

ANALISIS DE CRECIMIENTO DE *Limonium sinuatum* Mill cv. Midnight Blue PROPAGADA SEXUAL Y ASEXUALMENTE A PARTIR DE YEMAS VEGETATIVAS Y FLORALES.*

Classic growth analysis of *Limonium sinuatum* Mill cv. Midnight blue sexually and asexually propagated from vegetative and floral buds

Jaime Pedroza¹, Germán Corchuelo² y Antonio Angarita³

RESUMEN

Se realizó el análisis clásico de crecimiento de plantas de estática (*Limonium sinuatum* Mill. cv. Midnight Blue) propagadas sexualmente y mediante los sistemas *in vitro*, a partir de yemas vegetativas y florales bajo condiciones de invernadero en la Sabana de Bogotá, Colombia, mediante el empleo de 10 índices que evalúan el desempeño fisiológico del material vegetal. En este cultivar es característico el comportamiento oscilatorio y simétrico de algunos índices que evidencian una posible actividad fisiológica muy particular en la relación Fuente: Demanda; Así, la exportación de fotoasimilados (RAF) está afectada por su retención en las hojas (AFE), especialmente durante la fase vegetativa. De igual forma, es importante destacar que, en la fase reproductiva, los tallos florales son la principal demanda de fotosintatos. Con respecto a la T.R.C., se nota que detalla muy bien el crecimiento vegetativo y es afectada por la T.A.N., mientras que la T.C.C. el reproductivo. Aunque se presentaron algunas diferencias cuantitativas en la fase vegetativa, en la reproductiva, presumiblemente, por efectos fisiológicos compensatorios, ocurre total homogeneidad entre los tipos de plantas analizadas.

* Recibido: Enero de 1997

1. Biólogo M. S. Apartado Aéreo 43079, Santafé de Bogotá. D. C.
2. Profesor Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Apartado Aéreo 14496. Santafé de Bogotá, D. C.

Palabras claves: Índices de crecimiento, análisis de crecimiento, comportamiento fisiológico.

SUMMARY

A greenhouse experiment was conducted in the Sabana de Bogotá, Colombia to analyze the growth behavior of sexually and asexually propagated static plants. Some of the indices showed a symmetric and oscillatory behavior which means that a particular source - sink relationship in going on in this particular cultivar. Thus, LAR was affected by SLA especially during vegetative stage. Besides, floral stems during reproductive phase were the main sink of photosynthates. On the other hand, RGR was affected by NAR and described vegetative growth while CGR described reproductive growth. In spite of differences during the vegetative stage between types of propagation, during the reproductive stage, compensatory physiological effects erase them making the three types of plants homogeneous.

Key words: Growth analysis, growth indices, physiological performance.

INTRODUCCION

El estática ha sido ampliamente utilizado como un cultivo complementario en la estrategia de mercadeo nacional e internacional, gracias a su versatilidad para ser empleado en arreglos decorativos como flor en fresco y secos.

Teniendo en cuenta la aplicación industrial de algunas metodologías utilizadas en biotecnología vegetal, como es el caso de la propagación masiva de plantas vía cultivo de células y tejidos vegetales *in vitro*, ha sido de gran importancia, en la programación de cosechas y controles fitosanitarios, la evaluación cuantitativa del desempeño fisiológico en condiciones de campo del material micropropagado, con el fin de establecer diferencias o similitudes con las plantas propagadas sexualmente. Por esta razón, en este trabajo, se presenta la evaluación fisiológica comparativa en términos cuantitativos, mediante el análisis clásico de crecimiento, del desempeño de las plantas de estáctice micropropagadas a partir de yemas vegetativas y florales que ofrecen diferencias al momento del establecimiento *in vitro* y derivadas de semilla hasta el primer máximo de producción comercial.

MATERIALES Y METODOS

Las plantas de estáctice (*Limonium sinuatum* Mill. cv. Midnight Blue) propagadas sexualmente se obtuvieron a partir de semilla de uso comercial, mientras que el material vegetal micropropagado se regeneró a partir de una yema vegetativa y una floral derivadas de una planta en segundo ciclo productivo, empleando las metodologías de Bienkowska *et al.*(1994), Ovideo y Guevara (1988), Ruiz (1990) y Wicki (1992).

Las plantas micropropagadas y germinadas a partir de semilla permanecieron durante las dos primeras semanas en condiciones de exterior bajo cubierta de polisombra en la empresa Agrícola la Fontana, localizada en el municipio de Chía, Cundinamarca, para ser distribuidas y sembradas, en tres camas o bloques que corrigen los gradientes de temperatura y corrientes de aire. En cada bloque, los tres tratamientos se establecieron aleatoriamente, con una distancia de siembra entre plántulas e hileras de 40 y 30 cm, respectivamente, en el sitio definitivo. Para evitar el efecto de borde, en los extremos de cada bloque se establecieron, de forma simultánea con el material a evaluar, plantas micropropagadas de las variedades Rose

light, Heaven blue y Iceberg, en este orden y dirigidas hacia el centro de las unidades experimentales.

