

7499

FISIOLOGIA DE LA YUCA

James H Cock*

//

Casi todos los datos presentados en este artículo fueron producidos bajo las condiciones del CIAT, por lo tanto los datos son muy específicos por las condiciones del CIAT, sin embargo las tendencias mostradas serán similares bajo condiciones diferentes

1. Relaciones entre tasa de crecimiento e índice de área foliar

El rendimiento de las raíces depende de dos factores La producción de materia seca de la planta y la distribución de esta materia seca entre las diferentes partes de la planta. La producción total de carbohidratos por una variedad bajo ciertas condiciones ambientales está determinada en gran parte por el índice de área foliar (IAF) y su duración Algunos autores han mostrado una relación estrecha entre el rendimiento y el IAF (Doku 1965, Sinha y Nair 1971, Cock 1976), Williams et al 1969 sugirieron que si las hojas fueran estrechas y verticales, la distribución de la luz en la canopia al medio día sería mejor y por lo tanto la tasa de crecimiento más grande. Sin embargo Cock 1976, mostro que el ángulo de la hoja y el ancho de la hoja no tuvieron ningun efecto sobre la tasa de crecimiento Se sembraron dos variedades en el CIAT, M Col 1148 con un ángulo foliar de 40° y M Col 12 con un ángulo de 23° medido del horizonte al medio día Se cambio el IAF por medio de poda de hojas y se recogieron todas las hojas caídas para determinar la producción total de materia seca durante un período de dos meses La tasa de crecimiento se aumento con cada incremento del IAF y dió un valor de 100 gm⁻² semana⁻¹ y un IAF de 4 En la fig 1 se observa que las diferencias entre las variedades son pequeñas, sin embargo M Col 1148 siempre dió una tasa de crecimiento 10% más alta que la M Col 12 Segun datos de modelos las hojas verticales solo son ventajosas cuando el IAF es mayor que 3 Cuando este es menor que 2, la tasa de crecimiento para un IAF dado, es menor

* Fisiologo, Lider del programa

cuando las hojas son más verticales (Duncan et al 1967), por lo tanto no creemos que las diferencias entre estas dos variedades sean debidas a las diferencias en ángulo de las hojas. En un ensayo diferente se sembró la variedad M Col 113 en un diseño sistemático y también se obtuvo una tasa de crecimiento de unos $100 \text{ gm}^{-2} \text{ semana}^{-1}$ a un IAF de 4 (fig 2). Cuando el IAF fué mayor que 4 hubo una disminución en la tasa de crecimiento que se supone fué debido a una vida de hoja más corta que resulto en una proporción alta de hojas tiernas con baja tasa de fotosíntesis. En otros ensayos la tasa de crecimiento máxima obtenida ha sido de alrededor de 100 hasta $120 \text{ gm}^{-2} \text{ semana}^{-1}$ (CIAT 1972). Por consiguiente el IAF es supremamente importante en la determinación de la tasa de crecimiento y otros factores, tales como ángulo de la hoja y ancho de la hoja, son de menor importancia. Además la diferencia entre variedades en la relación entre IAF y tasa de crecimiento es pequeña. En resumen se puede decir que el desarrollo del IAF con el tiempo controlará la tasa de crecimiento del cultivo.

2 Índice de Area Foliar

El IAF tiende a aumentarse hasta 6 meses después de la siembra y después baja (fig 3), sin embargo las variedades muestran diferentes máximos de IAF y estos índices de área foliar son en general menores que el óptimo para tasa de crecimiento máxima de más o menos 4. Se trató de aumentar el IAF por medio de cambios en la población de plantas. Las variedades vigorosas mostraron intercepción de la luz más o menos baja, desde 5 000 hasta 40 000 plantas por hectárea que sugiere que el IAF tampoco cambió. Con las variedades menos vigorosas tales como Mex 11 y M Col 22 se observó una tendencia a aumentar la intercepción de la luz e índice de área foliar al aumentar la población de plantas (fig 4). Estos datos nos sugirieron iniciar estudios más intensos para estudiar el desarrollo de índice de área foliar. Los factores que definen el IAF son

