

Agronomía Tropical 25(2): 125-147. 1975

**ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO EN TRES CULTIVARES DE CARAOTAS VENEZOLANAS (*Phaseolus vulgaris* L. cv 'Coche', cv 'Cubagua', cv 'Tacarigua'), EN CONDICIONES DE CAMPO**

Jocelyne Ascencio\* y L. Sgambatti\*

\*Facultad de Agronomía,  
Universidad Central de Venezuela, Maracay.

---

## **INTRODUCCION**

Las características diferenciales entre cultivares de una misma especie deben de establecerse a través de ensayos que permitan determinar los aspectos resaltantes de cada uno de ellos. Como no se encontró en la bibliografía (2) (4), un trabajo detallado para comparar las características fisiomorfológicas de los principales cultivares de caraota cultivadas en Venezuela (*Phaseolus vulgaris* L. cv 'Coche', cv 'Cubagua', cv 'Tacargua'), hemos creído que podría ser un aporte positivo al estudio de estas leguminosas hacer un análisis del crecimiento que permitiera interpretar el comportamiento de estas plantas a través de su ciclo de crecimiento.

## **OBJETIVOS**

El presente trabajo tiene por objeto comparar las características fisiomorfológicas de los cultivares 'Coche', 'Cubagua' y 'Tacarigua' a través de la interpretación de los índices de crecimiento.

## **MATERIAL Y METODOS**

Se utilizaron semillas de caraota negra de la Sección de Semillas del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP) del M.A.C. en Maracay.

El ensayo se localizó en el campo experimental del CENIAP de Maracay en una parcela de 30 x 17 m. (610 m<sup>2</sup>), surcándose el terreno a 70 cm. Se hicieron un total de 40 hileras con 142 plantas cada una.

La siembra se realizó a mano, previo riego de asentamiento, colocando dos semillas por punto. El área ocupada por planta fue de 0,0560 m<sup>2</sup> El riego se hizo por gravedad dos veces por semana.

En un diseño al azar se muestreó aleatorizando entre las hileras y dentro de ellas por sorteo para n = 10 plantas. El procedimiento se repitió para cada variedad cada cinco (5) días no muestreando las hileras de bordura.

Una vez cosechadas, las muestras se separaron en raíces, tallos, hojas y frutos (si los hubiere)

determinándose el área foliar mediante la impresión de las hojas en papel heliográfico. Seguidamente las muestras se llevaron a estufa por 72 horas cuando fueron pesadas en una balanza con precisión de 0,1 mg.

*Determinación del área foliar:* Se realizó la impresión de todas las hojas de cada una de las plantas muestreadas. El papel heliográfico se colocó sobre una lámina de madera de 102 x 97 cm. que sirvió como soporte. Esta lámina se expuso a la luz solar durante 5 seg. aproximadamente y para evitar el desplazamiento de las hojas se cubrió en plástico transparente fijado con grapas mientras se realizaba esta operación. El revelado se realizó en la forma usual con vapores de amoníaco (10 min. aprox.) tomándose la precaución de que el papel no entrara en contacto con el líquido en la base del recipiente. Una vez revelado, se procedió a recortar y pesar las hojas determinándose el área a través de la relación peso-área con un patrón conocido de papel heliográfico ( $1 \text{ cm}^2 = 0,0089 \text{ g.}$ ). Los resultados del área foliar por planta corresponden a la media del área foliar de las 10 plantas muestreadas para cada cultivar.

## **ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO**

Para la interpretación cuantitativa del crecimiento, se utilizaron los siguientes índices:

### 1. Componentes Morfológicos del Crecimiento:

1. a. Razón de Area Foliar (RAF)
1. b. Razón de Peso Foliar (RPF)
1. c. Area Foliar Específica (AFE)
1. d. Índice de Area Foliar (IAF)

### 2. Componentes Fisiológicos del Crecimiento:

2. a. Índice de Crecimiento Relativo (ICR)
2. b. Índice de Crecimiento Relativo del Area Foliar (ICRA)
2. c. Índice de Asimilación Neta (IAN)
2. d. Parámetro Alfa ( $\alpha = \text{ICR}/\text{ICRA}$ ).

Los detalles para el cálculo de estos índices se especifican en la bibliografía (3), (6) y (8).

## **RESULTADOS**

En la figura 1 se muestran los promedios semanales de temperatura, radiación solar y humedad relativa. En ensayo se inició el 10-2-73 y finalizó el 19-4-73 cuando las hojas de casi todas las plantas mostraron senescencia.

Consideraciones generales: la germinación fue del 100% para las tres variedades y la floración se presentó a los 38 días de edad (aparición de botones florales) para más del 50% de la población. El aspecto de la planta fue saludable presentando únicamente un leve ataque de *Empoasca* sp. al final del ciclo que se controló con aspersión de Dimethoate al 40% (1 cc/litro). total con la edad

con la correspondiente desviación típica y el coeficiente.

En el Cuadro 1 y en la figura 2 se presenta el aumento en peso seco de variación en cada muestreo, y en la figura 3 las curvas de crecimiento para hojas y tallos de cada variedad. Como puede observarse en el Cuadro 1 el peso seco total de las plantas presenta una gran variabilidad hacia el final del ciclo (53, 58 y 63 días de edad) comparado con los períodos anteriores; lo mismo sucede con el área foliar total por planta que se presenta en el Cuadro 2. Hacia el final del ciclo hay una gran variabilidad en el área foliar de los cultivares 'Coche' y 'Cubagua'; en el cultivar 'Tacarigua' se observe una mayor homogeneidad en el área foliar de las plantas a través del ciclo.

Las curvas de variación en peso seco total (Fig. 2) y en peso seco de hojas y tallos (Fig. 3), muestran aproximadamente la misma tendencia en los tres cultivares estudiados, siendo en todos los casos el peso seco de las hojas superior al de los tallos. No aparece por separado el peso seco de las raíces ya que al cosechar sólo logró extraerse la raíz principal de las plantas.

En el Cuadro 3 se observa la Intensidad Absoluta de crecimiento en gramos netos producidos por día donde se presentan fluctuaciones muy marcadas a partir de la aparición de las flores, en especial para el cv 'Coche' que presentó un gran aumento en peso seco entre los 48 y los 53 días de edad, debido a la mayor producción de frutos.