Con el fin de evaluar cuantitativamente el desempeño fisiológico de las plántulas micropropagadas y las regeneradas a partir de semilla sexual, se seleccionaron al azar dos plántulas de cada tratamiento y bloque cada quince días y durante 28 semanas (14 periodos), para determinar la siguiente información:

[- Plantas Individuales:

- * Area Foliar Específica (AFE)
- * Relación de Peso Foliar (RPF)
- * Relación de Area Foliar (RAF)
- * Tasa de Asimilación Neta (TAN)
- * Tasa Relativa de Crecimiento (TRC)
- * Tasa Unitaria de Tallo Floral (TUT - FLO)

[Plantas en Cultivo:

- * Índice de Area Foliar (IAF)
- * Tasa de Crecimiento de Cultivo (TCC)
- * Duración del Area Foliar con base en el IAF (DAF - IAF)

Estos índices se evaluaron de acuerdo con la metodología de Hunt (1978, 1982, 1990), hasta alcanzar el día 210, exactamente cuando había pasado el máximo rendimiento en producción agronómica.

ANALISIS ESTADISTICO

Los resultados son evaluados y presentados de acuerdo con Steel y Torrie (1985) en un Diseño de Bloques Completos al Azar con submuestreo e igual número de repeticiones y observaciones por tratamiento y, una vez evaluada la correspondiente prueba de normalidad para cada variable y en cada una de las quince observaciones. Los tratamientos evaluados son:

- Tratamiento1(T1): Plántulas micropropagadas a partir de yemas vegetativas.
- Tratamiento 2(T2): Plántulas micropropagadas a partir de yemas florales.

- Tratamiento 3 (T3): Plántulas regeneradas a partir de semilla

En aquellas variables respuesta donde se encontró estadísticamente diferencias significativas o altamente significativas entre los tratamientos, se emplearon, como pruebas de comparación los Contrastes Ortogonales, considerando las siguientes comparaciones (Z_i) previamente planeadas:

- Z_1 : Propágulos micropropagados vs. Propágulos sexuales.
- Z_2 : Propágulo de yema vegetativa vs. Propágulo de yema floral.

RESULTADOS Y DISCUSION

PLANTAS INDIVIDUALES

Relación de Peso Foliar: Durante los 14 periodos evaluados no existieron diferencias estadísticas entre los tres tratamientos, aunque es característico el comportamiento ascendente durante la fase vegetativa (seis primeros periodos) y descendente en la reproductiva hasta el periodo 11, cuando se estabiliza (Figura 1a).

Considerando que este índice detalla el gasto relativo en órganos foliares, se nota que, durante la fase vegetativa, existe un constante incremento, aunque bajo, que disminuye fuertemente en la reproductiva. Esta situación muestra que, en la primera fase, las hojas constituyen el órgano de la planta que se encuentra en mayor crecimiento, es decir, son el principal proceso de su desarrollo (Ascencio y Sgambatti, 1975), mientras que, en la segunda, la demanda de fotosintatos por parte de los tallos florales evitan que, durante este último, periodo se diferencien nuevas hojas; así, su comportamiento implica la operación del mismo mecanismo involucrado en la partida de materia seca hacia las demandas, teniendo en cuenta que este índice hace parte de la Relación de Area Foliar (Warren, 1981).

Aunque estadísticamente no hay diferencias entre los tratamientos evaluados, cuantitativamente, en el primer periodo, las plantas micropropagadas muestran mayor peso foliar al compararlas con las multiplica-

das sexualmente, como consecuencia de la síntesis y acumulación de biomasa en la fase *in vitro*; sin embargo, a partir de este momento el comportamiento es totalmente homogéneo entre los tres tipos de plantas por el posible efecto compensatorio de tipo metabólico que ocurre después del establecimiento vegetativo.

Area Foliar Específica: Durante los cuatro primeros periodos, existen diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0,01$) entre los tres tratamientos y que favorecen a las plantas multiplicadas sexualmente. Sin embargo, a partir del cuarto periodo, no hay diferencias entre los tres tipos de plantas y se tiende a presentar un comportamiento constante hasta el periodo ocho, cuando sucede un descenso homogéneo hasta el periodo 14 (Figura 1b).

Teniendo en cuenta que el AFE ha sido de gran valor práctico en la identificación de genotipos, particularmente donde las facilidades para otras metodologías no son fácilmente disponibles (Nageswara y Wright, 1994) y además correlacionada con diferencias en la tasa de saturación fotosintética por luz o por unidad de área foliar (Toshihiko, 1986), las diferencias ocurridas entre las plantas micropropagadas y las multiplicadas sexualmente en la fase vegetativa ocurren como consecuencia de una mayor acumulación de biomasa en las hojas, acompañada de una baja exportación de asimilados, posiblemente, porque los órganos demanda en esta fase del desarrollo (tallos y raíces) han acumulado en la fase *in vitro* suficiente biomasa y presentan una menor potencia importadora de fotosintatos comparados con los tallos y raíces de las plantas multiplicadas sexualmente. A partir del quinto periodo, el comportamiento uniforme entre los tres tipos de plantas muestra de nuevo el resultado de un efecto compensatorio en el desarrollo vegetal.

Relación de Area Foliar: Durante los cuatro primeros periodos, existen diferencias altamente significativas entre las plantas micropropagadas y las derivadas de semilla, como, también, entre las multiplicadas por yema vegetativa y las de yema floral, que fa-