- 1 Tamaño de la hoja
- 2 Numero de hojas formadas por ápice

3 Número de ápices por unidad de área de tierra

4 Longevidad de las hojas

El tamaño de la hoja de CMC 84 aumentó 4 meses después de la siembra y después disminuyó (fig 5) Esta variedad es de vigor mediano con un tipo de ramificación intermedio y pensamos que la disminución en el tamaño de la hoja está relacionado con el aumento de número de ramas Sin embargo se mostró la misma tendencia en M Col 1120 que no produce ninguna ramificación y en la variedad Llanera que tiene muchas ramas (fig 6) La disminución en el tamaño de las hojas ocurre al mismo tiempo que empieza el engrosamiento de las raíces, sugiriendo que posiblemente el tamaño de la hoja se reduce ante la alta demanda de carbohidratos por raíces

El descortezamiento de la base del tallo de M Col 22 para eliminar el efecto de la demanda de carbohidratos de las raíces no tuvo ningún efecto sobre el tamaño de hojas (72 cm² en testigos y 78 cm² en plantas tratadas) dos meses después del tratamiento Similarmente el sombreamiento artificial de las plantas para reducir el carbohidrato disponible y expansión de las hojas no tuvo ningún efecto sobre el tamaño de las mismas Con sombra de 50% por dos meses el tamaño de la hoja fue de 60 cm² y en los testigos fue de 56 cm² Por lo tanto se puede decir que el tamaño de la hoja aumenta hasta 4 meses de edad de la planta, después baja Esta tendencia es independiente de la expansión de las raíces y de la forma de ramificación y el tamaño máximo obtenido por una hoja es una característica varietal La tasa de formación de hojas por ápice de dos variedades, M Col 113 y M Col 22 disminuyó con el tiempo (fig 7) y la diferencia entre las dos variedades es mínima En otros ensayos con 5 variedades se encontró la misma tendencia y tampoco se encuentran diferencias varietales (fig 8) Ensayos hechos por el Dr Irikura en CIAT, muestran que la tasa de formación de hojas depende de la temperatura, pero cuando la temperatura promedio es más que 24° hay poca diferencia entre variedades y siempre existe la tendencia de una disminución de la tasa de formación con el tiempo La longevidad de la hoja se acorta cuando la hoja está expuesta bajo sombra (Rosas, Cock, Sandoval 1976), cuando se aumento la

poblacion de plantas se aumentó el IAF y por efectos de sombra se disminuyo la longevidad de la hoja (fig 9) y cuando por medio de poda de las hojas se redujo el IAF se aumentó la longevidad de hojas Se sembraron 5 líneas bien espaciadas y se midió la longevidad de las hojas durante casi todo el ciclo de crecimiento, la variedad CMC 9 siempre tuvo mayor longevidad de hojas que las otras variedades (fig 10) Las diferencias no se deben a diferencias en sombra porque la variedad CMC 84 tiene mas o menos el mismo vigor que la CMC 9 pero mostró una vida de hoja muchísimo mas corta Además la longevidad de la hoja no cambió con el tiempo como se esperaría si el IAF hubiera alcanzado un nivel suficientemente alto para dar sombra a las hojas mas viejas En otro ensayo se hizo descortezamiento, para prevenir la translocación de carbohidratos y minerales de las hojas hacia las raíces, sin tener ningun efecto sobre longevidad de las hojas (Cock, Rosas y Sandoval 1976) Datos de Irikura en CIAT, mostraron que con temperaturas mas bajas la longevidad de las hojas es mayor En resumen se puede decir que la longevidad de la hoja es una característica varietal que puede ser modificada por medio de temperatura y efectos de sombra pero que es independiente de la expansión de las raíces El número de ápices por unidad de área de tierra es determinado por la poblacion de plantas y la ramificacion Básicamente hay dos tipos de ramificación 1º La ramifiacion reproductiva y 2º los chupones En el primer caso el ápice llega a ser reproductivo y 2, 3, o 4 brotes axilares directamente bajo el apice se desarrollaron y formaron ramas de un tamaño con el cual cada uno es casi igual al otro Los chupones tienden a alargarse con entrenudos largos y poca área de hoja por nudo y por lo tanto son ineficientes en términos de utilización de energía por la formación de hojas nuevas Esta hipotesis se confirmo con la variedad CMC 84 al aumentarse el rendimiento cuando se hizo poda de chupones Las ramas reproductivas no tienen que desarrollarse bajo condiciones de sombra Hay grandes diferencias varietales en el tipo de ramificación, tal como la M Col 1120 que siempre es vegetativa y nunca produce ramas reproductivas