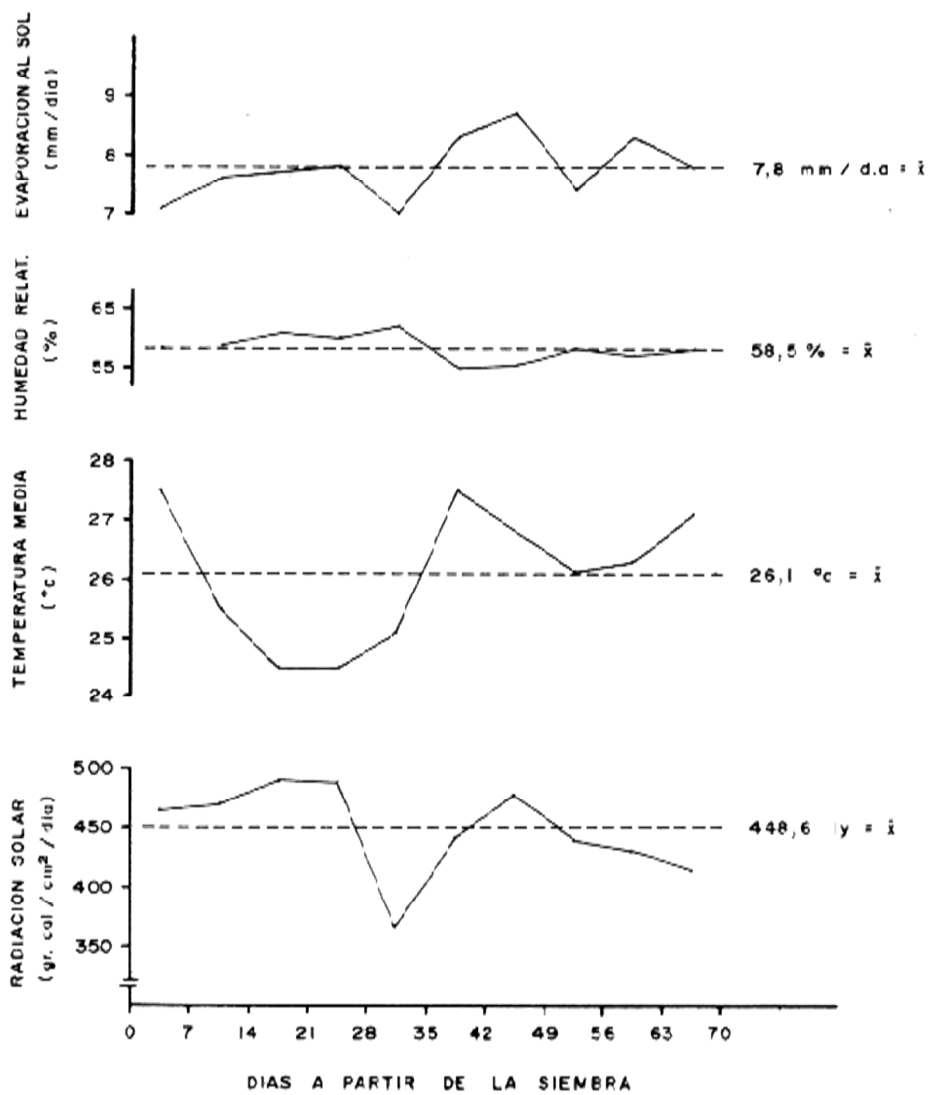


Fig. 1. Promedios semanales de Temperatura, Radiación Solar y Humedad relativa durante el ciclo del cultivo. (Datos Estación Meteorológica CENIAP, Maracay).

**CUADRO 1. Valores promedios del peso seco total durante el ciclo del cultivo de plantas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) cv 'Coche', cv 'Cubagua' y cv 'Tacarigua' Se da la desviación típica (s) y el coeficiente de variación para cada muestreo. (n = 10 plantas).**

EDAD Días	COCHE			CUBAGUA			TACARIGUA		
	Peso seco (g)Total	s	C V %	Peso seco (g)Total	s	CV%	Peso seco (g)Total	s	CV%
13	0,26	± 0,07	27,2	0,27	± 0,06	24,2	0,36	± 0,09	23,4
18	0,73	± 0,18	25,08	0,78	± 0,21	26,5	0,89	± 0,19	21,7
23	1,69	± 0,40	23,6	1,72	± 0,47	27,5	1,85	± 0,34	18,2
28	3,12	± 0,59	18,9	3,06	± 0,65	21,1	4,12	± 1,07	25,8
33	6,40	± 2,35	36,7	5,75	± 2,88	50,0	6,55	± 1,19	18,1
38	8,89	± 2,42	25,2	7,40	± 2,06	27,8	6,94	± 1,95	28,0
43	16,24	± 5,13	31,9	12,39	± 1,72	13,89	12,25	± 1,87	15,26
48	16,31	± 5,24	32,15	15,17	± 4,88	32,15	14,42	± 2,50	17,31
53	31,78	± 12,04	37,88	19,99	± 3,29	16,46	15,86	± 6,03	38,04
58	26,39	± 6,63	25,12	26,98	± 8,71	32,29	21,94	± 6,38	29,06
63	33,13	± 16,26	49,09	23,05	± 8,33	36,16	20,10	± 6,09	30,32

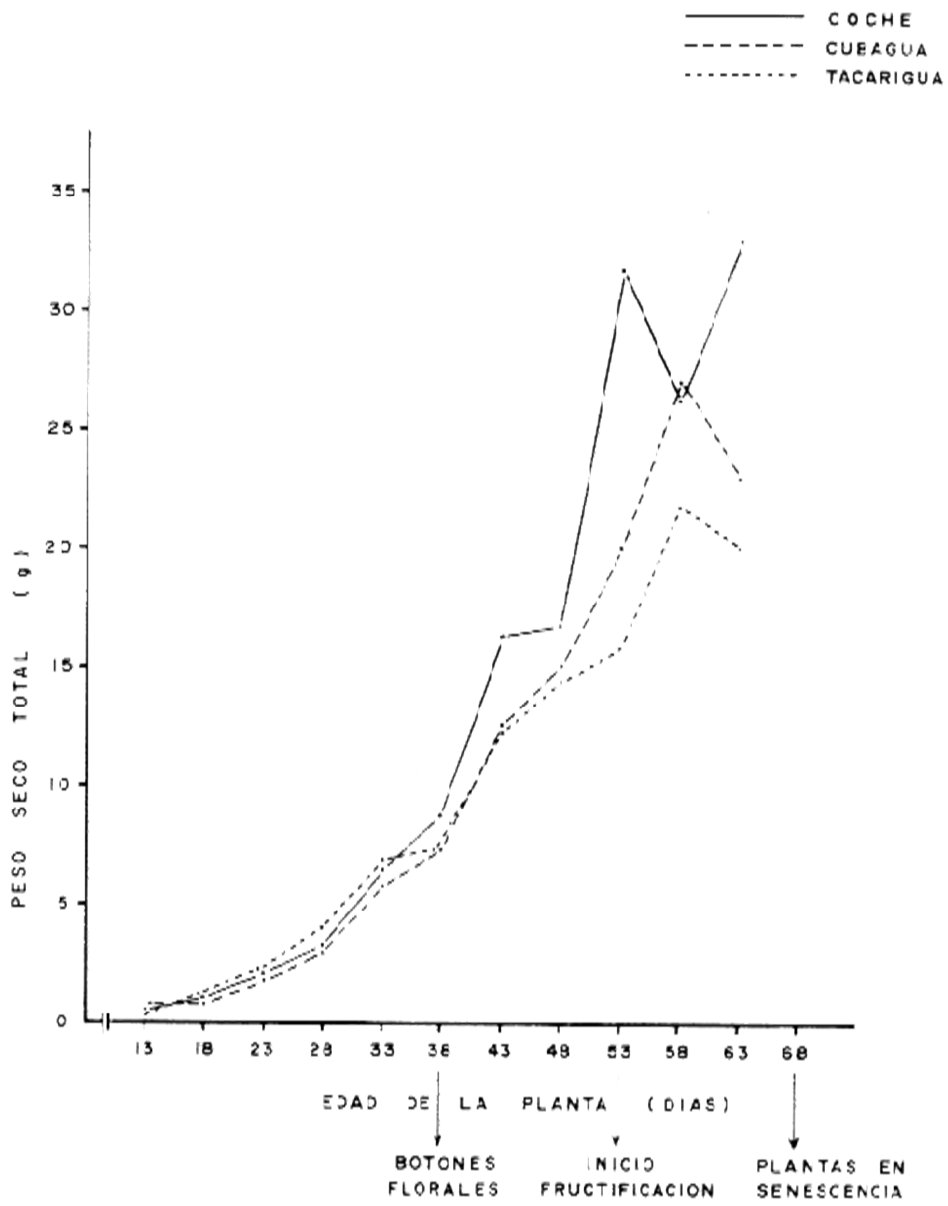


Fig. 2. Variación en el peso seco total en gramos por planta para el ciclo de vida de tres cultivares de caota: 'Coche', 'Cubagua' y 'Tacarigua' en relación con la edad. (Datos promedio de 10 plantas).