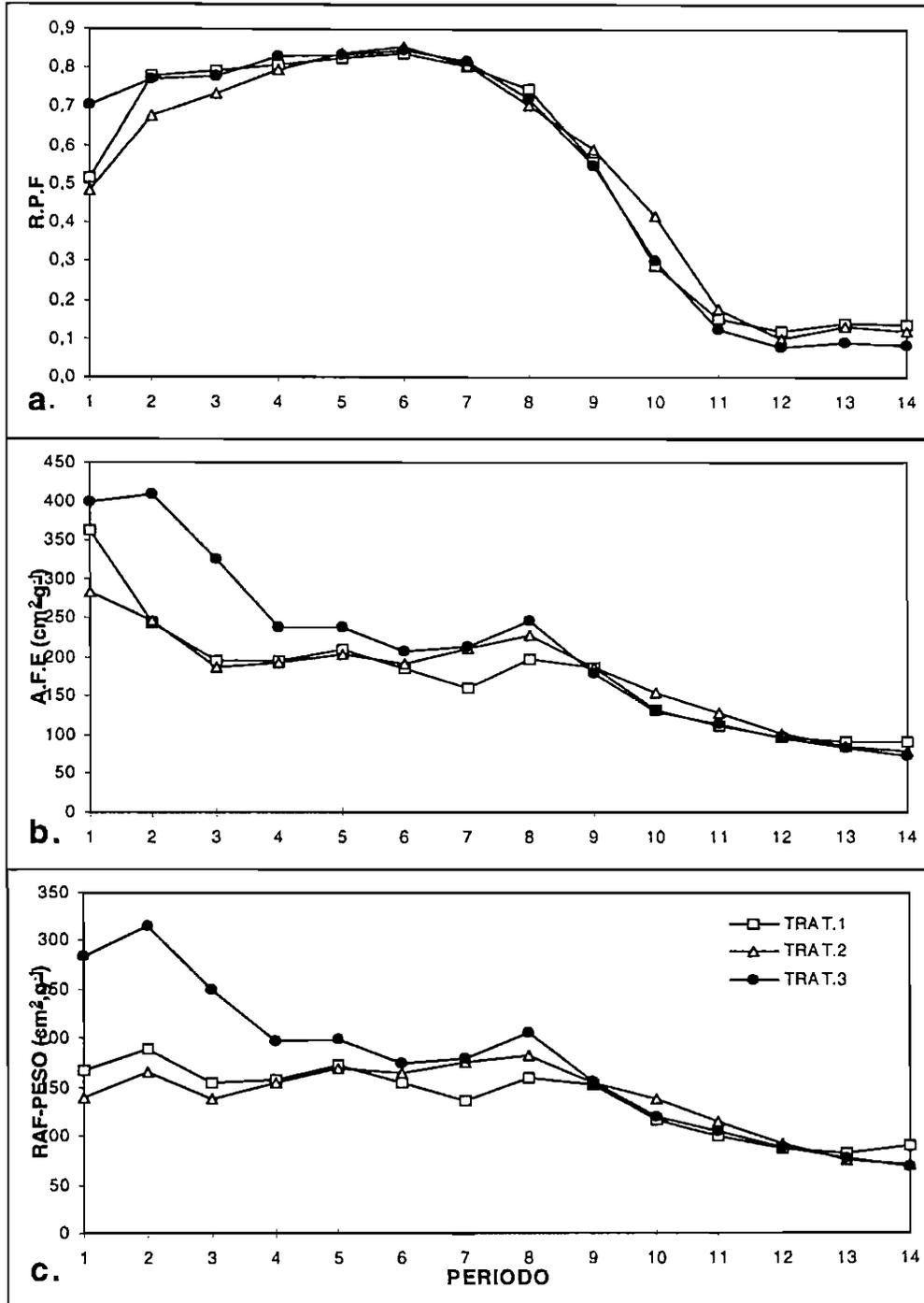


Figura 1. Índices de crecimiento para plantas individuales. a. Relación de Peso Foliar Promedio. b. Area Especifica Foliar Promedia. c. Relación de Area Foliar Promedia.

vorecen en primer lugar, a las obtenidas por semilla y, en segundo lugar, a las regeneradas a partir de yema vegetativa.

Teniendo en cuenta que la RAF nos indica cómo los asimilados son asignados a los diferentes órganos de la planta y que, junto con la TRC, son los índices que reflejan mejor las condiciones de productividad y eficiencia fotosintética (Ascencio y Fargas, 1973), se nota que las plantas, independientemente del origen, están aumentando área y exportando asimilados de una forma no simultánea, es decir, en pulsos simétricos, donde, en primer lugar, se aumenta en área y, luego, se exporta hacia las demandas (Figura 1c). Este comportamiento constante en los tres tipos de plantas implica algún balance entre las tasas de ganancia de peso seco y el crecimiento del área foliar con consistentes proporciones de asimilados dirigidos al complejo estructural y de crecimiento (Warren, 1981).

Con respecto a las diferencias encontradas entre las plantas micropropagadas y las de semilla en los primeros periodos, se evidencia que las primeras presentan mayor biomasa que las segundas, como resultado de su previo crecimiento en condiciones *in vitro*, aunque, a partir del periodo cinco, las similitudes en este índice para los tres tratamientos evaluados sugiere un mecanismo de compensación metabólica en el crecimiento vegetativo y, luego, en el reproductivo, donde ocurre una exportación constante desde las hojas hacia los tallos florales, de forma similar al comportamiento en otros cultivos (Allard *et al.*, 1991; Ascencio y Sgambatti, 1975; Medina y Bolívar, 1993; Tollenaar, 1989).

De otra parte, considerando sus constituyentes, RPF y AFE (Warren, 1981), se evidencia que la RAF está afectada directamente por el área foliar específica, tal como lo muestra su comportamiento a través de las 28 semanas de observación (Figura 1). Esto significa que la exportación de fotosintatos (RAF) está regulada por algún mecanismo asociado con la relación Fuente: Demanda, la cual provoca almacenamiento parcial en la hoja y exportaciones consecutivas de forma no simultánea. Así, durante las dos primeras semanas, las plantas sintetizan

biomasa que exportan en las siguientes dos; luego, se tardan cuatro semanas sintetizando de nuevo, para exportarlas en las siguientes cuatro, finalizando, en este momento, la fase vegetativa. Al inicio de la reproductiva, las plantas sintetizan fotoasimilados durante dos semanas consecutivas que son exportados hasta la senescencia foliar (Egli y Leggett, 1976).