3 Relacion entre crecimiento de las raíces y de los tallos

Hasta el momento hemos hablado detalladamente del desarrollo de la

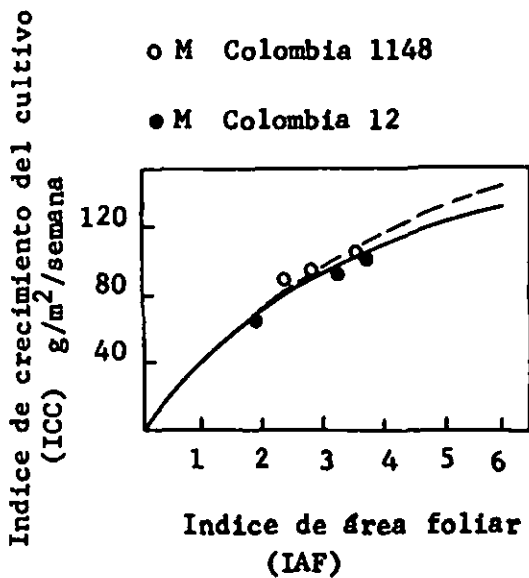


Figura 1 Índice de crecimiento del cultivo (ICC) e Índice foliar (IAF) de un tipo de planta con hojas caídas (M Colombia 1148) y de un tipo de planta con hojas que se desarrollan horizontalmente (M Colombia 22)

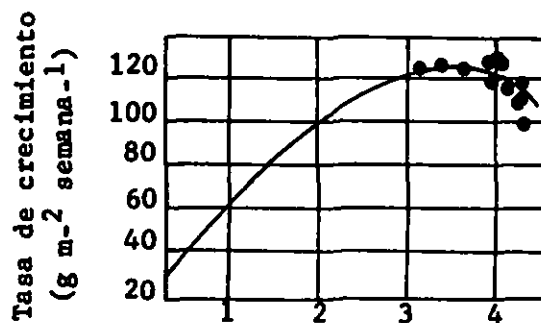
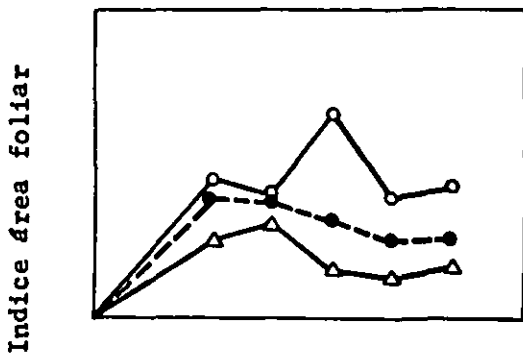


Figura 2 Índice de crecimiento de la variedad M Colombia 113 como una función del IAF

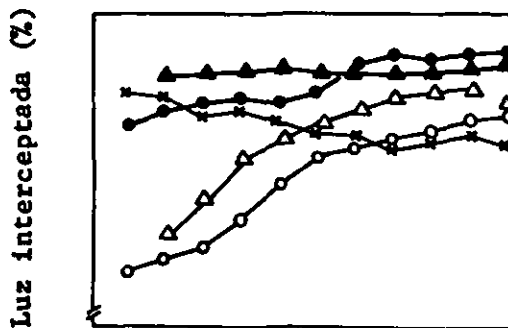
- o M Colombia 113
△ M Colombia 22
● Promedio 16 variedades



Días después de la siembra

Figura 3 Índice de área foliar de M Colombia 113 y M Colombia 22, comparadas con el promedio de otras 16 variedades