**CUADRO 2. Valores promedios del Area Foliar total durante el ciclo del cultivo de plantas de caraota *Phaseolus vulgaris* L. cv 'Coche, cv 'Cubagua' y cv 'Tacarigua'. Se da la desviación típica (s) y el coeficiente de variación (cv) para cada muestreo. (n = 10 plantas).**

EDAD	COCHE			TACARIGUA			CUBAGUA		
	Días	Area Foliars (cm <sup>2</sup> )	CV%	Area Foliar (cm <sup>2</sup> )	s	CV%	Area Foliar (cm <sup>2</sup> )	s	CV%
13	0,38	± 0,11	29,7	0,43	± 0,10	22,5	0,66	± 0,18	27,1
18	120,87	± 33,14	27,4	115,73	± 33,88	29,3	142,45	± 29,67	20,8
23	255,26	± 47,01	18,41	258,52	± 85,74	33,16	272,45	± 37,82	13,87
28	557,63	± 141,56	25,38	454,54	± 90,68	19,95	585,78	± 168,18	28,71
33	1096,69	± 439,83	40,10	866,40	± 453,63	52,36	1013,02	± 171,01	16,88
38	1370,51	± 350,85	25,6	1274,16	± 245,63	19,28	1136,37	± 307,01	27,02
43	2090,08	± 675,07	32,29	1680,54	± 284,49	16,88	1545,55	± 267,18	17,29
48	2459,56	± 759,83	30,89	2242,43	± 555,26	24,76	1947,00	± 273,42	14,04
53	3194,56	± 1326,93	41,54	2354,38	± 491,43	20,87	1507,77	± 442,00	29,32
58	2447,23	± 546,03	22,31	2464,53	± 1179,90	47,88	1893,20	± 523,71	27,66
63	1632,37	± 1280,76	78,46	1681,51	± 526,87	31,33	1642,81	± 305,89	18,62

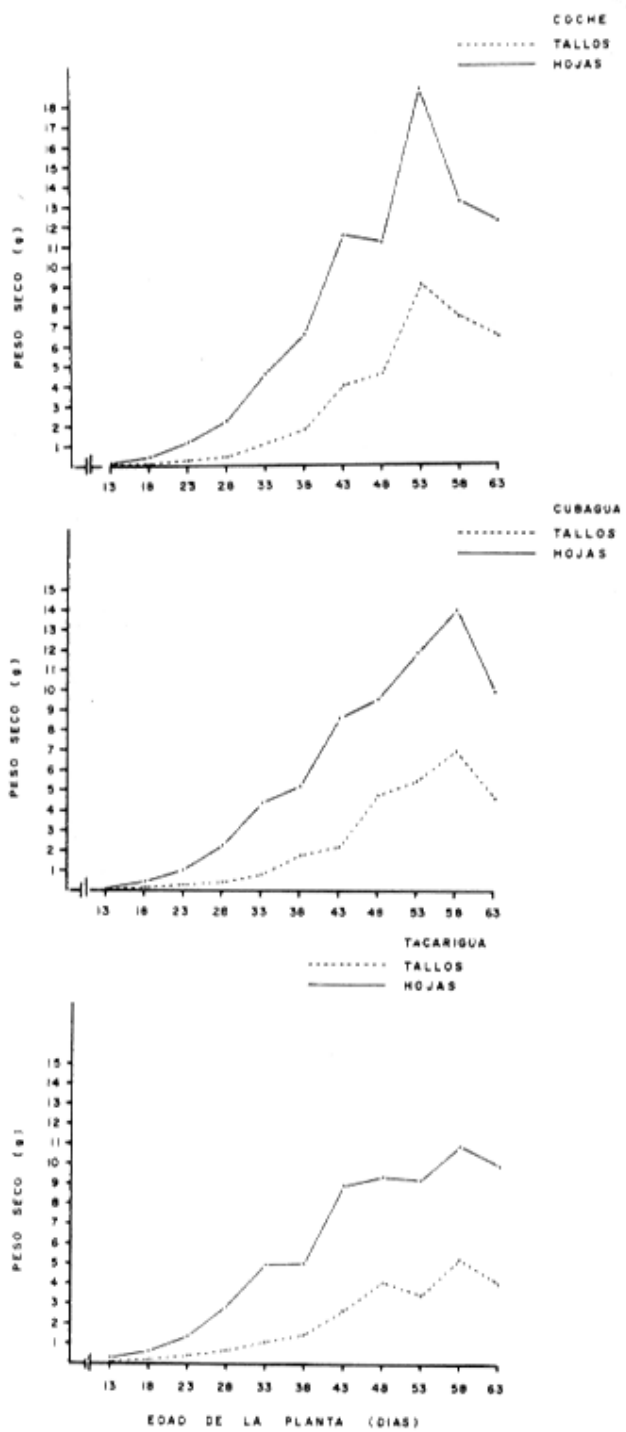


Fig. 3. Variación en el peso seco (g) de hojas y tallos en el cv Coche' (arriba), 'Cubagua' (centro) y 'Tacarigua' (abajo).



**CUADRO 3. Variación de la Intensidad Absoluta de Crecimiento (IAC), Intensidad Absoluta de Crecimiento del Area Foliar (IACA), Area Foliar Específica (AFE), Espesor de Hojas (1/AFE), Índice de Area Foliar (IAF) y Coeficiente  $\phi$  ( $\phi = ICR/ICRA$ ) en los cultivares 'Coche', 'Cubagua' y 'Tacarigua' de caraota negra en relación con la edad. (Datos promedio de 10 plantas para cada cultivar).**

**COCHE**

Días	IAC g/día	IACA cm <sup>2</sup> /día	1/AFE cm <sup>2</sup> /g	IAF g/cm <sup>2</sup>	IAF m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	.
0-13	-	-	2,198	0,45	0,00	-
13-18	0,094	24,098	236,066	0,0042	0,22	0,179
18-23	0,192	26,881	212,196	0,0047	0,46	1,128
23-28	0,286	60,472	242,450	0,0041	0,99	0,789
28-33	0,656	107,811	231,369	0,0043	1,96	1,067
33-38	0,498	54,764	210,201	0,0048	2,45	1,467
38-43	1,470	143,914	181,588	0,0055	3,73	1,429
43-48	0,014	73,883	222,983	0,0045	4,39	0,030
48-53	3,094	147,009	169,832	0,0059	5,70	2,558
53-58	1,078	-149,463	184,836	0,0056	4,37	0,698
58-63	1,348	-162,972	132,497	0,0075	2,91	-0,556

**CUBAGUA**

.

0-13	-	-	2,398	0,417	0,00	-
13-18	0,102	23,060	209,280	0,0048	0,21	0,188
18-23	0,188	28,557	220,768	0,0045	0,46	0,981
23-28	0,268	39,203	204,746	0,0049	0,81	1,018
28-33	0,538	82,372	196,017	0,0051	1,55	1,047
33-38	0,330	81,552	241,317	0,0042	2,28	0,649
38-43	0,998	81,278	194,058	0,0052	3,00	1,873
43-48	0,556	112,377	232,136	0,0043	4,00	0,690
48-53	0,964	23,390	196,526	0,0051	4,20	55,000
53-58	1.398	22,029	175,661	0,0057	4,40	11,111
58-63	-0,786	-156,603	168,151	0,0059	3,00	0,403

.

**TACARIGUA**

.