Es importante destacar que, aunque se ha señalado insistentemente una relación inversa entre la TAN y la RAF, en el análisis de crecimiento, de la misma magnitud, minimizando los cambios de la TRC (Warren *et al.*, 1986), en este trabajo, se encuentra una relación eminentemente directa entre los dos índices, como resultado del balance interno entre lo sintetizado y exportado hacia las demandas.

Tasa de Asimilación Neta: La TAN no presentó diferencias estadísticas entre los tres tratamientos evaluados; sin embargo, es de destacar el comportamiento simétrico a lo largo de los 14 periodos observados para los tres tratamientos, con una tendencia a mantenerse constante durante la fase vegetativa y a disminuir en el momento de iniciar la reproductiva y continuar constante hasta cuando sucede la cosecha, momento en el cual sucede una fuerte disminución que es atenuada con el inicio de la nueva fase vegetativa. De igual forma, es importante resaltar el pulso de mayor amplitud que presentan las plantas derivadas de yemas florales durante el cambio de la fase vegetativa a reproductiva (periodos 6 y 7) que denota una mayor producción y, consecutivamente, un consumo similar en este material vegetal (Figura 2 b).

Aunque la TAN es una formulación bastante útil para interpretar el desempeño vegetal, se debe emplear con prudencia porque ella expresa la ganancia sobre la pérdida por respiración y puede, además, variar de acuerdo a la magnitud de este proceso metabólico. De esta forma, si la respiración total de una planta completa es expresada en términos de área foliar, este término incrementa con la edad y, paralelamente, ocurrirá una disminución tanto en la RAF como en la TAN, independientemente de cambios en la

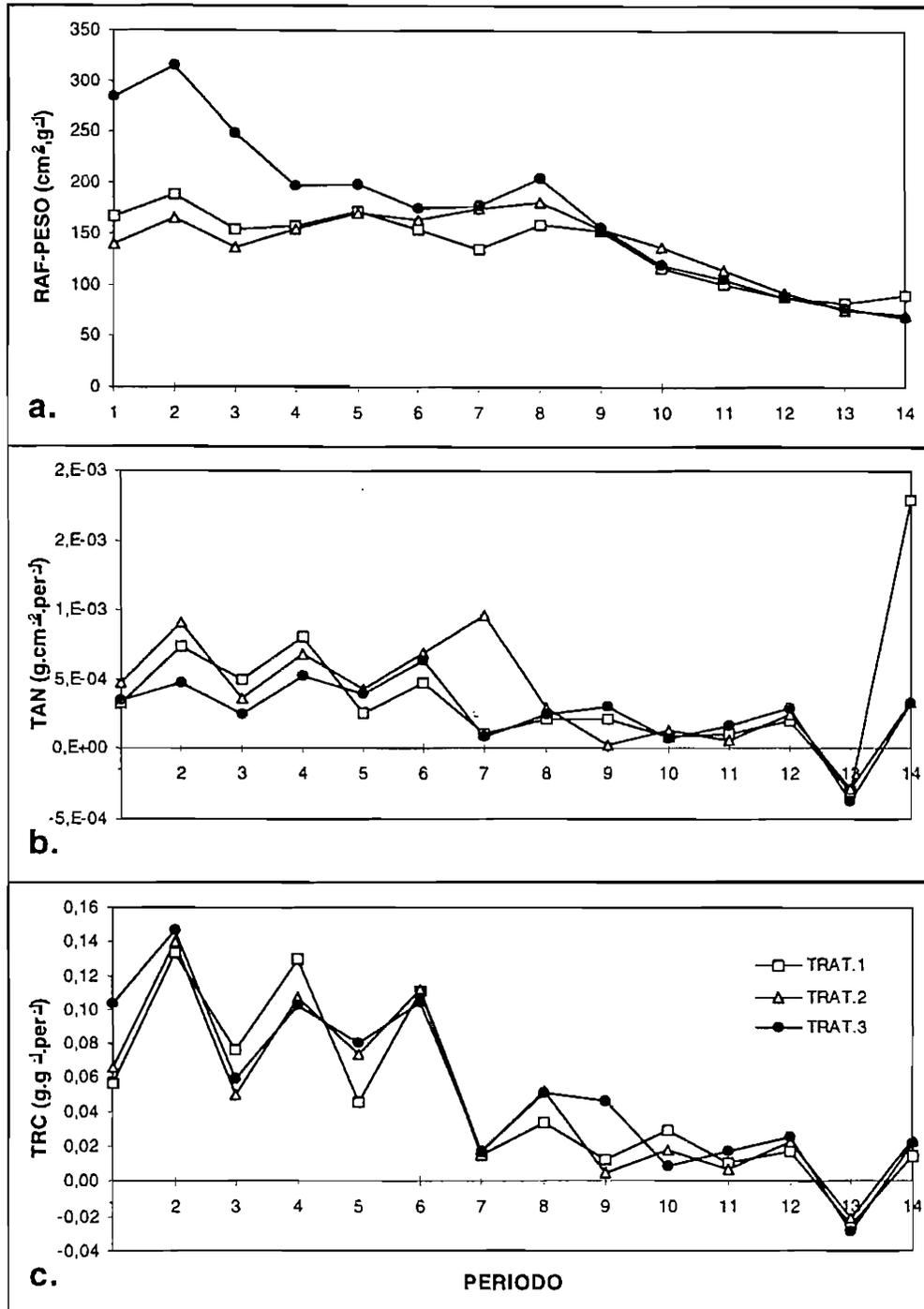


Figura 2. Índices de crecimiento para plantas individuales. a. Relación de Area Foliar Promedia. b. Tasa de Asimilación Neta Promedia. c. Tasa Relativa de Crecimiento Promedia.