- △ M México 11
o M Colombia 22
x M Colombia 1467
▲ M Colombia 1080
● M Colombia 1438



Miles de plantas/ha

Figura 4 Relación entre interceptación de luz y población de plantas en un día nublado, a los 4 1/2 meses después de la siembra

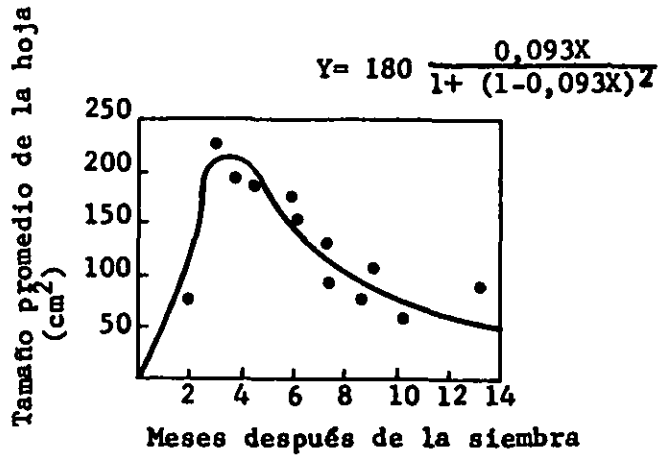


Figura 5 Tamaño de la hoja de la variedad CMC-84 medido en diferentes épocas después de la siembra B-12

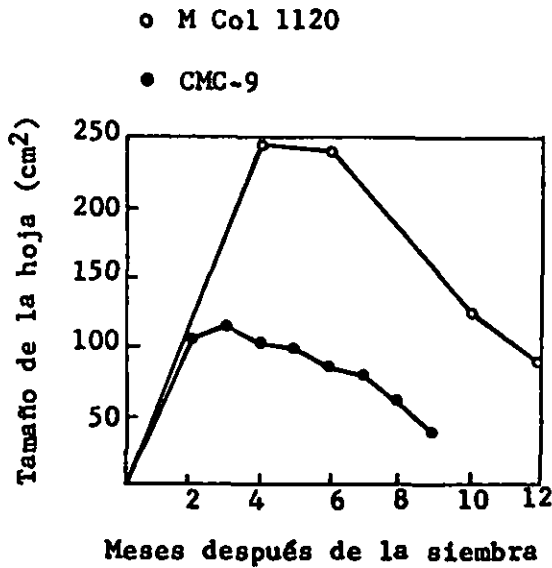


Figura 6 Area foliar por hoja de las variedades CMC-9 (muy ramificada) y M Colombia 1120 (no ramificada)