0-13	-	-	2,684	0,373	0,00	-
13-18	0,106	28,358	232,755	0,0043	0,25	0,168
18-23	0,192	26,025	210,479	0,0048	0,49	0,225
23-28	0,544	62,641	203,394	0,0049	1,05	1,046
28-33	0,486	85,448	204,237	0,0050	1,81	0,846
33-38	0,078	24,671	227,274	0,0044	2,03	0,522
38-43	1.062	81,837	173,268	0,0058	2,76	1,869
43-48	0,434	80,290	208,013	0,0048	3,48	0,717

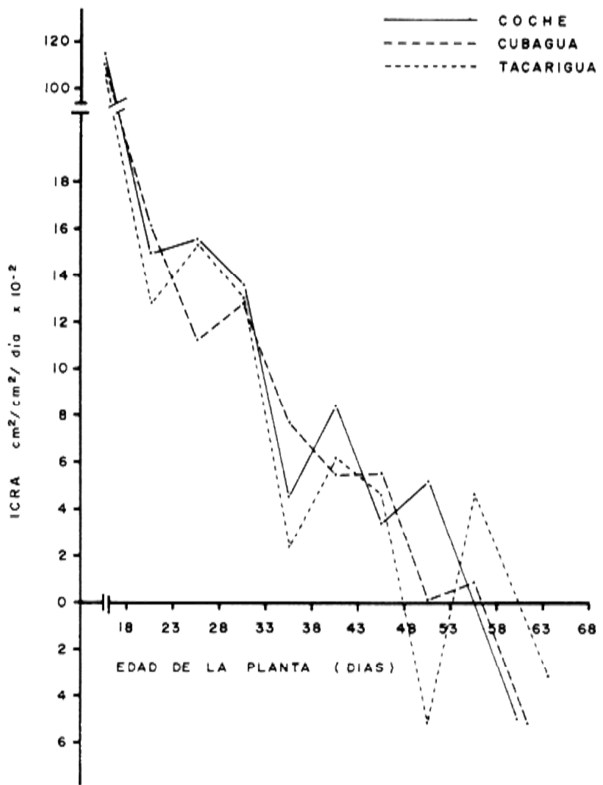
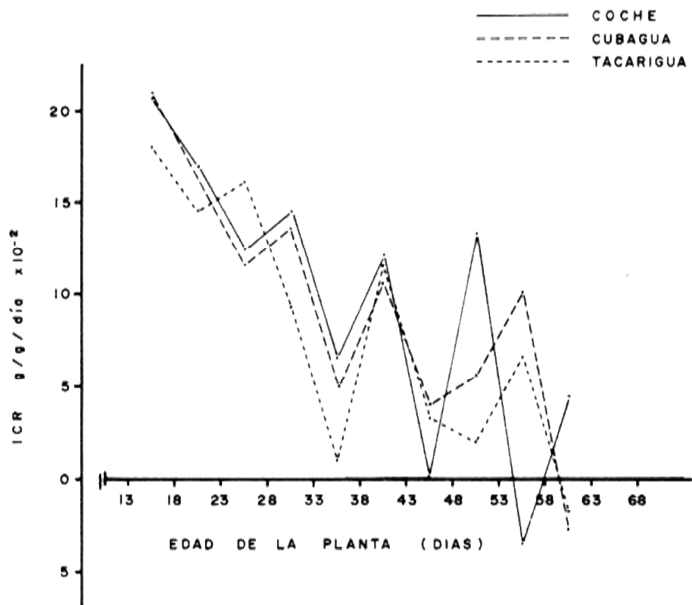
48-53	0,288	-87,847	162,300	0,0062	2,69	-0,373
53-58	1,216	77,087	172,266	0,0058	3,38	1,413
58-63	-0,368	-50,079	169,610	0,0061	2,93	0,643

En el mismo cuadro se observe el desarrollo del área foliar total por planta que fue mayor en los cv 'Coche' y 'Cubagua' y menor para cv 'Tacarigua', el área foliar máxima por planta se alcanzó entre los 48 y 53 días para el cultivar 'Coche', entre los 53 y 58 para 'Cubagua' y entre los 43 y 48 para 'Tacarigua'. Sin embargo no existen muchas diferencias entre los valores de área foliar en los cultivares 'Coche' y 'Cubagua' siendo siempre mayores que los del cultivar 'Tacarigua'. Los valores negativos del Índice de Crecimiento Absoluto del Area Foliar (IACA) que se observan al final del ciclo son una consecuencia de la muerte y senescencia de las hojas y de la no producción de nuevas hojas compensadoras de esta pérdida.

#### **INDICE DE CRECIMIENTO RELATIVO (ICR)**

En la figura 4, se presentan los valores del ICR obtenidos para los diferentes períodos de crecimiento, no encontrándose diferencias marcadas entre los tres cultivares y coincidiendo las fluctuaciones de los valores del ICR en relación con la edad. Para los tres cultivares se produce un aumento en la producción de materia seca total por gramo después de los 48 días de edad, debido a la producción de frutos; aunque para todo el período de tiempo considerado de observaciones los valores calculados para el ICR fluctúan mucho, puede observarse que para los cultivares 'Coche' y 'Cubagua' se produce una disminución continua desde los 13 hasta los 28 días de edad empezando a fluctuar los valores del índice a partir de 106 33 días. Los valores observados en la cv 'Tacarigua' del ICR son menores que los de los otros dos cultivares lo cual indica un menor crecimiento expresado en términos de aumento relativo de materia seca por día.

Índice de Crecimiento Relativo del Area Foliar (ICRA): Como puede observarse en la figura 4, el ICRA disminuye continuamente con el aumento en edad de la planta siendo al principio muy elevado como consecuencia del crecimiento de las plantas que en las primeras fases aumentan rápidamente la superficie foliar. Los valores del ICRA también fluctúan a través del ciclo de vida de la planta pero no en forma tan acusada como para el ICR. El valor negativo del ICRA que se observa a los 53 días de edad en el cv 'Tacarigua' se debe a una disminución en el área foliar entre los 48 y 53 días de edad en relación con el período anterior; a esta disminución en el índice le sigue un aumento entre los 53 y los 58 días de edad aumento éste que no se observa en los otros dos.



**Fig. 4. Variación en el Índice de Crecimiento Relativo (ICR) en g/g/día (arriba) y en el Índice de Crecimiento Relativo del Area Foliar en cm<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>/día (abajo) en plantas de caraota cv 'Coche', cv 'Cubagua' y cv 'Tacarigua' en relación con la edad.**

Hacia el final del ciclo de crecimiento se observan valores negativos del ICRA en los tres cultivares debido a pérdidas del área foliar activa como consecuencia de la senescencia (Las hojas amarillas no se imprimieron) y caída de algunas hojas.

Razón de Area Foliar (RAF): Desde los 13 a los 18 días de edad la relación entre el área foliar total por planta y el peso seco total es muy elevada en la cv Tacarigua, con un RAF de 122,04 cm.<sup>2</sup>/g entre los 13 y los 18 días de edad comparado con 48,843 y 42,576 de Coche y Cubagua respectivamente. Sin embargo esta expansión inicial de las hojas en cultivar Tacarigua no continúa, siendo en etapas posteriores casi iguales los valores de este índice en los tres cultivares con excepción el aumento registrado en la RAF de la variedad Coche entre los 23 y los 38 días; esto puede notarse en la superposición de las curvas de la figura 5.

Después de los 38 días de edad, la RAF empieza a disminuir como consecuencia de la disminución en el crecimiento del área foliar por planta debido al inicio de la fase reproductiva del cultivo y también por aumento del peso seco total de las plantas debido a la producción de frutos. Como discutiremos posteriormente, en este caso las variaciones en el RAF no pueden explicarse por cambios en el espesor de las hojas (ver Area Foliar Específica).

Razón de Peso Foliar (RPF): la utilización del material asimilado para la producción de hojas, se define a través de la RPF. Como se observa en la figura 6, las curvas de variación de la RPF con el tiempo se sobreponen para los tres cultivares el valor promedio para este índice es de 0,60 gramos de hoja producidos por cada gramo de peso seco total por planta lo que significa que la producción de hojas constituye el principal proceso de desarrollo de la planta, se observe un aumento brusco de este índice entre los 13 y los 18 días de edad en el cultivar 'Coche', debido a la mayor producción de hojas. Hacia el final del ciclo del cultivo el valor promedio de la RPF se mantiene alrededor de 0,50 g/g. debido a la producción de frutos que aumentan el peso seco total de la planta.

Area Foliar Específica (AFE): la importancia de la utilización de este índice se refiere a consideraciones relativas al espesor de las hojas de la planta en cada período de crecimiento, ya que el área foliar específica se calcula en función del área foliar por unidad de peso seco total de la hoja lo cual tomado al inverso representa los gramos de peso seco por unidad de área foliar, esto es el espesor de las hojas.