actividad fotosintética. Además, como la TAN no da una indicación directa de las pérdidas por respiración, éste índice necesariamente no sirve como una medida directa de las capacidades fotosintéticas inherentes a un cultivar en particular, es decir, no es un indicativo muy útil para caracterizar fenotípicamente plantas, aunque existan diferencias consistentes en la TAN entre especies; además, desde el punto de vista agronómico, mientras que la TAN indica la eficiencia de una planta en la producción de materia seca, el rendimiento económico está sujeto a controles adicionales y no está necesariamente relacionado con la eficiencia fotosintética (Leopold y Kriedman, 1975; Kebede *et al.*, 1992).

Con respecto a su comportamiento oscilatorio y simétrico a través de las dos fases de crecimiento observadas, se sabe que, al igual que la fotosíntesis, la TAN declina en algunas especies, especialmente, cuando la relativa importancia de la respiración aumenta con la edad de la planta. Sin embargo, es importante destacar que todas las especies presentan una forma característica, que implica un control sobre la distribución de sustancias para el crecimiento y desarrollo (Leopold y Kriedman, 1975; Sivakumar y Shaw, 1978), donde las fluctuaciones en los valores de la TAN se podrían explicar como consecuencia de un equilibrio entre la fotosíntesis de las hojas y los tallos y la respiración de las hojas, tallos y raíces; esto significa que cualquier incremento de la fotosíntesis (debida a las hojas y tallos nuevos) sería balanceado por un incremento igual de respiración (Ascencio y Sgambatti, 1975). De esta forma, la TAN aumenta durante la producción de nuevas hojas para descender en la época de proliferación de tallos florales, alcanzando el máximo valor durante el periodo de antesis y, luego, decrece hasta el pico de cosecha (Medina y Bolívar, 1993). Paralelamente, el número elevado de hojas por planta, aunque origina una disminución de los valores de la TAN, aumenta la eficiencia de la planta como un todo (Ascencio y Fargas, 1973).

Además, es de interés señalar que la fuerte demanda de los tallos florales y la consecuente senescencia foliar evitan eficazmen-

te el apiñamiento de hojas, en la unidad de área de suelo donde se levanta el cultivo, que puede disminuir la TAN al reducir la concentración de CO₂ de la atmósfera del cultivo (Watson, 1958)

Tasa Relativa de Crecimiento: No existen diferencias estadísticas entre los tres tipos de plantas durante las 28 semanas evaluadas, especialmente durante las primeras 12, cuando las hojas entre plantas diferentes no se superponen y, entonces, este índice tiene sentido fisiológico. La tendencia de la TRC a incrementar durante la fase vegetativa para, luego, disminuir hasta el pico de cosecha en numerosos cultivos (Medina y Bolívar, 1993), se presenta también en el material vegetal trabajado (Figura 2 c).

De otra parte, a pesar de que no existieron diferencias entre los tratamientos evaluados con respecto a este índice, la TRC, además de servir como una medida fundamental de la producción de materia seca, se puede usar para comparar el comportamiento de especies, la velocidad de crecimiento entre variedades o los efectos de tratamientos en condiciones estrictamente definidas. Sin embargo, al igual que las mediciones de la fotosíntesis, la TRC indica poco acerca de los factores causales que determinan su comportamiento, porque las diferencias se pueden deber a la asimilación en el área foliar, las cuales son abarcadas por la Tasa de Asimilación Neta y la Relación de Área Foliar (Beadle, 1988); de esta forma, se hace necesario analizarla en términos de sus componentes: la TAN y la RAF (Hunt, 1978) y, así, teniendo en cuenta que la TRC = TAN * RAF, es claro observar que este índice está afectado de forma sinérgica por la TAN y la RAF, aunque este último, constituida por el producto de la AFE * RPF, tiende a ser un valor relativamente constante y, entonces, la TAN contribuye marcadamente con el comportamiento cíclico y simétrico de la TRC (Figura 2).

PLANTAS DEL CULTIVO

Índice de Área Foliar: Durante los 14 periodos evaluados, no existen diferencias estadísticas entre los tres tratamientos, a excepción del periodo cuatro, donde las plantas

micropropagadas presentan un considerable aumento. En términos generales, este índice tiende a aumentar hasta el periodo seis, cuando termina la fase vegetativa e inicia la reproductiva. Sin embargo, el máximo valor se logra en el periodo ocho (semanas 15 y 16), aunque, a partir de este momento, ocurre una disminución oscilatoria muy marcada en las plantas multiplicadas mediante los sistemas *in vitro* que, para las reproducidas sexualmente, es notablemente diferente a la reducción uniforme en este índice (Figura 3 b).

Existen evidencias de que la tasa de producción de materia seca por un cultivo se incrementa a medida que el índice de área foliar aumenta, hasta un valor máximo alcanzado. Se presume que esto sucede como consecuencia de que las hojas bajas empiezan a ser sombreadas fuertemente en un alto índice de área foliar y su contribución fotosintética es menor que su respiración, previo y durante a la floración (Fiez *et al.*, 1991; Magalhaes y Montojos, 1971; Stern y Donald, 1961).