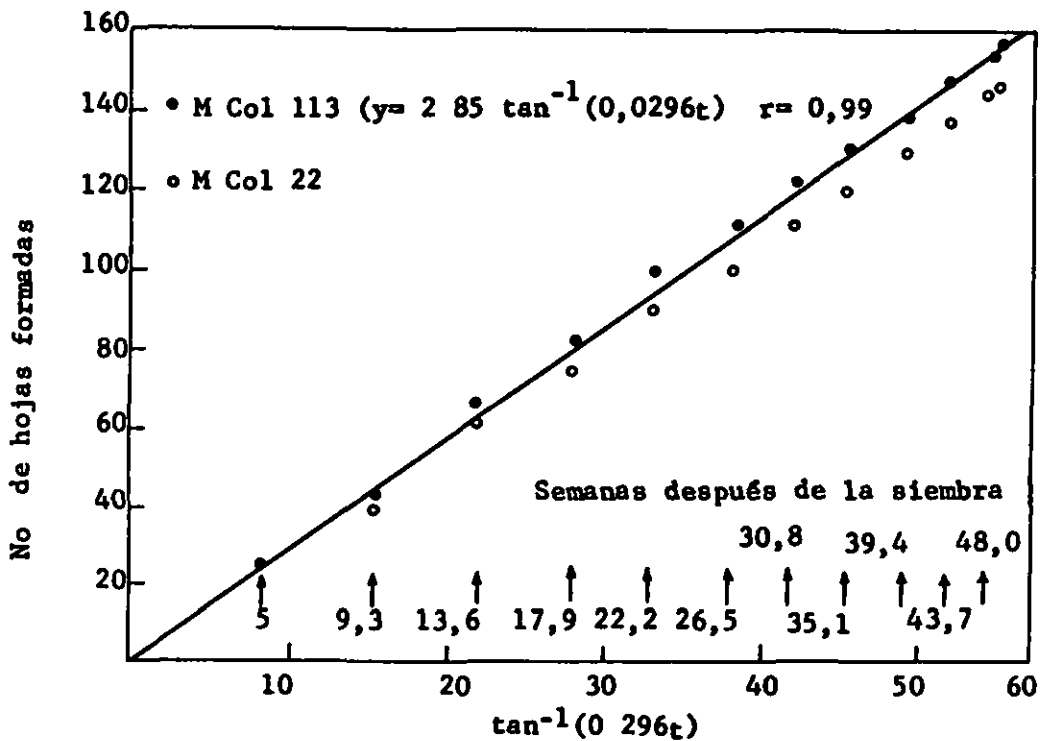


Figura 7 Número de hojas producido por ápice por las variedades M Colombia 113 y M Colombia 22

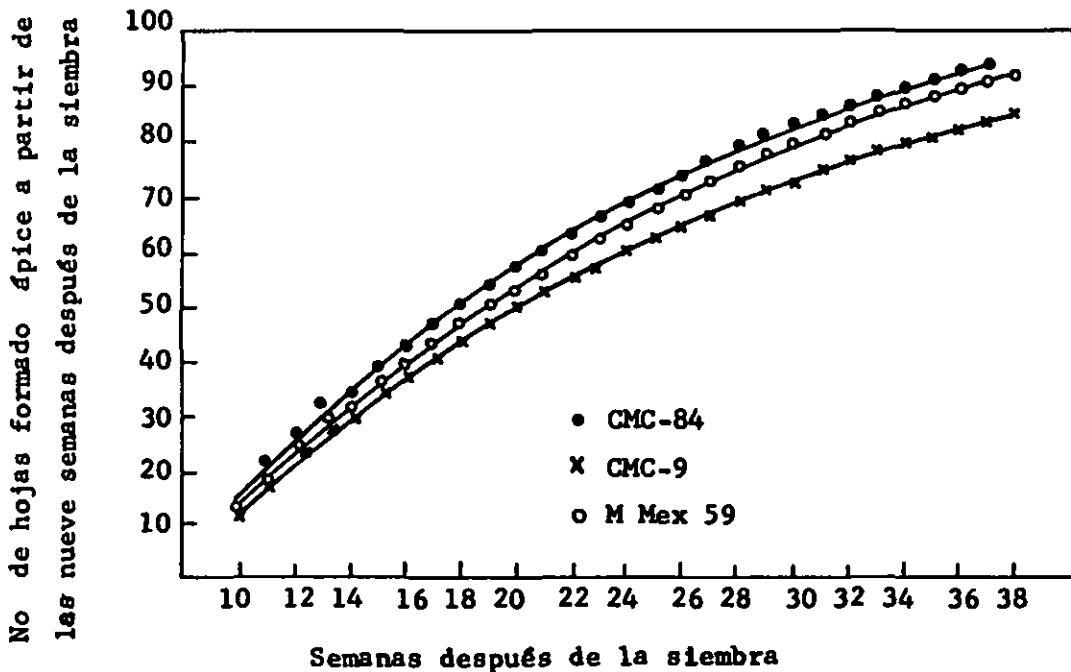


Figura 8 Número total de hojas producidas por ápice, nueve semanas después de la siembra, con plantas espaciadas

