

UNIVERSIDAD  
DE  
GRANADA



FACULTAD  
DE  
CIENCIAS

Departamento de Biología Vegetal

**“ESTUDIO, POR MEDIO DE UN MODELO ESTADISTICO  
MULTIVARIANTE, DEL DESARROLLO DE LA  
COSECHA, DE LAS RESPUESTAS A LA DENSIDAD DE  
SIEMBRA Y A LA FERTILIZACION NITROGENADA DE  
LOS CULTIVOS DE HABAS.**

*(Vicia faba, L.)*

Carlos Aguilera Díaz

Tesis doctoral

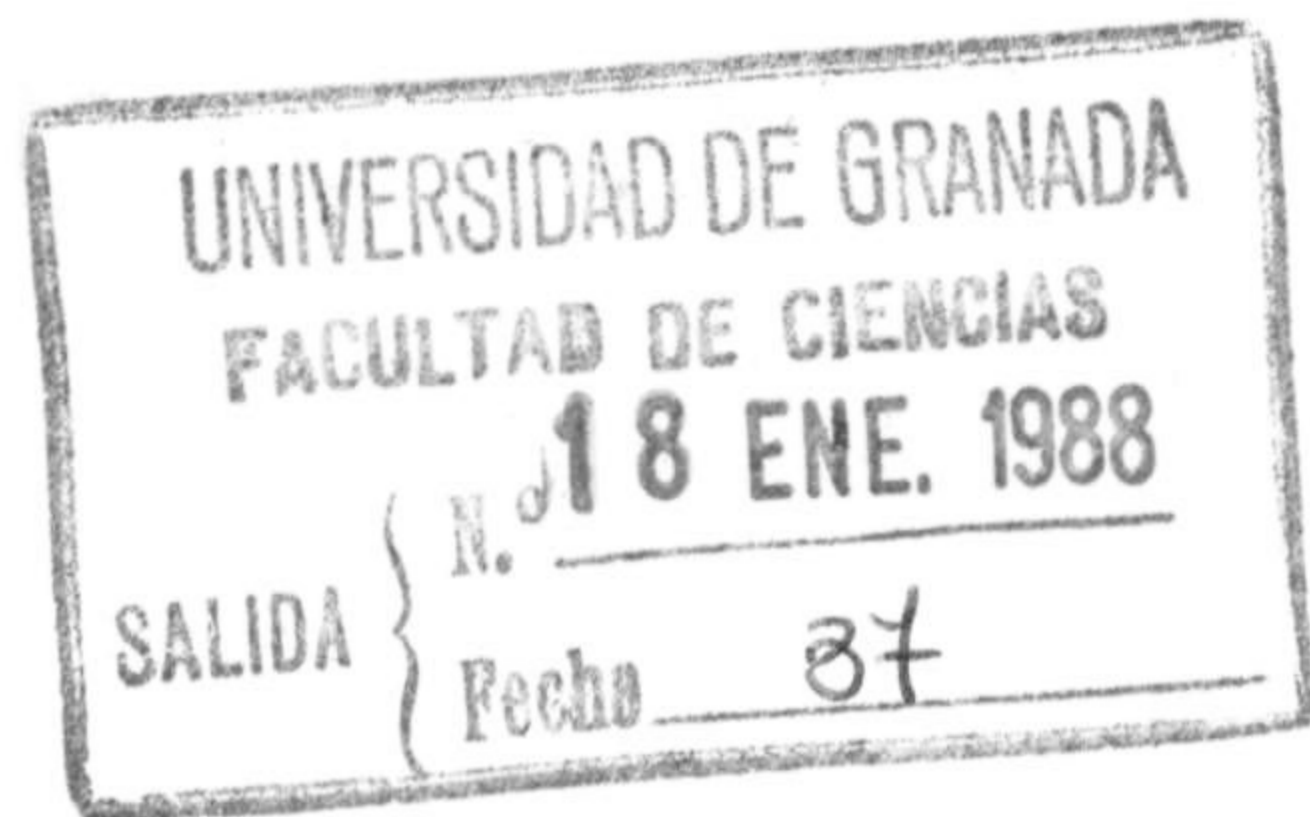
GRANADA 1987



Biblioteca Universitaria de Granada



01533579



TESIS DEFENDIDA POR EL LICENCIADO EN BIOLOGIA%

D= Carlos Aguilera Díaz

ESTANDO EL TRIBUNAL CONSTITUIDO POR LOS SIGUIENTES DOCTORES:

Dr. Luis Recalde Martínez  
Dr. Juan Barceló Coll  
Dr. José Ignacio Cubero Salmerón  
Dr. Enrique Barahona Fernández  
Dr. Francisco Ligeró Ligeró



OBTENIENDO LA CALIFICACION DE

Apto Cum Laude

FECHA DE LECTURA:

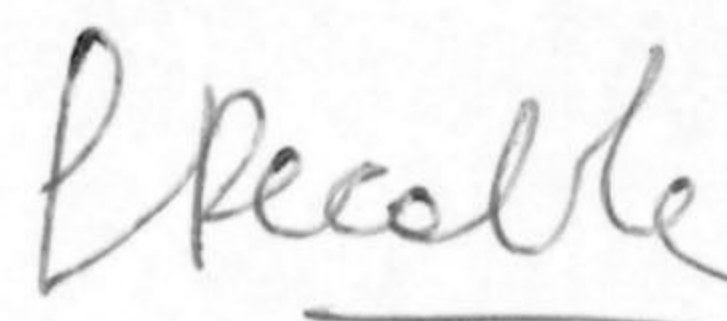
4 de diciembre de 1987

FACULTAD DE CIENCIAS - UNIVERSIDAD DE GRANADA

MEMORIA presentada para aspirar al grado de Doctor en Ciencias por el Licenciado D. Carlos Aguilera Díaz.