De esta forma, los actuales modelos sobre el crecimiento de cultivos asumen que la tasa de pérdida respiratoria de CO₂ es proporcional al IAF, mientras que el CO₂ fotosintético que entra aumenta, solamente, hasta el punto donde toda la luz disponible es absorbida (McCree, 1982). Esto significa que los tres materiales evaluados presentan un incremento en la respiración de crecimiento de forma simétrica y oscilatoria para las micropropagadas y continúa en las derivadas de semilla, afectando, de esta forma, al IAF.

Así, la respiración de crecimiento está acoplada a la tasa de crecimiento y, entonces, un incremento en esta última produce un aumento en la tasa de respiración de crecimiento, que puede generar un aumento en la productividad (Jeffrey, 1990).

Varios investigadores hacen notar que la producción de materia seca o eficiencia fotosintética de un cultivo depende principalmente de su IAF; sin embargo, se sugiere que el IAF es tan importante en los rendimientos obtenidos como la TAN. En algunos estudios,

se ha encontrado que las diferencias en la TAN son debidas a cambios en el autosombreamiento por diferencias en el IAF y no a cambios en la fisiología de la hoja. Así, al reducir el espacio disminuye la TAN, lo cual significa que el autosombreamiento no debe ser tan fuerte que algunas hojas de la planta lleguen a ser consumidoras. En otros estudios, la TAN se relaciona con el IAF y las diferencias de productividad encontradas entre algunas variedades aparentemente no pueden ser atribuidas a diferencias en la TAN (Valencia, 1973).

Aunque, en la mayoría de los cultivos, exista una relación inversa entre la TAN y el IAF (Watson, 1958), en los tres tipos de plantas evaluadas existe una relación directa entre estos índices, particularmente, en la fase reproductiva. Esto significa que las plantas tienden a mantener un IAF que no afecte la TAN, utilizando una estrategia de distribución foliar, pues, al pasar de hojas orientadas horizontalmente a tallos florales fotosintetizadores dirigidos en posición vertical, la orientación foliar asume gran importancia en una comunidad vegetal. De esta forma, las plantas con un follaje orientado verticalmente realizan un mejor empleo, tanto de la luz difusa, como de la directa y, además, pueden alcanzar un gran IAF antes de que intercepten totalmente la luz solar, comparado con un grupo de individuos con hojas horizontales (Leopold y Kriedman, 1975). Así, en el estado vegetativo este cultivo, de porte bajo con hojas producidas en una zona estrechamente relacionada con el suelo, es más eficiente en utilizar la luz solar en fotosíntesis que un cultivo de porte alto con hojas distribuidas sobre un amplio intervalo de altura por encima del suelo, porque una pequeña fracción de su área foliar es expuesta a intensidades lumínicas por debajo del punto de compensación o por encima del de saturación (Watson, 1958).

De otra parte, las fuertes fluctuaciones del IAF, especialmente a partir del inicio de la fase reproductiva, coinciden con el cierre del dosel y muy seguramente con aumento en el coeficiente de extinción, el cual trae como consecuencia, sombreadamiento de las hojas bajas, aumento en la humedad relativa y alta