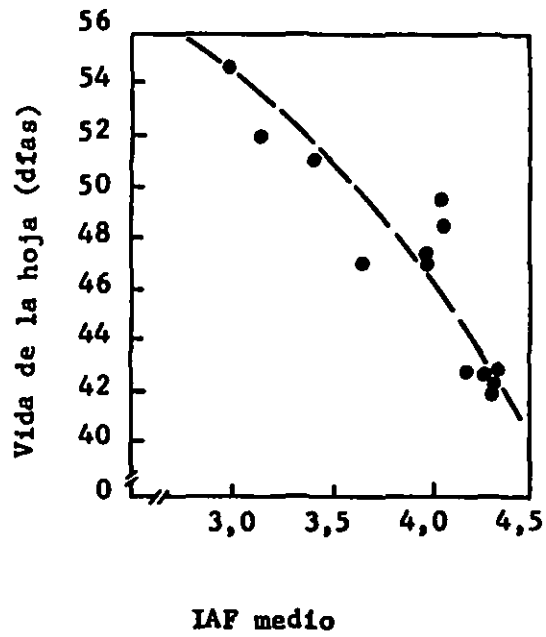


Figura 9 Vida foliar de la variedad M Colombia 113 como función del IAF medio, durante las seis semanas posteriores a la formación de las hojas

parte aérea de la planta, sin embargo la relación entre las raíces y la parte aérea de la planta es de gran importancia.

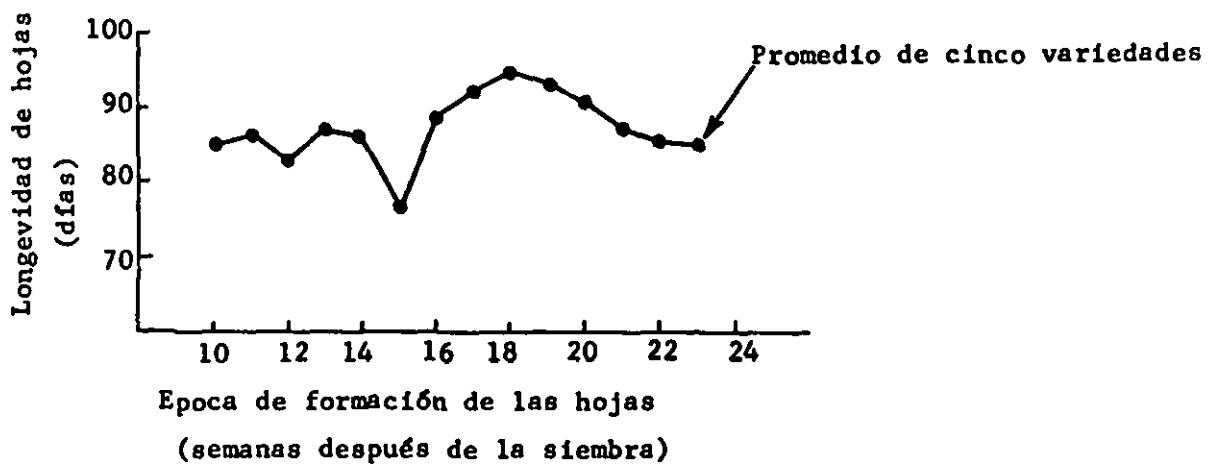
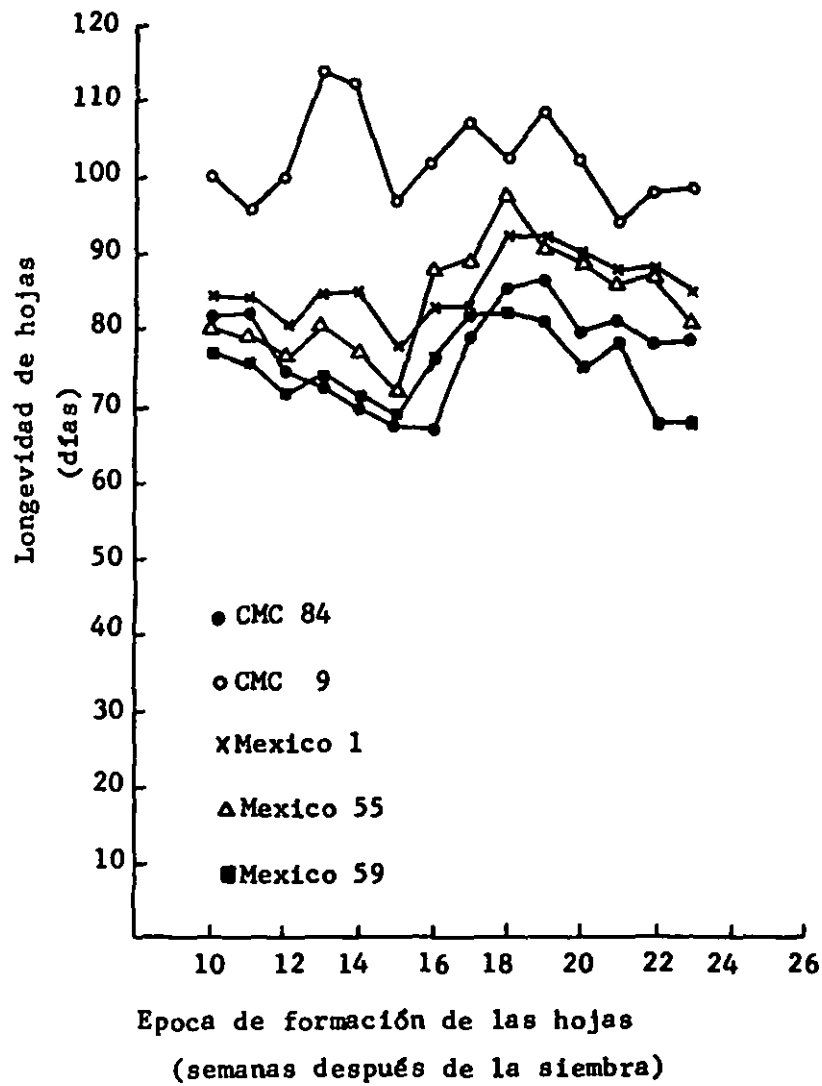
En ensayos de poda de raíces con CMC 84 para reducir la capacidad de engrosamiento de las raíces no se obtuvo ningún efecto sobre el crecimiento del tallo (fig 11) También cuando plantas de 5 meses de edad fueron puestas bajo sombra que redujo la radiación en 50% no hubo ningún efecto grande sobre crecimiento del tallo, mientras que el aumento de peso de raíces se redujo en un 35%. Estos datos sugirieron una hipótesis que es que el crecimiento de los tallos es independiente del crecimiento de las raíces y tiene preferencia sobre el crecimiento de las raíces, es decir que las raíces solo engrosan cuando hay carbohidratos que no son necesarios a la parte aérea