DIRECTOR DE LA TESIS



Fdo. Luis Recalde Manrique  
Dr. en Farmacia  
Catedrático de Fisiología Vegetal del Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de Granada.

<b>BIBLIOTECA UNIVERSITARIA</b>
<b>GRANADA</b>
Nº Documento <u>619599225</u>
Nº Copia <u>121180660</u>

0.-TITULO:

"ESTUDIO, POR MEDIO DE UN MODELO ESTADISTICO  
MULTIVARIANTE DEL DESARROLLO DE LA COSECHA,  
DE LAS RESPUESTAS A LA DENSIDAD DE SIEMBRA  
Y A LA FERTILIZACION NITROGENADA DE LOS  
CULTIVOS DE HABAS (Vicia faba, L.)"

"El progreso científico se  
mide hoy por el progreso  
teórico mejor que por la  
acumulación de hechos".

Mario Bunge

(Teoría y Realidad).

Mi agradecimiento:

Al Director de esta Tesis Doctoral, Dr. D. Luis Recalde Manrique por su ayuda constante y recta dirección.

Al Dr. D. Luis Recalde Martinez, por su inestimable ayuda y consejo.

A los Dres. D. Ramón Gutierrez Jaimez y D. Andrés Gonzalez Carmona, del Departamento de Estadística e Investigación Operativa de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada; así como al Dr. D. Enrique Barahona Fernandez, de la Estación Experimental del Zaidin (CSIC), por la gran ayuda prestada en el tratamiento estadístico de esta Tesis.

Al Dr. D. Armando Martinez Raya y a D. Alfonso Fernandez Conejo del Centro de Investigación y Desarrollo Agrario de Granada, por su colaboración en la realización de la parte experimental de este trabajo. Así mismo quiero extender mi agradecimiento al personal de referido Centro, como a los compañeros del Departamento de Biología Vegetal que han colaborado en este trabajo, y en especial a mi compañero y amigo D. Luis Enrique Bago.

SUMARIO





2.4.2.2	<u>Crecimiento del tallo</u> .....	24
2.4.2.3	<u>Crecimiento de las Hojas</u> .....	26
2.4.2.4	<u>Características del Dosel Foliar</u> .....	27
2.4.2.4.1	Actividad Fotosintética .....	28
2.4.2.4.2	Translocación. ....	29
2.4.3	CRECIMIENTO REPRODUCTOR. ....	30
2.4.3.1	<u>Inducción Floral</u> .....	30
2.4.3.2	<u>Abscisión de Estructuras Reproductoras</u> ...	31
2.4.3.3	<u>Repercusión de los Factores Intrínsecos sobre la Abscisión.</u> .....	33
2.4.3.3.1	Polinización y fertilización. ....	33
2.4.3.3.2	Fenómenos de competencia en la planta. ..	34
2.4.3.3.3	Interacción entre flores y frutos. ....	36
2.4.3.4	<u>Crecimiento de la Semilla.</u> .....	38
2.4.4	INTEGRACION DEL CRECIMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTOR. ....	39
2.5	<u>COMPONENTES DE LA COSECHA</u> .....	41
2.5.1	NUMERO DE PLANTAS POR UNIDAD DE SUPERFICIE ..	42
2.5.2	NUMERO DE NUDOS CON FRUTO POR PLANTA .....	43
2.5.3	NUMERO DE VAINAS POR NUDO FRUCTIFERO .....	43
2.5.4	NUMERO DE SEMILLAS POR VAINA .....	44
2.5.5	PESO MEDIO DE LAS SEMILLAS .....	45
2.6	<u>PRODUCCION TOTAL DE MATERIA SECA</u> .....	46
2.6.1	INDICE DE RECOLECCION. ....	47
2.7	<u>SIMBIOSIS RHIZOBIUM - LEGUMINOSA.</u> .....	49
2.7.1	GENERALIDADES. ....	49
2.7.2	<u>Aplicación Agrícola de la Simbiosis Rhizobium-Leguminosa.</u> .....	51
2.7.3	<u>Importancia de la Fijación de Nitrógeno por la Simbiosis Rhizobium - Leguminosa.</u> .....	51
2.7.4	ASPECTOS BIOQUIMICOS DE LA SIMBIOSIS RHIZOBIUM -LEGUMINOSA .....	52
2.7.5	FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA NODULACION Y FIJACION DE NITROGENO. ....	55
2.7.6	IMPLICACION DEL NITROGENO COMBINADO EN LA NODULACION Y FIJACION DEL NITROGENO. ....	57
3.	MATERIAL Y METODOS .....	64
3.1	<u>ENSAYOS DE CAMPO.</u> .....	64
3.1.1	LOCALIZACION. ....	64