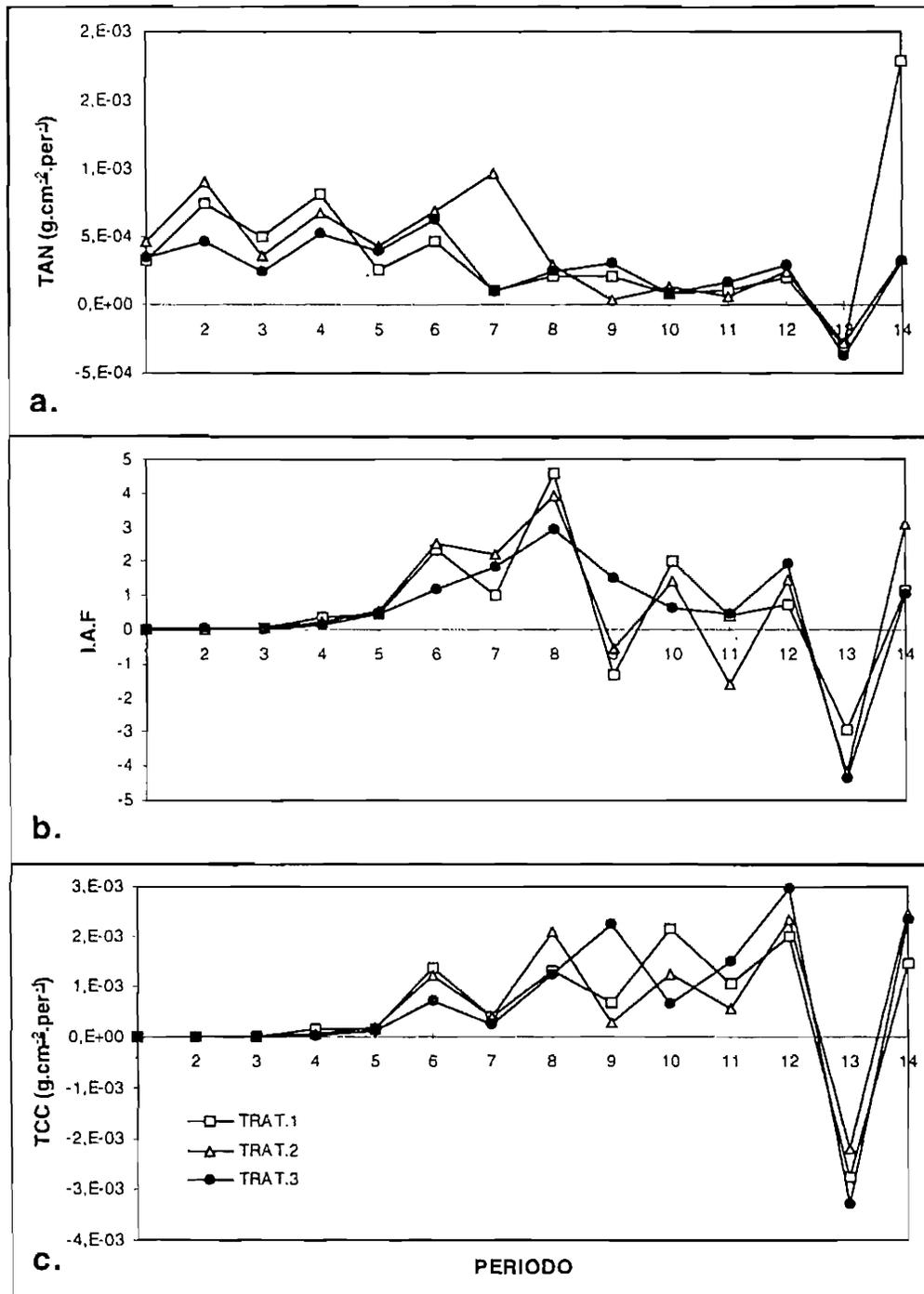


Figura 3. Relación entre: a. Tasa de Asimilación Neta Promedia, b. Índice de Area Foliar Promedia, c. Tasa de Crecimiento de Cultivo Promedia.

susceptibilidad al ataque de patógenos, situación que provoca una reducción parcial del área foliar debido a las prácticas culturales realizadas en el cultivo y, por consiguiente, una contribución al comportamiento característico de este índice (Egharevba *et al.*, 1976 ; Egli y Leggett, 1976 ; Valencia, 1973).

Tasa de Crecimiento de Cultivo: Aunque se evaluó durante las 28 semanas de observación, este índice tiene sentido fisiológico únicamente entre los periodos 6 y 13, cuando el cultivo presenta cierre en su dosel y finaliza el primer ciclo de producción floral.

Si bien, la TCC no presentó diferencias estadísticas entre los tres tipos de plantas evaluadas, es de resaltar el comportamiento simétrico e igual a la Tasa Absoluta de Crecimiento en peso, durante los periodos evaluados, que indica una eficiencia productiva de área del suelo en la producción de biomasa vegetal, de una forma fluctuante y regular que es dependiente del Índice de Área Foliar y, además, un estimativo del comportamiento en el crecimiento absoluto de las plantas como individuos (Figura 3 c). Así, la TCC utilizada para estimar la importancia relativa de la variación de sus constituyentes (IAF y TAN) ha sido más sensible al IAF que a la TAN, tal como ha ocurrido en la mayoría de las investigaciones (Beadle, 1988), presentando incrementos con aumentos en el IAF, especialmente cuando el incremento en el peso de los tallos florales es mayor y, entonces, ocurre una movilización de carbohidratos entre las fuentes y las demandas (Cooper, 1972).

En términos generales y, aunque la principal objeción al método de análisis clásico es que la variabilidad dentro de una muestra de tasas derivadas es con frecuencia grande, generando diferencias estadísticas altamente significativas (Causton, 1991), se evidencia, a través de la prueba de normalidad y el análisis de varianza realizado para cada variable de crecimiento y en cada periodo o lectura, que el modelo estadístico empleado fue el adecuado y las diferencias encontradas se deben al comportamiento fisiológico propio del material evaluado, teniendo en cuenta además la homogeneidad que presentaron las variables ambientales de tipo climático durante

el desarrollo del cultivo en las condiciones controladas de invernadero, tal como se ha evidenciado en otras investigaciones (Maldonado y Corchuelo, 1993).

CONCLUSIONES

□ Existe gran homogeneidad en el crecimiento de las plantas de estípite *L. sinuatum* Mill. cv. Midnight blue propagadas sexual y asexualmente, especialmente durante la fase reproductiva.

□ Independientemente del origen de las plantas, en este cultivar el comportamiento oscilatorio y simétrico de algunos índices de crecimiento sugiere una posible actividad fisiológica particular en la relación Fuente: Demanda.

□ La relación directa entre la TAN y la RAF muestra una estrecha coordinación entre la producción de fotosintatos y su correspondiente exportación desde los órganos fuente, dependiendo del estado de desarrollo de la planta, hacia las demandas.

□ La TRC está afectada por la TAN, mientras que la RAF tiende a ser constante como consecuencia de la relación inversa entre la RPF y el AFE.

□ La TCC está afectada directamente por el IAF, que, a su vez, incrementa por el cambio en la distribución espacial de la función fotosintetizadora de hojas orientadas horizontalmente a tallos florales dirigidos verticalmente.

□ La característica relación directa entre el IAF y la TAN, presente en pocas especies, indica que las plantas, independientemente de su origen, tratan de mantener un IAF que no altere la TAN en la fase reproductiva y mantenga, de esta forma, un crecimiento constante de sus tallos florales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la empresa de flores Agrícola la Fontana del grupo Farm Fresh Flowers, al doctor Juan Manuel Herrera R. por su colaboración técnica y logística y al doctor Jairo Clavijo, por su valioso aporte.