Se ha reportado que en algunos cultivos la capacidad de los órganos de almacenamiento puede ser limitada y en tal forma regula el crecimiento del órgano mismo y/o el crecimiento de la planta entera. En el ensayo antes reportado cuando se redujo el número de raíces, bajo el rendimiento, pero la disminución del rendimiento de 10.3 a 8.1 raíces por planta fue pequeña. En otro ensayo con M Col 22, una variedad que tiene más raíces que CMC 84 no se notó ninguna disminución de rendimiento cuando se redujo el número de raíces de 12.9 hasta 8.3. Esto implica que cuando el número de raíces por planta es menor que 9, la capacidad de las raíces como receptores de carbohidratos puede limitar el rendimiento de las raíces y también el crecimiento total de la planta.

EL TIPO IDEAL DE LA YUCA

En la primera parte se discutieron los factores que controlan la formación de Índice de Área Foliar, la relación entre tasa de crecimiento e IAF y las interacciones entre estos diferentes factores. En esta parte se discutirá cómo se pueden cambiar diferentes características para optimizar el rendimiento.

Figura 10 Longevidad de hojas de cinco variedades en función del tiempo después de la siembra (plantas espaciadas)



La M Col 113 fué sembrada en un diseño sistemático y durante la época de 5 hasta 6 $1/2$ meses la relación entre aumento de peso de raíces e IAF fue investigada (fig 12) El aumento de peso de raíces baja muy rápidamente cuando hay un IAF de mas de 4 La razón por la cual se baja cuando el IAF aumenta es bastante obvia pues la planta debe gastar mucha energía para mantener un IAF grande que no deja ningun exceso de carbohidratos para formación de raíces

En el CIAT el Dr Franklin y yo hemos desarrollado un modelo dinámico de la yuca que simula el crecimiento de la planta, uno ya puede visualizar como sería la planta ideal de yuca Es obvio respecto a la fig 12 que una de las primeras necesidades es llegar a un IAF de aproximadamente 3- 3.5 y mantenerlo El problema es que la tasa de formación de hojas por ápice y el tamaño de la hoja tienden a bajar con el tiempo causando una disminución en IAF Segun datos de nuestro modelo si la planta tiene ramificaciones a las 30 y 45 semanas para aumentar el numero de apices se puede mantener un IAF mas o menos constante después de la época de su formación Si hay ramificaciones muy temprano el IAF desarrollado es demasiado grande

Otro factor que es muy importante es tener un IAF de 3 a 3.5 debido a hojas de vida larga no corta Así la planta puede mantener su área foliar sin gastar mayores cantidades de energía en formación de hojas Segun nuestros datos se puede pensar en una vida por hoja de mas o menos 15 semanas como el ideal El modelo muestra que una vida mas larga aumentaría la producción aun mas pero en el campo a donde existen enfermedades y plagas es difícil visualizar las hojas que pudieran existir por mucho mas de 15 semanas

Un factor que influye mucho en la formación de área foliar es el tamaño de la hoja Una planta con hojas grandes cubrira la tierra y formará un follaje mas rápido que una planta con hojas pequeñas Por lo tanto a primera vista parece como característica deseable tener hojas grandes

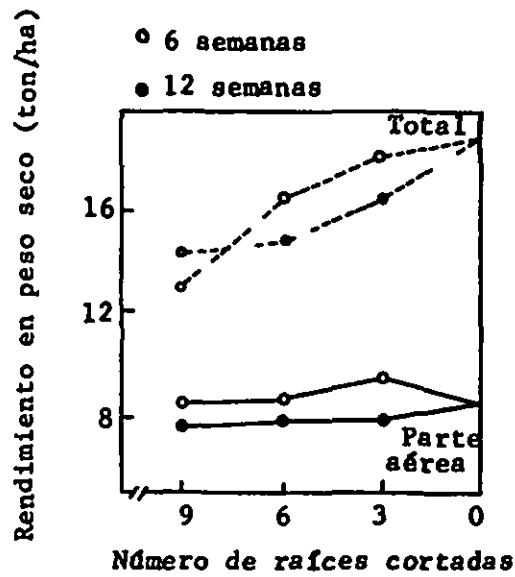


Figura 11 Rendimiento de materia seca de las raíces y del total de la planta con diferente número de raíces gruesas en M Colombia 1513, en la sede del CIAT

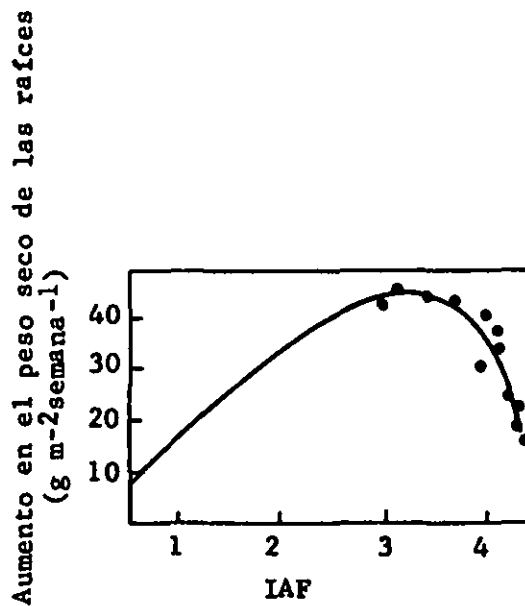


Figura 12 Aumento en el peso de las raíces de la variedad M Colombia 113 como función del IAF