3.1.2	CLIMATOLOGIA GENERAL DE LA ZONA. ....	64
3.1.2.1	<u>Climatología durante los ensayos.</u> ....	66
3.1.3	LA COMARCA: SU SUELO. ....	66
3.1.3.1	<u>Composición física y química del suelo.</u> ...	72
3.2	<u>OPERACIONES DE CULTIVO.</u> ....	73
3.2.1	VARIETADES CULTIVADAS. ....	73
3.2.2	PREPARACION DEL TERRENO. ....	73
	A) Ensayo 1984-85 ....	73
	B) Ensayo 1985-86 ....	74
3.2.3	ABONADO DE FONDO. ....	74
3.2.4	SIEMBRA. ....	74
	A) Ensayo 1984-85. ....	74
	B) Ensayo 1985-86. ....	75
3.2.5	APLICACION DE HERBICIDAS. ....	75
	A) Ensayo 1984-85. ....	75
	B) Ensayo 1985-86. ....	76
3.2.6	OTRAS LABORES REALIZADAS. ....	76
	A) Preparación del terreno para su uso en regadío. ....	76
	B) Labor de escarda. ....	76
	C) Riegos. ....	76
3.2.7	RECOLECCION. ....	77
3.2.8	CRONOLOGIA DE LAS OPERACIONES DE CULTIVO. ...	78
3.3	<u>TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES.</u> ....	78
3.3.1	DENSIDADES DE SIEMBRA. ....	78
3.3.2	FERTILIZACION NITROGENADA. ....	79
3.3.3	DISPOSICION DE LAS PARCELAS. ....	80
3.4	<u>DETERMINACIONES EXPERIMENTALES.</u> ....	81
3.4.1	OBSERVACIONES EN EL CAMPO. ....	81
3.4.2	ESTIMA DE LAS DENSIDADES DE PLANTAS RECOLECTADAS. ....	82
3.4.3	RECOGIDA DE MUESTRAS. ....	82
3.4.4	DETERMINACION DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS EN EL LABORATORIO. ....	82
3.5	<u>ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS.</u> ....	83
3.5.1	DISEÑO EXPERIMENTAL. ....	83
3.5.2	OPERACIONES DE CALCULO. ....	84
4.	RESULTADOS Y DISCUSION ....	85
4.1.	<u>EL CULTIVO.</u> ....	85

4.1.1.	LA COSECHA: SUS TIPOS. ....	85
4.1.2.	LOS COMPONENTES DE LA COSECHA. ....	86
4.1.3.	LA DINAMICA DE COMPENSACION ENTRE LOS COMPONENTES DE LA COSECHA. ....	86
4.1.4.	LAS CAPACIDADES DETERMINANTES DE LA MAGNITUD DE LA COSECHA. ....	86
4.2.	<u>MODELO DINAMICO DE LA FORMACION DE LA COSECHA.</u> ....	87
4.2.1.	LOS CONSTITUYENTES DEL MODELO. ....	87
4.2.1.1.	<u>Las Variables.</u> ....	89
4.2.1.2.	<u>Los Parámetros y las Constantes.</u> ....	89
4.2.2.	DESCRIPCION DEL MODELO ELEGIDO. ....	89
4.3.	<u>ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS.</u> ....	93
4.3.1.	ANALISIS DE LAS RELACIONES CORRELATIVAS BINARIAS ENTRE LAS VARIABLES ENDOGENAS DEL MODELO. ....	93
4.3.2.	ANALISIS FACTORIAL DE LAS VARIABLES ENDOGENAS DEL MODELO. ....	100
4.3.2.1.	<u>Matriz de Carga del Análisis Factorial de las Variables Endógenas.</u> ....	102
4.3.3	ANALISIS DE LAS RELACIONES CAUSALES ENTRE LA COSECHA Y SUS COMPONENTES. ....	106
4.3.3.1.	<u>Análisis de la trayectoria de la correlación (Path-Coefficient-Analysis).</u> ....	106
4.3.3.2	<u>Análisis Secuencial de los Componentes de la Cosecha (Sequential Yield Components Analysis).</u> ....	112
4.4	<u>ESTUDIO DE LAS VARIACIONES EXPERIMENTALES DE LA COSECHA.</u> ....	122
4.4.1	MODELO DE LA CAJA NEGRA. ....	124
4.4.1.1	<u>Análisis de Varianza de la Cosecha.</u> ....	126
4.4.1.1.1	Respuesta a la Densidad de Siembra. ....	128
4.4.1.1.2	Respuesta a la Aplicación Nitrogenada. ..	128
4.4.2	MODELO DE LA CAJA TRANSLUCIDA. ....	130
4.4.2.1	<u>Respuesta de las variables de estado.</u> ....	130
4.4.2.2	<u>Respuestas a las Variables Auxiliares.</u> ....	137
5.	CONCLUSIONES .....	144
6.	BIBLIOGRAFIA .....	146

1.- OBJETIVOS

Se puede considerar a un cultivo desde tres puntos de vista diferentes: (a) económicamente, como un proceso transformador de materias abundantes y baratas, en productos elaborados, escasos y valiosos; (b) energéticamente, como un artificio capaz de captar la luz (único tipo de energía del que depende, directa o indirectamente, la actividad de todos los sistemas vivientes) para transformarla en energía química, apta para ser utilizada por el sistema de reacciones químicas acopladas que denominamos metabolismo; y (c) ecológicamente, como una serie de operaciones de cultivo dirigidas a modificar, en sentido conveniente las condiciones del ambiente, con el objeto de conseguir la máxima cosecha posible. Teniendo ésto en cuenta, nos propusimos estudiar los cultivos de Vicia faba L. con un doble objetivo:

a) Estudiar el efecto que sobre su cosecha pudiera tener la modificación de la densidad de siembra (número de plantas por unidad de superficie) y la fertilización nitrogenada aplicada en un momento crítico de su desarrollo (el inicio de la floración); así como, el efecto combinado de ambas acciones.

b) Elaborar un modelo que reflejara el desarrollo de su capacidad de almacenamiento y su posterior análisis estadístico (Fraser y Eaton, 1983), que en último término, condujera a una mejor comprensión de los factores y características que presiden el desarrollo de la cosecha en este cultivo.