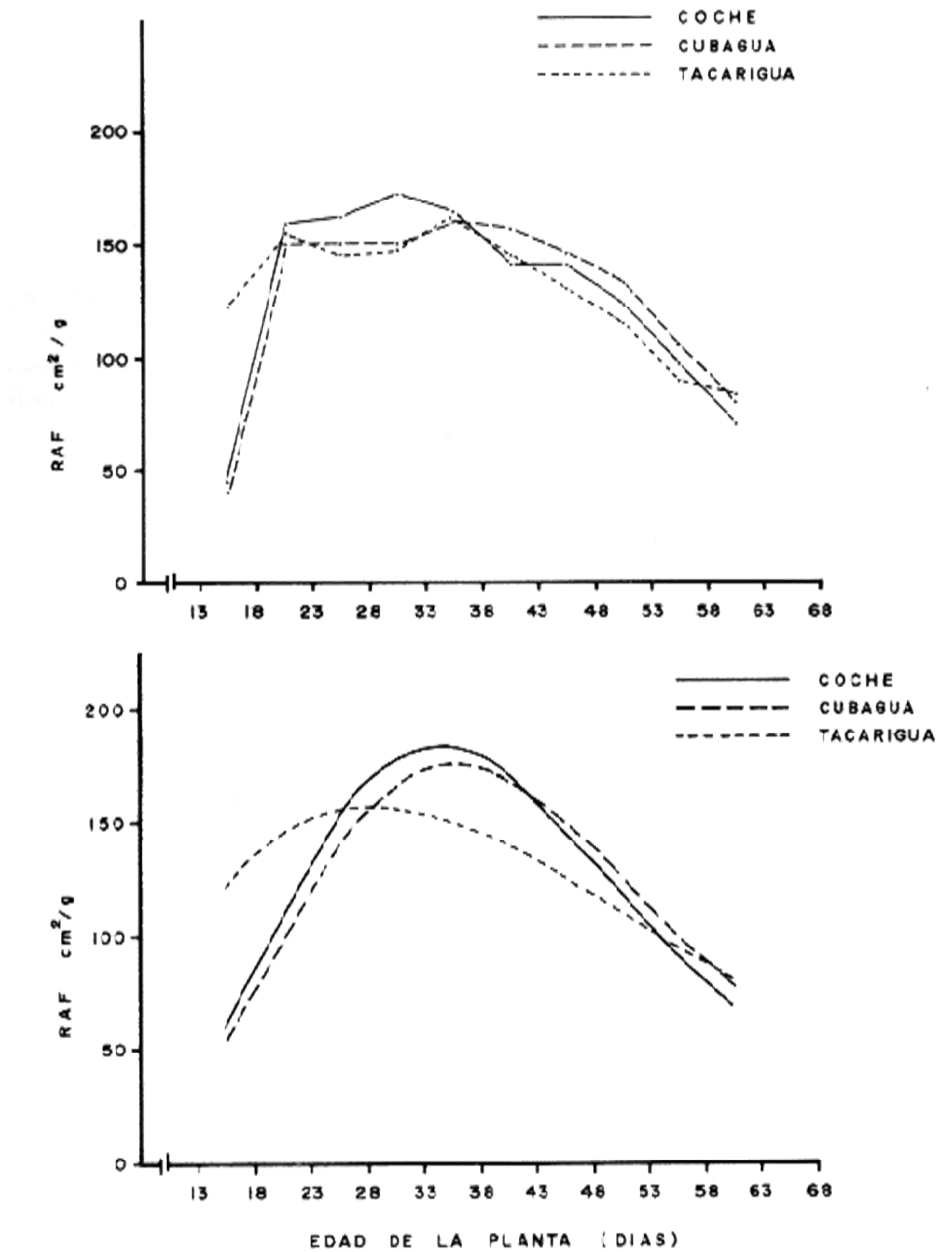


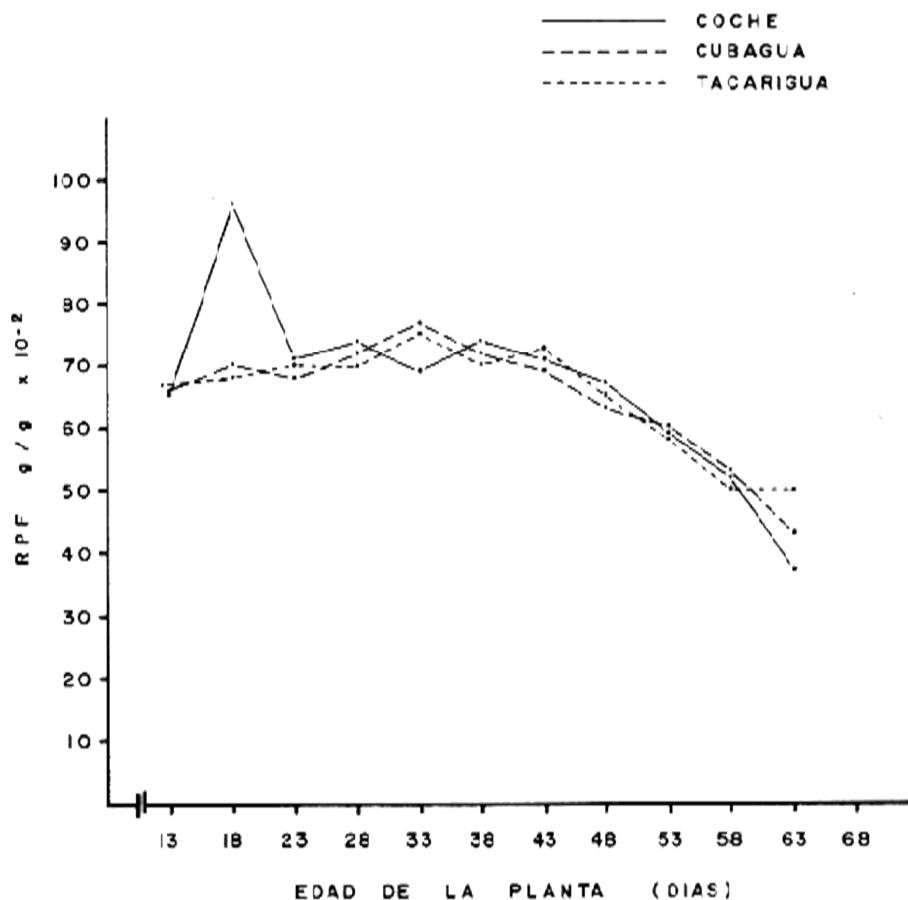
Fig. 5, (arriba): variación de la Razón de Area Foliar en  $\text{cm}^2/\text{g}$  en plantas de caraota cv 'Coche', cv 'Cubagua' y cv 'Tacarigua' en relación con la edad. (abajo):

curvas de la RAF ajustadas en funciones r:

cv 'Coche':  $\hat{Y} = 8,7 \cdot 10^{-5} e^{-0,152x} \cdot X^{5,595}$ ,  $R^2 = 0,84$ .

cv 'Cubagua':  $\hat{Y} = 1,51 \cdot 10^{-4} \cdot e^{0,139x} \cdot X^{5,293}$ ,  $R^2 = 0,83$ .

cv 'Tacarigua':  $\hat{Y} = 1,090 \cdot e^{-0,065x} \cdot X^{2,309}$ ,  $R^2 = 0,95$ .



**Fig. 6. Variación de la Razón de Peso Foliar (RPF) en g/g, en plantas de caraota cv 'Coche', cv 'Cubagua', cv 'Tacarigua' en relación con la edad.**

El AFE presenta pocas variaciones como puede observarse en el Cuadro 3 lo cual indica que el espesor de las hojas es casi el mismo en los tres cultivares siendo el cultivar 'Coche' el menos homogéneo de los tres a través de todo el ciclo de vida del cultivo. Únicamente se observa un aumento apreciable en AFE entre los 13 y los 18 días de edad donde se registró una disminución en el espesor en las nuevas hojas producidas que indica que en ese período las hojas se han expandido considerablemente.