BIBLIOGRAFIA

- ALLARD, G., NELSON, C. y PALLARDY, S.** 1991. Shade effects on growth of tall fescue. I. Leaf anatomy and dry matter partitioning. *Crop Science* 31: 163-167.
- ASCENCIO, J. y FARGAS, J.** 1973. Análisis de crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. "Turrialba 4") cultivado en solución nutritiva. *Turrialba* 23(4): 20-428.
- ASCENCIO, J. y SGAMBATTI, L.** 1975. Análisis del crecimiento de caracas Venezolanas (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Coche, Cubagua y Tacarigua). *Agronomía Tropical* 25(2): 125-147.
- BIENKOWSKA, E. y NORWA, M.** 1994. The environmental factors affecting growth and development of *Limonium sinuatum* in mother stock and *in vitro* culture. Abstracts VIIth International Congress of Plant Tissue and Cell Culture. Firenze, Italy.
- CAUSTON, D.** 1991. Plant growth analysis: The variability of relative growth rate within a sample. *Annals of Botany* 67: 137-144.
- COOPER, C.** 1972. Growth analysis of two sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) growth types. *Agronomy Journal* 64: 611-613.
- EGHAREVBA, P., HORROCKS, R. y ZUBER, M.** 1976. Dry matter accumulation in maize in response to defoliation. *Agronomy Journal* 68: 40-43.
- EGLI, D. y LEGGETT, J.** 1976. Rate of dry accumulation in soybean seeds with varying source - sink ratios. *Agronomy Journal* 68: 371-374.
- FIEZ, T., NORBERG, O. y JOLLIFF, G.** 1991. Dry matter production and carbohydrate accumulation in three meadowfoam lines. *Crop Science* 32: 1008-1014.
- HUNT, R.** 1978. *Plant growth analysis*. 1^{ra} edición. Edward Arnold publishers Ltd., London, U.K.
- HUNT, R.** 1982. *Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis*, 1^{ra} edición. Edward Arnold Publishers Ltd. London, U.K.
- HUNT, R.** 1990. *Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners*, 1^{ra} edición. Unwin Hyman Ltd., London, U.K.
- JACKSON, J.** 1963. Relationship of relative leaf growth rate to net assimilation rate and its relevance to the physiological analysis of plant yield. *Nature* 200: 909.
- JEFFEY, S.** 1990. Respiration and yield. Páginas 163-172 en: *Respiration and Crop Productivity*.
- KEBEDE, H., JOHNSON, R., CARVER, B. y FERRIS, D.** 1992. Physiological and anatomical features of two *Triticum dicoccoides* wheat accessions differing in photosynthetic rate. *Crop Science* 32: 138-143.
- LEOPOLD, A y KRIEDMAN, P.** 1975. *Plant growth and development* 1^{ra} edición. TMH Editor, McGraw Hill.
- MAGALHAES, A. y MONTOJOS, J.** 1971. Effect of solar radiation on the growth parameters and yield of two varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turrialba* 21 (2): 165-168.
- MALDONADO, G. y CORCHUELO, G.** 1993. Dinámica de crecimiento de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). I. Análisis de crecimiento por periodos fijos. *Agronomía Colombiana*. X (2): 114-121.
- MCCREE, K.** 1982. The role of respiration in crop production. *Iowa State Journal of Research* 56 (3): 291-306.
- MEDINA, A. y BOLÍVAR, R.** 1993. Análisis de crecimiento y acumulación de nutrientes de *Gypsophila paniculata* cv. perfecta bajo condiciones de invernadero en la Sabana de Bogotá. Tesis de grado para optar al título de Biólogo. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, D.C.
- NAGESWARA, R. y WRIGHT, G.** 1994. Stability of the relationship between specific leaf area and carbon isotope discrimination across environments in peanut. *Crop Science* 34: 98-103.

- OVIDEO, Y. y GUEVARA, E.** 1988. Propagación *in vitro* de la estatícia (*Limonium sinuatum* cv. Midnight blue). *Agronomía Costarricense* 12(1): 113-122.
- RUIZ, O.** 1990. Propagación vegetativa *in vitro* del estátice (*Limonium sinuatum* Mill). Tesis de grado. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, D.C.
- SIVAKUMAR, M y SHAW R.** 1978. Methods of growth analysis in field growth soya beans (*Glycine max* L). *Annals of Botany* 42: 213-222.
- STEEL, R. y TORRIE, J.** 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos, 2^{da} edición. McGraw - Hill. Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.
- STEM, W. y DONALD, C.** 1961. Relationship of radiation, leaf area index and crop growth rate. *Nature* 189: 597-598.
- TOLLENAR, M.** 1989. Response of dry matter accumulation in maiz to temperatures : II. Leaf photosynthesis. *Crop Science* 29: 1275-1279.
- TOSHIHIKO, H.** 1986. Growth of individuals in plant populations. *Annals of Botany* 57: 57-68.
- VALENCIA, G.** 1973. Relación entre el índice de área foliar y la productividad del ca-feto. *CENICAFE* Octubre - diciembre: 79-89.
- WARREN, W.** 1981. Analysis of growth, photosynthesis and light interception for single plants and stands. *Annals of Botany* 48 : 507-512.
- WARREN, W., HUNT, R. y HAND, D.** 1986. Philosophical aspects of measurements, equations and inferences in plant growth studies. *Annals of Botany* 58 : 73-80.
- WATSON, D. J.** 1958. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. *Annals of Botany* 22(85): 37-54.
- WICKI, P.** 1992. Mikrovermehrter meerlavendel. *Deutscher gartenbau* (Germany) 46(12) : 730-733.