El desarrollo de un modelo de este tipo, suficientemente contrastado, podría tener interés en futuras investigaciones de agrónomos y genetistas; al estudiar, respectivamente, las operaciones de cultivo más adecuadas y la selección de los cultivares más prometedores, en su intento de mejorar la producción de los cultivos de habas en nuestro país.

Por último, nos pareció imprescindible realizar una revisión bibliográfica sobre los temas objeto de nuestro estudio; que aunque necesariamente incompleta,

ayudaría a centrar nuestra investigación en el marco global del extenso conocimiento que actualmente se posee sobre la planta y los cultivos de Vicia faba L. Naturalmente, en nuestro intento debería reducirse, por definición, a aquellas facetas directa o indirectamente relacionadas con nuestros objetivos experimentales y la interpretación de los resultados obtenidos.

2.- INTRODUCCION



## 2.1 DESCRIPCION BOTANICA.

### 2.1.1 GENERO VICIA, Linneo.

El Género Vicia se halla encuadrado en la Tribu Vicieas D.C. dentro de la Subfamilia Papilionoideae de la Familia LEGUMINOSAE, la cual está integrada actualmente en el Orden Fabales (Takhtajan, 1980; Cronquist, 1981; Ehrendorfer, 1985).

La palabra Vicia parece más verosímil que proceda de las palabras griegas bikión y bikos, utilizadas para designar leguminosas parecidas a Vicia sativa según Varro (c. f: Hegi, 1506, citado por Guinea, 1953). Según Fournier (1961), es el nombre antiguo de las vezas cultivadas.

El número de especies comprendidas en este género no varía mucho, ni por la época del estudio, ni por el autor; quedando comprendido entre las 148 especies (Polhill y Van der Maesen, 1985) y las 150 (Hegi, 1506 c.p. Guinea 1953).

Su distribución geográfica comprende la mayor parte de la zona templada del emisferio boreal, tanto en el antiguo como en el nuevo mundo, con penetración de algunas especies en Sudamérica, localizadas en la zona Andina. Algunas son subcosmopolitas. Probablemente el foco más importante de desarrollo y expansión del género Vicia se encuentra en la cuenca mediterránea y en Oriente Medio (Guinea, 1953).

Estas plantas encuentran condiciones estacionales favorables desde la orilla del mar, hasta las cumbres de las montañas, localizándose entre los 0 - 2.500 m. s.n.m., si bien prefieren los pisos inferiores y medios, y muestran una gran tendencia a establecerse en los cultivos, barbechos, setos, orillas de los caminos y campos abandonados. En ocasiones, sobre todo si el año es lluvioso, pueden determinar daños de consideración en las cosechas como malas hierbas de multiplicación profusa. En prados cabe considerarlas como forrajeras de calidad que oscila entre mediana y buena. Numerosas especies, sobre todo las de montaña, son silicícolas francas, en tanto que las arqueofitas

se muestran indiferentes o calcícolas. Son plantas muy comunmente sanas aunque padecen el ataque de criptógamas e insectos.

### 2.1.2 Vicia faba, LINNEO.

Linneo describió esta especie por primera vez en el año 1753, en Species Plantarum, Editio Princeps.

#### 2.1.2.1 Descripción.

##### a) Porte

Es una planta anual, totalmente lampiña y algo suculenta o carnosa, con los tallos por lo común aislados, erguidos e indivisos, raramente ramificados, huecos, tetragonales, de aristas agudas y de unos 40-60 cm. (en algunos extremos hasta 100 cm. de altura.

##### b) Hojas

Hojas carnosas de color verde glauco claro, que se torna negruzco con la desecación. con el eje foliar o raquis robusto que se prolonga en una breve punta en vez de llevar zarcillo y con 2-3 (en las hojas inferiores uno solo) pares de folíolos sésiles que aparecen arrollados en la yema foliar (en oposición a la mayoría de las especies del género Vicia) su forma es desde aovada hasta elíptica de 4-10 cm. de longitud por 1-2 cm. (hasta 4) de anchura, desde puntiagudos hasta redondeados y muy obtusos, enteros, lisos y con escasos nervios laterales arqueados. Estípulas grandes semisagitadas, enteras o débilmente dentadas, con o sin nectarios pequeños de color violeta oscuro.