Índice de Asimilación Neta (IAN): El índice de asimilación neta representa el aumento en peso seco por unidad de área foliar por tiempo y es un indicador de la eficiencia del cultivo en la producción de materia seca por unidad de área foliar. Por tratarse de un índice muy complejo

en su naturaleza, el cálculo del mismo varía de acuerdo con la relación matemática entre el peso seco total y área foliar por lo que para poder definir la forma más apropiada para el cálculo, se hicieron los ajustes para regresiones lineales y cuadráticas que son los modelos que normalmente expresan la relación matemática entre el área foliar y el peso seco total de la planta. Para el

cultivar 'Coche' fue más significativa la regresión lineal entre el peso (y) y el área (x) estimada como:  $y = 0,46823 + 0,008581x$  con un  $R^2 = 0,73$  para  $F = 24,16$ . \*\* El polinomio de segundo grado fue menos significativo en este caso con un  $R^2 = 0,73$  para  $F = 22,83$ . \*\*

Para el cultivar 'Cubagua' se utilizó también una función lineal estimada:  $y = -0,88419 + 0,0094291x$ , con un  $R^2 = 0,85$  para  $F = 49,80$ , \*\* El polinomio de segundo grado tuvo una significación menor con un  $R^2 = 0,85$  para  $F = 22,83$ . \*\*

Para el cultivar Tacarigua el ajuste fue mejor para función cuadrática:  $y = 1,022123 - 0,0008882x + 0,000065x^2$  con un  $R^2 = 0,96$  para  $F = 121,68$ . \*\* para la función lineal se obtuvo un  $R^2 = 0,90$  para  $F = 82,80$ . \*\*

En base a estas consideraciones se utilizó para calcular el Índice de Asimilación Neta de los cultivares 'Coche' y 'Cubagua,' la siguiente ecuación:

$$IAN = \frac{P_2 - P_1}{A_2 - A_1} \times \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{t_2 - t_1}$$

Donde A es el área foliar, P el peso seco total, ln logaritmo natural y t tiempo.

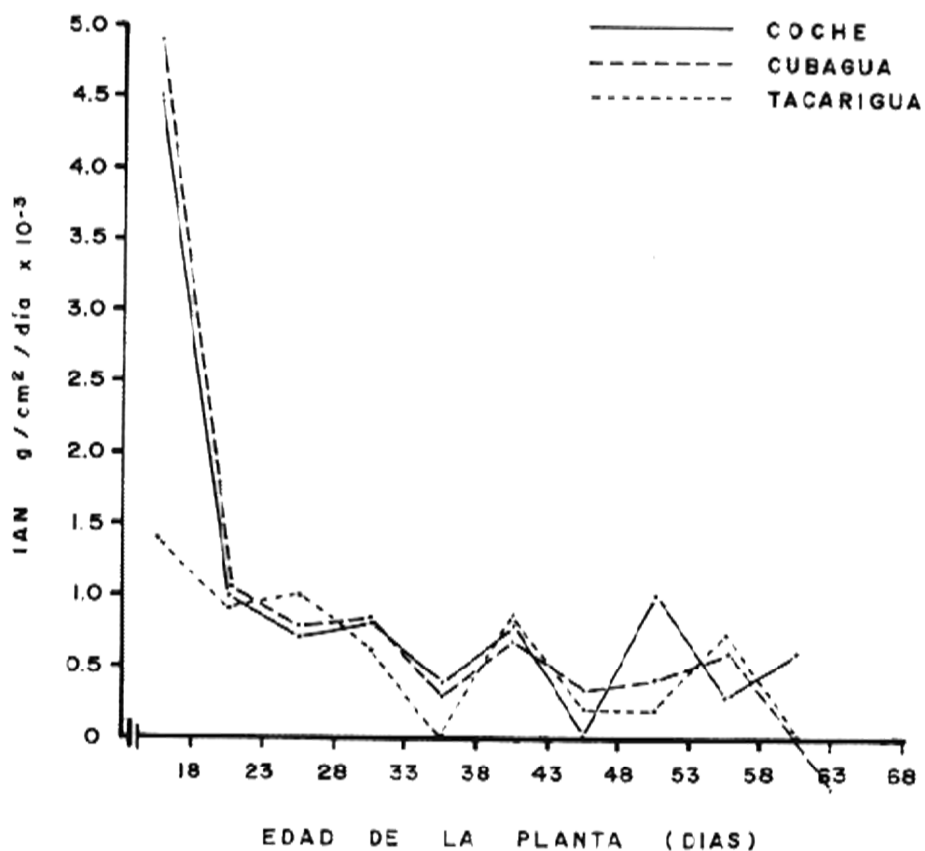
Para el cultivar 'Tacarigua' se utilizó la ecuación:

$$IAN = \frac{1}{t_2 - t_1} \times \frac{2(P_2 - P_1)}{A_2 - A_1}$$

Los resultados obtenidos (Fig. 7), para el cálculo del IAN en los cultivares 'Coche', 'Cubagua' y 'Tacarigua' demuestran que existe poca variación entre ellos, sólo al principio y al final del ciclo se pueden observar algunos rasgos particulares. El valor del IAN en el cultivar 'Tacarigua' es aproximadamente 2,5 veces mayor que el de los otros dos cultivares entre los 13 y los 18 días de edad, lo cual es un índice de la menor eficiencia fotosintética por unidad de área foliar en los primeros días del crecimiento del cultivo.

Entre los 23 y los 38 días de edad hay poca diferencia en el IAN de los tres cultivares; a partir de los 38 días se observan fluctuaciones mar





**Fig. 7. Variación en el Índice de Asimilación Neta (IAN) en g/cm<sup>2</sup>/día en plantas de caraota cv 'Coche', cv 'Cubagua' y cv 'Tacarigua' en relación con la edad.**

codas especialmente en el cultivar 'Coche', coincidiendo con el período de floración y fructificación. Es notorio el aumento brusco en el IAN que presenta este cultivar entre los 58 y los 63 días cuando la tendencia normal de un cultivo al final de su ciclo de vida es de que el IAN alcance valores negativos debido a que muchas hojas se encuentran senescentes y no fotosintetizan pero sí respiran activamente. En la figura 7 puede observarse que después de la caída de la curva las fluctuaciones en los valores del IAN se hacen muy notorios lo cual podría explicarse como consecuencia de un equilibrio entre la fotosíntesis de las hojas y los tallos y la respiración de hojas, tallos y raíces lo cual significaría que cualquier incremento de la fotosíntesis (debido a las hojas nuevas y a los tallos nuevos) sería balanceado por un incremento igual de respiración. En general parte de este efecto se podría explicar por el hábito de crecimiento y por el diámetro del tallo.

Parámetro Alfa: Este índice fue introducido por WHITEHEAD y MYERSCOUGH en 1962 (8) y utilizado por ASCENCIO y FARGAS (1) en el cv 'Turrialba-4' de caraota negra. El parámetro o coeficiente alfa expresa la relación entre el incremento de materia seca por unidad de peso seco

total y el incremento de área foliar por unidad de área, lo cual es un índice del balance entre el crecimiento total y el aumento en área foliar en forma simultánea; ( $\alpha = \text{ICR}/\text{ICRA}$ ). Por otra parte representa la cuantificación del cambio morfofisiológico de la planta que tiene lugar de una cosecha a otra en relación con el favorecimiento de uno u otro proceso del crecimiento. Este índice es una forma más fina de interpretar la Razón de Area Foliar, y es especialmente útil para comparar el comportamiento de un cultivo en diferentes condiciones ambientales. En este trabajo hemos utilizado el coeficiente con la finalidad de comparar el comportamiento de tres cultivares diferentes en igualdad de condiciones. En la utilización de este parámetro podemos considerar que cuando alfa es igual a uno ( $\alpha = 1$ ) tanto el peso seco total de la planta como el área foliar aumentan o disminuyen en forma simultánea; cuando es menor que 1 aumenta más el área foliar por unidad de área que el peso seco total por unidad de peso y cuando es mayor que 1 se puede considerar que ha aumentado la producción de materia seca en relación con el área foliar. La interpretación de este parámetro es de utilidad al estudiarlo para todo el ciclo de crecimiento del cultivo pudiéndose también establecer, si es preciso, el porcentaje de asimilados que ha sido utilizado para determinados procesos como la floración o la fructificación (8).

