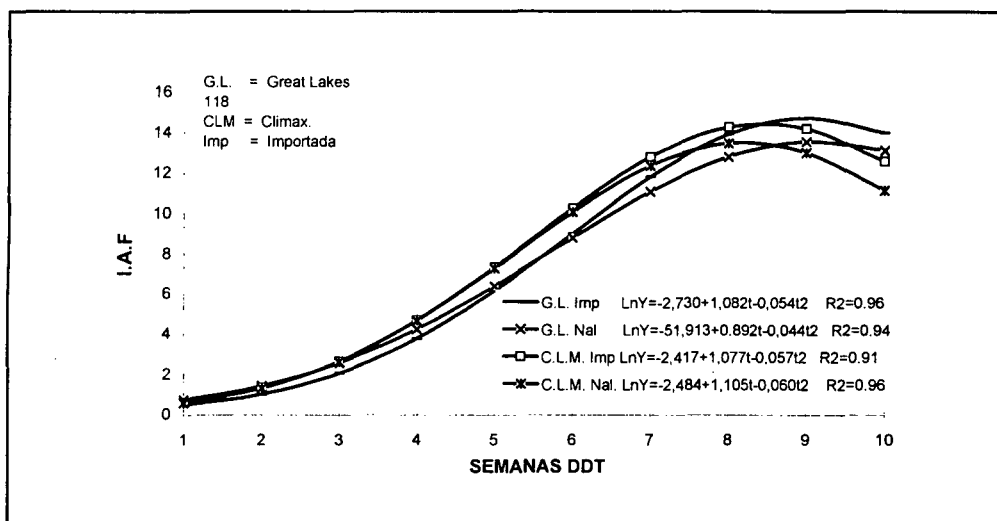


Figura 4. Variación del Índice del Area Foliar (IAF) en cuatro materiales de lechuga.

La tendencia seguida por el índice de área foliar en los cuatro materiales de lechuga es semejante, tal como se pone de manifiesto en la figura 4. En las cuatro primeras semanas DDT el crecimiento es lento, posteriormente, se acelera hasta la décima semana, para luego volver a hacerse lento.

La tendencia a valores crecientes del índice de área foliar en el desarrollo del cultivo está asociada con una disminución de la tasa

de asimilación neta, al presentarse un declive en el potencial fotosintético de la masa foliar, por causas, como madurez de las hojas, abscisión, y autosombreamiento de hojas al conformarse la cabeza de la lechuga.

La tendencia seguida por el índice de área foliar promedio en cada material es la siguiente: desde la cuarta semana DDT, cuando finaliza la fase de lento incremento, hasta la semana décima DDT, los

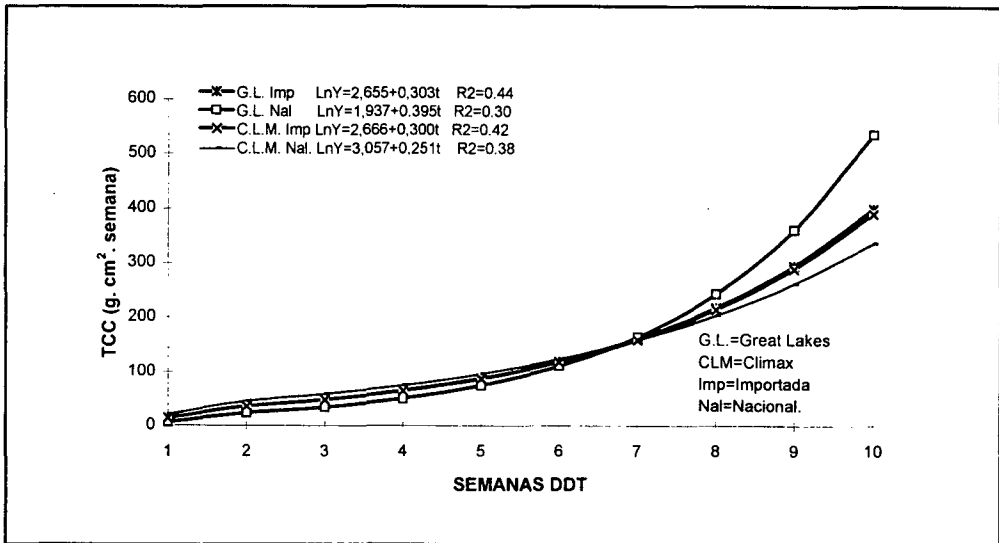


Figura 5. Variación de la Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC) en cuatro materiales de lechuga.

valores se incrementan de 1,3 a 13,5 para los cuatro materiales.

El modelo de regresión de mejor ajuste, para describir el comportamiento del IAF, fue el logarítmico cuadrático, que da lugar a una curva sigmoide.

La tasa de crecimiento del cultivo cuantifica la producción de materia seca por unidad de área de suelo y de tiempo. Los valores del índice fueron aumentando durante el transcurso del tiempo. En los cuatro materiales de lechuga, la TCC más baja se presentó en la tercera semana DDT, cuando Great Lakes con semilla importada y Climax con semilla nacional presentaron valores de $18 \text{ gr. m}^2. \text{ semana}^{-1}$ y los valores correspondientes para Great Lakes 118 nacional y Climax importada fueron de $11,7$ y $15,6 \text{ gr. m}^2. \text{ semana}^{-1}$, respectivamente.

Los valores máximos de la TCC se lograron en la décima semana DDT, con $301,7$ y $187 \text{ gr. m}^2. \text{ semana}^{-1}$ y, para los tratamientos Great Lakes 118 importada y nacional, de $203,5$ para Climax importado y de $245,7 \text{ gr. m}^2. \text{ semana}^{-1}$ para Climax nacional.

Como la tasa de producción de materia seca de una comunidad depende del IAF y de la TAN, es evidente que, en la ecuación $TCC = IAF * TAN$, el aumento de la TCC, es posible si se presenta una alta eficiencia fotosintética de las hojas y/o del número de unidades fotosintetizadoras. En el presente caso, de acuerdo con comportamientos de la TAN y del IAF en el tiempo, el índice de área foliar determina la productividad del cultivo ya que a medida que aumenta el IAF durante el crecimiento, comienza a incrementarse, también, la TCC.

CONCLUSION

Las semillas de lechuga de las variedades Great Lakes y Climax producidas en condiciones de invernadero en la Sabana de Bogotá y las semillas importadas de estas dos variedades no presentaron diferencias en la capacidad productiva de los materiales (IAF), ni en la eficiencia de producción de materia orgánica (TRC). Se encontró que la razón de área foliar (RAF = área/peso) es la expresión que permite caracterizar mejor las diferencias entre los orígenes de las semillas, al encontrarse diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos.

BIBLIOGRAFIA

HUNT, R. 1990. Basic growth analysis. Plant growth analysis for beginners. Hyman. Londres, 112 p.

LEOPOLD, C. A. Y FRIEDEMANN, P. 1978. Plant growth and development. Mc Graw Hill, Nueva Delhi. Pág. 77-104.

SIVAKUMAR, M. V. R. Y SHAW, R. H. 1978. Methods of growth analysis in field growth soybeans *G. Max* (Merril). Annals of Botany 42: 213- 322.

STANHILL, G. 1976. Allometric growth studies of the Carrot crop. I efects of plant development cultivar. Annals of Botany 41: 523-540.