##### c) Flores

Flores grandes de 2-3 cm de longitud, por lo común reunidas en racimos paucifloros de 2 a 4 flores (solo excepcionalmente pueden hallarse juntas hasta 12 flores) algo aromáticas. La época de floración es



marzo, para las formas más tempranas, y de Abril a Julio, para las demás.

d) Cáliz

Cáliz tubuloso, pálido, con la base verde negruzca y dientes puntiagudos, lanceolados, el inferior más largo que los superiores, pero a su vez más corto que el tubo calicinal.

e) Corola

La corola habitualmente blanca, estandarte recto y proyectado hacia delante, rayado de violeta o de marrón, raramente lila o totalmente violáceo; alas mucho más cortas, con una gran mancha apical de tonalidad negro violácea.

f) Gineceo

Estilo con la punta revestida de pelos en forma de pelusa, barbado en su cara externa y estigma casi bilobulado.

g) Fruto

Legumbre, al principio erguida y después colgante, casi redonda o cilíndrica, de 8-12 cm. de longitud por 1-2 cm. de anchura y con hinchamientos producidos por las 2-5 semillas que habitualmente contiene, lampiña o recubierta de vello corto, al final de color marrón oscuro, con las valvas dotadas de abolladuras, gruesas y en su interior con tabiques transversales evanescentes formados por un leve parénquima esponjoso.

h) Semillas

Las semillas tienen forma más o menos comprimida midiendo desde 10 a 35 mm. de diámetro mayor, de aristas redondeadas, de brillo graso y coloración

marrón clara o gris amarillenta, que deviene marrón rojiza o verdosa de tonalidad uniforme o manchada de nubes grises con hilo negruzco muy grande, alargado y terminal.

#### 2.1.2.2 Origen.

Se sabe que Vicia faba, L. ha sido cultivada desde el Neolítico, y puede decirse que se conoce desde el comienzo de la Agricultura. Es lógico suponer que el uso de las habas como Especie cultivada comenzo en el Oriente Próximo y se extendió con la cultura Neolítica a través del mundo (Cole, 1970). Esto no significa que la planta fuera desconocida en otras regiones, particularmente en los países mediterráneos. Se han datado semillas de Vicia faba L., de 6000-6500 años A.C. a 9Km de Nazaret (Kislev, 1985).

Según Guinea (1953), algunos autores señalan la existencia de V. faba, L. en el Caspio y en Argelia. Del Amo y Mora (1873), opina que su patria es la orilla del mar Caspio.

Burkart (1952) opina que es una especie desconocida en estado silvestre y que probablemente es una planta "cultígena", derivada de la vecina V. narbonensis L.

Ball (1968) opina que su origen es desconocido, pero señala que algunos autores la consideran nativa del S.O. de Asia y otros del N. de Africa, pero indudablemente no serían las plantas conocidas en esas áreas; añadiendo una teoría alternativa por la que se habría desarrollado bajo cultivo de V. narbonensis, con la cual presenta semejanzas en muchos caracteres.

Por otra parte, Polhill y Van der Maesen (1985) afirman que la información de taxonomía numérica del comportamiento reproductor y estudios bioquímicos (por ej.: cantidad de DNA nuclear), han situado a V. faba, L. muy lejos de la especie V. narbonensis, a pesar de las similitudes morfológicas.



más antigua) y faba; esta última dividida en dos variedades: faba y equina.

Según Burkart (1952), citando a Alefeld (1866), Sirks (1932) y Fruwirth (1921), la subdivisión de la especie en dos subespecies es más natural que la división en tres como sostienen otros autores; Sirks fundamenta su opinión sugiriendo que los cruzamientos dentro de las subespecies mayor y minor son fáciles, no así entre ambas; que los híbridos F1 entre las subespecies citadas tienen a veces esterilidad cigótica y finalmente, que los híbridos recíprocos no fueron idénticos.

## 2.2. LAS LEGUMINOSAS EN LA AGRICULTURA.

### 2.2.1 EN LA AGRICULTURA ACTUAL.

Cuando se observa la distribución en superficie y producción de los principales cultivos actuales (Tabla 2.1) se aprecia que la posición de las leguminosas no es lo buena que cabría esperar, para ser los únicos cultivos basados en su contenido proteínico, ya que las proteínas de la soja y el cacahuete son subproductos de la obtención de aceite (Moreno, 1983).

La Tabla 2.1 muestra el énfasis que la agricultura moderna ha puesto en <sup>los</sup> hidratos de carbono y grasas; si se considera que como fuente de proteínas solo están la soja y las leguminosas grano, y como fuentes de vitaminas los cítricos y el tomate. Como vemos, la alimentación del hombre basada en el Reino Vegetal deja bastante que desear en cuanto a equilibrio entre principios básicos.

Debe hacerse una aclaración. La soja duplica, por lo menos, la cantidad de proteínas por las leguminosas grano. No puede pensarse, sin embargo, que aquella contribuya al relativo equilibrio de la dieta más que éstas, puesto que (al ser la proteína de la soja un subproducto industrial) se utiliza en países desarrollados casi exclusivamente para alimentación animal; las leguminosas grano, por el contrario, están ampliamente diseminadas por las zonas donde el consumo

Tabla 2.1.- Superficie, Producción y Rendimiento de los cultivos mas importantes a nivel mundial. (FAO, 1976).

	<u>PRODUCCION</u>	<u>SUPERFICIE</u>	<u>RENDIMIENTO</u>
1. TRIGO	417	235	17.7
2. ARROZ	345	142	24.3
3. MAIZ	334	118	28.3
4. PATATA	288	21	136.3
5. CEBADA	190	93	20.3
6. BATATA, NAME	136	15	90.7
7. TAPIOCA	105	12	87.5
8. CULTIVOS SACARIFEROS	98	--	--
9. SOJA	62	45	13.8
10. BANANAS Y PLATANOS	56	--	--
11. CITRICOS	53	--	--
12. LEG. GRANO SECO	52	70	7.4
13. SORGO	52	44	11.8
14. MIJOS	51	73	7.0
15. AVENA	50	30	16.7
16. FRUTAS	41	--	--
17. TOMATE	41	2	205.0
18. ALGODON	36	31	11.6
19. COCO	33	--	--
20. CENTENO	28	16	17.5
21. CACAHUTE	18	19	9.5

(a) Producción: En millones de Tm.