El análisis del parámetro alfa Cuadro 3 en cv 'Coche', indica que desde los 13 a los 18 días de edad, las plantas aumentan fundamentalmente el área foliar ( $\alpha = 0,179$ ); en los períodos de crecimiento siguientes aumenta tanto el área foliar como el peso seco total predominando el primero entre los 33 y los 43 días. A este período le sigue uno de aumento en área foliar en relación con el período anterior ( $\alpha = 0,030$ ) y otro de aumento en peso seco total debido fundamentalmente a la producción de frutos ( $\alpha = 2,558$ ). Al final del ciclo se obtienen valores negativos de alfa como consecuencia de la senescencia incipiente que origina una disminución en el área foliar al mismo tiempo que se produce una ganancia en peso seco debido a la presencia de frutos en la planta. El valor de  $\alpha = 0,698$  entre 53 y los 58 días, se explica por la disminución paralela en el aumento en área foliar y el aumento en peso seco total, lo cual puede corroborarse en los valores del ICR y el ICRA para este período. En los cultivares 'Cubagua' y 'Tacarigua' se presentan variaciones en el comportamiento de las plantas especialmente después de los 48 días de edad caracterizada por una disminución brusca en el área foliar sin que se produzca un aumento similar en el peso seco total, de allí que alfa alcance un valor de  $\alpha = 55,0$  situación ésta que continúa en el período siguiente en sentido inverso: se favorece el aumento en peso seco total y disminuye el área foliar, para continuar con una disminución en ambos parámetros. En el cultivar 'Tacarigua' a los 48 días de edad se presenta un período de disminución tanto en peso seco total como en área foliar en relación con el período anterior. A este le sigue uno de aumento en ambos parámetros y otro de disminución. Entre los 48 y los 35 días alfa alcanza un valor negativo  $\alpha = -0,373$  debido a la disminución que se presenta en el área foliar en relación con el período anterior, sin embargo no existe mucha diferencia entre los valores de los tres cultivares.

El Índice de Area Foliar (IAF), expresa la relación entre el área fotosintética total del cultivo y el área de suelo ocupada por las plantas y por ser una medida de la extensión del área foliar por unidad de área cultivada es de gran utilidad en el análisis conjunto del crecimiento. El IAF se

calculó para este cultivo como la relación entre el área foliar por planta y la superficie de suelo ocupada por planta; los resultados expresan la variación de la extensión del área foliar por planta por unidad de área, para todo el ciclo de crecimiento del cultivo.

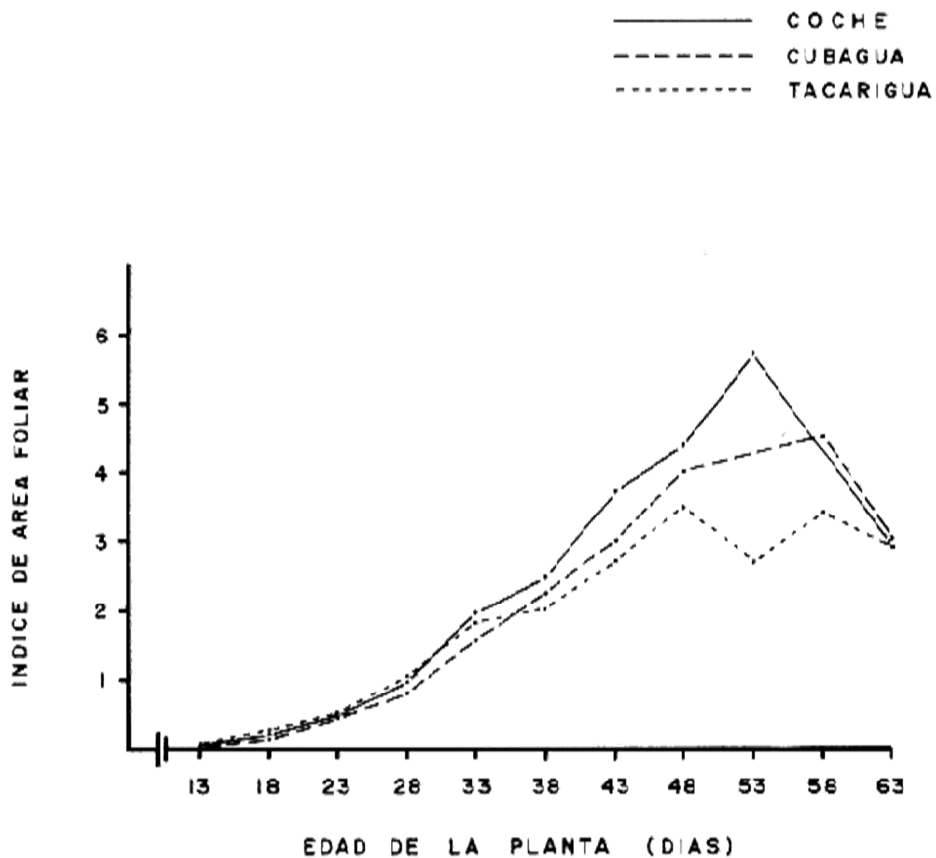
En la figura 8, se observan los valores obtenidos para el IAF de los tres cultivares y la variación comparativa de ellos en relación con la edad.

El Índice de Área Foliar, aumenta de los cero a los 48 días de edad en forma continua existiendo mucha similitud entre los valores del IAF de los cultivares 'Coche' y 'Cubagua'. Los valores del IAF del cv 'Tacarigua' son menores que los de los otros dos aunque la diferencia mayor entre ellos se manifiesta después de los 48 días de edad. Al final del ciclo no hay diferencia en el IAF.

El IAF máximo se alcanza en el cultivar 'Coche' a los 53 días de edad y a los 58 en el cultivar 'Cubagua'. La variación en el IAF del cv 'Tacarigua' es muy irregular después de los 48 días de edad.

## **DISCUSION**

De acuerdo con los resultados de este análisis da la impresión de que estamos trabajando con un mismo cultivar ya que no se observan diferencias entre los Índices de Crecimientos, especialmente entre 'Coche' y 'Cubagua'; por otra parte la prueba de F realizada para el Índice de Crecimiento Relativo, que es el principal parámetro indicador del crecimiento de una planta, dio no significativa al comparar los tres cultivares entre sí, como puede observarse en el Cuadro 4.



**Fig. 8. Variación en el Índice de Área Foliar (IAF), expresado como la relación entre la superficie foliar total por planta y la superficie de terreno ocupado por planta ( $m^2/m^2$ ), para el ciclo del cultivo en plantas de caraota cv 'Coche', cv 'Cubagua' y Cv 'Tacarigua'.**

En trabajos anteriores (1) se había indicado la posibilidad de que la RAF fuera determinante de la variación en el crecimiento de plantas de caraota ya que, los valores del Índice de Asimilación Neta, que conjuntamente con la RAF determinan el Índice de Crecimiento Relativo de un cultivo ( $ICR = IAN \times RAF$ ), son casi iguales en los tres cultivares, con la excepción hecha del valor muy bajo del IAN en la Tacarigua entre los 13 y los 18 días de edad de la planta. Parece ser que la producción de materia seca por unidad de área foliar se mantiene dentro de ciertos límites no pudiéndose explicar las variaciones en producción de materia seca como determinadas por el IAN; la mayor eficiencia por planta estaría determinada por la variación en el área foto sintética total disponible en cada cultivar. Teniendo en cuenta que la Intensidad de Crecimiento Relativo del Área Foliar fue muy similar en los tres, la mayor superficie foliar total en el cultivar 'Coche', se explicaría como consecuencia de una mayor producción de hojas lo que se compaginaría con los valores casi constantes encontrados para el espesor de las hojas a través del ciclo de crecimiento en los tres cultivares.