(b) Superficie: En millones de Ha.

(c) Rendimiento: En Qm/Ha.

de carne es mínimo. Un aumento de la proporción de proteína en el grano tendría una incidencia mayor en estas zonas, a nivel de la alimentación, que el incremento análogo en cereales o soja (Moreno, 1983).

### 2.2.2 EL CULTIVO DE LAS LEGUMINOSAS GRANO.

A pesar de que la idea de lo que es una leguminosa de grano es casi intuitiva por lo familiar, la aplicación del término encuentra ciertas dificultades prácticas. Es obvio que "leguminosas-grano", son aquellas especies de la Familia LEGUMINOSAE que son utilizadas por sus granos, pero tal definición implica que, por ejemplo, las judías para consumo verde no sean consideradas como tales (de hecho las judías, guisantes y habas para verdeo se encuentran normalmente en las estadísticas bajo la denominación de hortícolas). Por otra parte, soja y cacahuete se cultivan por sus granos, pero son comúnmente clasificadas como oleaginosas. Parece conveniente, pues, imponer una restricción más: que los granos secos sean utilizados para consumo directo sin mayores modificaciones que las operaciones sencillas necesarias para la preparación de alimento de hombres y animales (Cubero, 1983).

En la Tabla 2.2, se muestran los principales cultivos incluidos dentro del grupo de leguminosas-grano, ordenadas en función de su producción, superficies y rendimientos. Es interesante señalar los bajos rendimientos que presentan todas las especies de este grupo, índice de una Agricultura de caracteres primitivos. Puede verse como solo cuatro especies (judías grano, guisantes, garbanzos y habas) cubren las tres cuartas partes de la producción y de la superficie totales; el concepto de "otros" incluye a más de 20 especies, lo que da una idea del tipo de cultivo a que están sometidas.

### 2.2.3 SITUACION ESPAÑOLA DE LOS CULTIVOS DE LEGUMINOSAS GRANO.

En la Tabla 2.3. se presentan algunos datos estadísticos (superficie, producción y rendimiento) de

Tabla 2.2.- Superficie, Producción y Rendimiento de los principales cultivos de leguminosas grano en el mundo (FAO, 1972, 1976).

	<u>PRODUCCION</u>	<u>SUPERFICIE</u>	<u>RENDIMIENTO</u>
1. JUDIA GRANO	12580	24121	5.2
2. GUISANTE	13427	9966	13.5
3. GARBANZO	7466	10784	7.0
4. HABA	6187	5483	11.3
5. VEZAS	2042	1879	10.9
6. CAYAN	1720	2587	6.7
7. CAUPI	1260	4953	2.5
8. LENTEJA	1236	1800	7.0
9. ALTRAMUZ	715	1042	7.2
10. OTROS	3569	6324	5.6
TOTALES	50202	68939	7.3

(a) Producción: x1000 Tm      (b) Superficie: x1000 Ha  
(c) Rendimiento: Qm/Ha

Tabla 2.3.- Superficie, Producción y Rendimiento de los principales cultivos de leguminosas grano en España (Anuarios Estadísticos de Producción Agraria).

PERIODOS	1925-1930			1972-1976		
	SUPERF.	PRODUC.	RENDIM.	SUPERF.	PRODUC.	RENDIM
Guisantes secos	61.8	40.8	6.6	12.8	10.4	7.9
Guisantes verdes	0.9	2.5	27.0	14.0	59.1	42.5
Judias secas	284.1	174.1	6.2	17.2	200.3	6.6
Judias verdes	5.6	47.0	84.3	24.4	113.5	113.0
Habas secas	207.2	189.2	9.2	116.7	113.6	9.7
Habas verdes	1.1	5.8	51.3	16.0	131.1	80.8
Lentejas	31.2	23.8	7.5	69.3	45.5	6.6
Garbanzos	231.6	126.1	5.4	129.9	73.1	5.6
Almortas	34.3	19.2	5.6	5.4	3.4	6.0
Altramuz	16.5	11.2	6.8	3.6	2.3	6.2
Algarrobas	201.5	122.5	6.1	49.3	31.7	6.3
Yeros	76.0	61.9	8.3	70.7	50.2	7.0
CULTIVOS DE REFERENCIA						
Patatas	333.6	3552.9	105.7	398.6	5508.7	138.4
Maíz	458.2	722.1	15.8	494.7	1858.6	37.5
Remolacha	65.0	1739.0	264.7	206.3	6241.2	297.6
Trigo	4331.7	4063.3	9.4	3066.8	4360.0	14.4
Cebada	1791.0	2129.0	11.9	1964.0	5273.0	17.7

(a) Superficie: x1000 Ha  
(b) Producción: x1000 Tm  
(c) Rendimiento: Qm/Ha



las especies de leguminosas-grano típicamente españolas, a lo largo de dos periodos de 5 años cada uno, 1925-1930 y 1972-1976, así mismo se muestran los mismos datos correspondientes a 5 especies no leguminosas de la mayor importancia económica y que sirven de término de comparación.

Puede observarse en lo que respecta a las de grano seco, que la única especie cuya superficie ha aumentado es la lenteja; lo mismo ocurre con la producción. Las demás especies han sufrido disminuciones, en determinados casos drásticas, tanto en superficie, como en producción; los rendimientos medios son prácticamente iguales en los dos periodos lo que denota que, tanto las variedades, como las técnicas de cultivo, han sido sensiblemente parecidas.

La impresión general es que las leguminosas para grano seco han sufrido una fuerte contracción en superficie lo que, junto con el hecho de que se han mantenido básicamente las mismas variedades y técnicas de cultivo, ha ocasionado un fuerte descenso de la producción (Moreno, 1983).

También contrastan con los datos de la evolución de las leguminosas grano, los expuestos para las 5 especies de referencia. Los rendimientos han aumentado en los 5 casos, aunque en el caso de la remolacha este incremento no haya sido tan importante como para el resto, debido quizá, a que la enorme expansión de su cultivo ha llevado a utilizar tierras no idóneas para el mismo. El caso contrario lo presenta el trigo: la gran reducción registrada en su superficie (casi el 30 %) ha ido acompañada con un claro aumento en rendimiento (más del 50 %) a diferencia de lo que ocurre en el caso de las leguminosas-grano. Es igualmente significativo el caso del maíz: la misma superficie produce más del doble gracias al uso de híbridos. Lógicamente, estos incrementos son función del perfeccionamiento de las técnicas agrícolas y, en gran medida, de la obtención de nuevas variedades (especialmente en los casos del maíz, trigo y cebada) (Moreno, 1983).

### 2.3 SITUACION ACTUAL DE LOS CULTIVOS DE HABAS.

Las habas son un cultivo ampliamente extendido, tanto en las zonas templadas, como en las regiones subtropicales.

Se cultivan una gran variedad de fenotipos, predominando los cultivares de semilla pequeña en el N. de Europa, Valle del Nilo, Etiopía, Afganistán, India y América del Norte. Por el contrario, es el tipo mayor (de semilla grande), el que predomina en la Cuenca Mediterránea, O. de Asia, China y América Latina.

En los países más desarrollados la mayor parte de su producción se destina a la alimentación de la ganadería, mientras que en las zonas de menor desarrollo la producción se dirige preferentemente al consumo humano.

Los tipos minor y equina suelen recolectarse en seco, mientras que la mayor parte del tipo mayor se recoge en verde para el consumo humano.

Las habas en el pasado han representado un importante papel en la agricultura de muchas regiones. Sin embargo, a lo largo de este siglo, se ha producido una drástica disminución de su cultivo; como consecuencia, en primer lugar, del abandono del caballo como animal de tiro en amplias zonas mundiales, ya que constituían las habas una gran parte de su dieta.

Por otra parte, por la fuerte competencia originada por la introducción (a partir de los años 60) de cultivos de menor variabilidad y mayor producción: como las variedades semi-enanas de trigo.

Sin embargo, en los últimos 10 años, se ha renovado el interés por el cultivo de las habas a nivel mundial. El aumento de los costes de las proteínas, el intento en muchos países de lograr una seguridad e independencia de las importaciones de proteína, la necesidad de una diversificación en la agricultura y posiblemente el rápido aumento de la población mundial, ha contribuido a recuperar el interés por ellas.

### 2.3.1 PRODUCCION MUNDIAL DE HABAS.

Las habas constituyen en la actualidad uno de los cultivos de leguminosas para grano más importantes a nivel mundial. En 1981 la superficie dedicada a su cultivo era de 3.6 millones de Ha (en alrededor de 50 países) con una producción total que superaba los 4 millones de Tm (FAO, 1981).

En la Tabla 2.4 (FAO, 1981), confeccionada con los datos de las Naciones Unidas, se puede observar que la contribución China a su cultivo es realmente significativa, representando casi un 65 % de la producción mundial, siguiéndole en producción Etiopía con solo el 6.6 % . Otras zonas importantes de cultivo de habas son el Norte de Europa, los Países Mediterráneos y Sud-América.

Independientemente a si se ha producido o no un aumento de la producción anual total en los últimos 10 años, es evidente que no ha crecido en la misma medida de la población dependiente de este cultivo.

A continuación se hace un repaso de las principales zonas productoras a nivel mundial:

#### 2.3.1.1 Europa.

El cultivo de las habas en Europa está localizado en dos áreas con características distintas: (a) Países Mediterráneos, caracterizados por Inviernos de suaves temperaturas y húmedos, una corta Primavera y un largo y caluroso Verano; y (b) Norte de Europa, caracterizado por Inviernos fríos, Primaveras más largas y Veranos de temperaturas suaves.

##### a) Norte de Europa.

Incluyendo las regiones del Norte de España, Norte de Italia, Sur-Oeste de Francia, Grecia y Yugoslavia. El cultivo se extiende a zonas tan al Norte como Suecia con 4740 Ha en 1978, Dinamarca y Finlandia. Los principales productores son Checoslovaquia, Inglaterra y Francia (Tabla 2.4.).