**CUADRO 4. Análisis de varianza para el índice de crecimiento relativo (ICR) (Fig. 4) en los cultivares 'Coche', 'Cubagua' y 'Tacarigua' de caraota negra.**

Fuente variación	deGrados libertad	deSuma cuadrados	deCuadrado medio	F
Tratamientos	2	0,001505	0,000075	0,148 N.S.
Error	27	0,136670	0,000506	.
TOTAL	29	0,138175	.	.
F Tabulado:	5% = 3,35;	1% = 5,49	.	.

Esto descarta en parte la posibilidad de que se hubiesen sucedido grandes períodos de expansión foliar durante la ontogenia de la planta; sólo de cero a trace días de edad, las hojas son más gruesas debido a que este período corresponde al primer muestreo en donde el área total por planta es el de las dos hojas cotiledonarias que generalmente son más gruesas que las siguientes hojas compuestas trifolioladas. Por otra parte la variabilidad en los valores del peso seco total y el área foliar total por planta observados al final del ciclo del cultivo repercute sobre la variabilidad de los valores del IAN en este período ya que hay dos fuentes de error sumadas. Cuadro 1 y 2). En menor grado repercute sobre el ICR, el ICRA y la RAF. Las variaciones en la RAF que se suceden en el cv 'Coche' podrían ser las determinantes del comportamiento de éste en comparación con 'Cubagua' y 'Tacarigua' (ver figura 5).

En el análisis de la RAF durante el ciclo del cultivo, hay que considerar la relación  $ICR = IAN \times RAF$ , ya que pequeñas variaciones en cualquiera de estos dos índice serían determinantes de la intensidad del crecimiento.

Como para la caraota los valores del IAN son muy bajos a través del ciclo del cultivo, la RAF podría ser el índice determinante, pero, analizando las tendencias de las curvas para el ICR el RAF y el IAN se puede observar que las curvas del ICR y el IAN tiene la misma tendencia, lo cual permite suponer que la contribución del IAN sea mayor que la de la RAF en la determinación del crecimiento del cultivo. Este aspecto del análisis del crecimiento en caraotas, lo discuten WALLACE Y MUNGER (7) para seis cultivares sembrados en EE.UU. encontrando una correlación positiva entre la RAF y el rendimiento en granos por planta; al comparar el rendimiento entre cultivares el de más alto rendimiento tuvo también la mayor área foliar por planta y la RAF más elevada. Por otra parte MAGALHAES Y MONTOJOS (5) indican que la producción de materia seca en plantas de caraota está relacionada con las variaciones en el Índice de Area Foliar IAF, a través del ciclo de cultivo, sin embargo por ser el IAF una medida de relación entre la superficie foliar total del cultivo

y la superficie cultivada se utiliza en forma más exacta en cultivos que forman cobertura continua, donde se hace difícil individualizar las plantas (3) y no es conveniente utilizar este parámetro como indicador a menos que se exprese como la relación entre el área foliar por planta por superficie de terreno ocupado por planta. Como puede observarse en la Figura 8, no existen muchas diferencias entre los valores del IAF en los tres cultivares estudiados en este trabajo. La relación entre el ICR, y la RAF expresada  $ICR = IAN \times RAF$  debe utilizarse para establecer la validez matemática de los cálculos de cada uno de estos índices a fin de determinar si las fórmulas utilizadas son las más apropiadas, y en todo caso derivar las ecuaciones que más se ajusten para el tipo de relación en estudio. El problema se presenta al trabajar con fenómenos biológicos de naturaleza compleja donde muchas veces la ecuación de respuesta aún siendo el mejor ajuste probado a través de la significación estadística, no explica el modelo biológico. La confiabilidad del modelo debe ser corroborada por la observación de los valores experimentales y su comparación con los estimados; en algunos casos el modelo matemático puede ser usado y en otros no. En el presente trabajo se han ajustado a funciones gamma ( $\gamma$ ) las regresiones entre la variación de la razón de Área Foliar (RAF) con el tiempo para los cultivares 'Coche', 'Cubagua' y 'Tacarigua'. En este caso el modelo y presenta una confiabilidad adecuada y la forma del modelo se ajusta al fenómeno biológico como puede observarse en la figura 5. Sin embargo ciertos análisis e interpretaciones derivados de la observación de los puntos experimentales puede que no se observen a través del estudio del modelo matemático.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este análisis indican que no existen diferencias: entre las características fisiomorfológicas de los cultivares 'Coche', 'Cubagua' y 'Tacarigua' de caraota negra, aunque la técnica del análisis de crecimiento no tiene el nivel de precisión necesario para poder afirmar definitivamente que se trata de un mismo cultivar. No obstante y de acuerdo con este análisis sólo se justificaría la existencia separada de las mismas por alguna característica resaltante de resistencia a enfermedades, al exceso o déficit de agua en el suelo o a algún otro factor; en alguno de estos cultivares. Por otra parte en este trabajo no fueron analizados los datos de producción, sin embargo, es poco probable en las mismas condiciones, si no se cumplen algunas de las características citadas anteriormente en alguno de estos cultivares, que sean muy diferentes entre sí.

## RESUMEN

Se hizo un análisis del crecimiento para determinar las características fisiomorfológicas de tres cultivares de caraota venezolanas (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Coche', cv 'Cubagua' y cv 'Tacarigua') en condiciones de campo. Para una población total de 5680 plantas se muestrearon al azar 10 plantas de cada cultivar cada 5 días determinándose, durante todo el ciclo de crecimiento, el peso seco y el área foliar total por planta, como parámetros fundamentales para el análisis.

Los resultados indican que posiblemente sea el índice de asimilación neta (IAN) el índice

determinante de la intensidad de crecimiento relativo (ICR) en este cultivo siendo la utilización conjunta de todos los índices calculados (ICR, ICRA, IAN, RAF, RPF, IAF,  $\alpha$ ), lo que define las características de las plantas.

Los valores indican una gran similitud entre los cultivares y la prueba de F realizada para el ICR indica que no existen diferencias fisiomorfológicas entre ellos.

#### **SUMMARY**

To determine comparative physiological and morphological characteristics of three Venezuelan cultivars of black bean (*Phaseolus vulgaris* cv 'Coche', cv 'Cubagua' and cv 'Tacarigua'), a growth analysis was made under field conditions. In a population of 5680 plants in a randomized design, 10 plants of each cultivar was sampled every five days throughout the cycle of the crop. The growth parameters dry weight and leaf area were used to calculate the following indexes: Relative Growth Rate, Relative leaf Growth Rate, leaf Area Ratio, Unit leaf Rate, leaf Weight Ratio and leaf Area Index.

The analysis showed no differences between the three cultivars.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

ASCENSIO JOCELYNE y FARGAS JOSÉ. Análisis del crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. 'Turrialba 4'. cultivado en solución nutritiva. Turrialba 23 (4): 420-428. 1973.

BARRIOS, A. y RAMOS DILIA. Bibliografía venezolana de leguminosas de grano. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay. 1973. 44 p.

CAMERA F., GANIMEDES. Análisis de Crecimiento de las plantas. Universidad Central de Venezuela. Fac. de Agronomía. Multigrafiado. 1971. 20 p.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS. Centro Interamericano de Documentación e Información Agrícola. Frijol (*Phaseolus* spp.). Ed. acum. Costa Rica 1972. 299 p. (IICA Bibliografías No. 4).

MAGALHAES, R. C. y MONTOJOS, J. C. Affect of solar radiation on the growth parameters and yield of two varieties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Turrialba 21 (2): 165-168. 1971.

RAFORD, P. J. Growth analysis Formulae - Their use and abuse. Crop science 7 (3): 171-175. 1967.

WALLACE, D. H. y MUNGER, H. M. Studies of the Physiological basis for yield differences. I. Growth Science 5: 343-348. 1955.

WHITEHEAD, F. H. y MYERSCOUGH, P. J. Growth analysis of plants. The ratio of mean relative growth rate to mean relative rate of leaf area increase. New Phytol. 61: 314-321. 1962.