Tabla 2.4.- Superficie, rendimientos y producción de los principales países productores de habas (FAO 1981)

PAIS	SUPERFICIE		RENDIMIENTO Kg/Ha	PRODUCCION x1000 Tm
	x1000 Ha	% arable		
AFRICA	708		1012	716
Argelia	46	0.67	630	29
Egipto	105	4.07	2495	262
Etiopía	325	2.47	852	277
Marruecos	130	2.15	500	65
Sudán	17	0.13	1243	22
Túnez	77	2.32	702	54
N. Y CENTRO AMERICA	75	-	1285	97
Guatemala	20	1.35	450	9
Méjico	46	0.18	1716	79
S. AMERICA	232	-	498	115
Bolivia	11	0.34	909	10
Brasil	173	0.32	358	62
Ecuador	8	0.46	575	5
Paraguay	16	0.99	875	14
Perú	23	0.74	913	21
ASIA	2259	-	1236	2791
China	2200	2.34	1227	2700
Chipre	3	0.82	1231	3
Iraq	16	0.30	1049	17
Siria	8	0.13	1834	15
Turquía	30	0.12	1767	53
EUROPA	380	-	1487	565
Checoslovaquia	41	0.81	1705	71
Francia	21	0.12	3129	65
R.D.A.	6	0.13	1898	11
R.F.A	4	0.05	3266	14
Grecia	6	0.21	1403	9
Italia	162	1.74	1270	206
Portugal	31	1.11	514	16
España	63	0.55	810	51
Inglaterra	45	0.69	2710	122
AUSTRALIA	10	0.02	1500	15
E. EUROPA Y U.R.S.S.	47	0.02	1728	82
TOT.MUNDIAL	3619	-	1154	4178

Su cultivo tuvo una gran expansión al final del siglo XIX y comienzos del actual, cuando era utilizado para la alimentación animal, fundamentalmente de los caballos. En Inglaterra en 1873 se dedicaba a su cultivo 224000 Ha (Hebblethwaite y Davies, 1969), con una superficie casi igual a la destinada al trigo (Bond, 1979).

A partir de finales del siglo XIX, se produce un lento declive motivado posiblemente por la primera gran depresión agrícola y por las importaciones de otras proteínas vegetales más baratas. Durante éste periodo de tiempo se observan grandes oscilaciones en los rendimientos obtenidos. La Primera Guerra Mundial detiene momentáneamente su declive como consecuencia de la disminución de las importaciones. Por otra parte el aumento en la producción de corderos potencia su cultivo.

Una vez finalizada la 1ª Guerra mundial, son abandonadas las políticas proteccionistas por lo que vuelve a descender la superficie de cultivo motivado por la competencia de las proteínas importadas.

Durante la última etapa de la 2ª Guerra Mundial, vuelve a aumentar transitoriamente su cultivo, descendiendo al final de la misma. Con la introducción de nuevas variedades en 1950 hay un resurgimiento momentáneo; pero no es hasta el periodo comprendido entre 1963 y 1970 cuando la superficie cultivada pasa de 23000 a 89000 Ha (un aumento del 286 %). El principal motivo fué su empleo como cultivo alternante en la producción de cereales (Hebblethwaite, 1979). Este interés fué temporal y a partir de 1969 continua su declive, llegando en 1981 a una superficie cultivada en Inglaterra de solo 46000 Ha.

Una de las principales causas del declive de su cultivo en la mayor parte de los países europeos a sido motivada por las grandes oscilaciones en sus producciones, que comparadas con las de los cereales, son sensiblemente mayores. Por otra parte sus rendimientos medios, al contrario de lo que ha ocurrido con los cereales, permanecen estancados desde hace más de un siglo.

En la Tabla 2.5, se observan los índices de estabilidad de algunos cultivos, comprobándose que los de las habas son mucho más inestables que el trigo, cebada, patatas o avena.

Tabla 2.5.- Índice de estabilidad de la cosecha (%) de algunos cultivos. Periodos 1866-1968 y 1866-1979.

<u>CULTIVO</u>	<u>I. DE ESTABILIDAD</u> (1866-1979)
Habas	137
Trigo	53
Cebada	35
Avena	33
Patatas	71

En Francia a ocurrido un proceso similar al de Inglaterra, pasando de 150000 Ha en 1862 hasta las 20000 Ha actuales.

En el N. de Europa las habas son normalmente sembradas en primavera, aunque los cultivares a las condiciones de sus suaves veranos son también empleados, especialmente en Francia e Inglaterra.

#### b) Región Mediterránea.

Esta región comprende a los países del N. de Africa (Marruecos, Argelia, Túnez y Libia), O. de Asia (Jordania, Libano, Siria, Turquía y Chipre) y S. de Europa (Italia, España, Portugal y S.O. de Francia). En 1979 la superficie cultivada de habas en esta región era de 650000 Ha, siendo Italia, Marruecos y España los principales productores. A lo largo de la Cuenca Mediterránea las habas son plantadas como cosecha de invierno, siendo sembradas entre Octubre y Enero y recolectadas antes de los máximos calores del verano. Suele ser un cultivo de secano en la mayor parte de las zonas con precipitaciones superiores a los 350 mm,

aunque también crece en áreas con precipitaciones menores siendo necesaria la suplementación mediante el riego.

En los países del N. de Africa, las habas representan alrededor del 50 % de la producción total de leguminosas para grano, localizándose su cultivo fundamentalmente en las franjas costeras. Marruecos es el principal productor, dedicando un 45 % de su producción a la exportación (Watson, 1980 c).

Una gran parte de la producción en el N. de Africa se destina al consumo humano.

En los países del S. de Europa, las habas continúan siendo un cultivo de cierta importancia, aunque su superficie al igual que en los países del N. de Europa, ha caído desde la 2ª Guerra Mundial. En el periodo comprendido entre 1929 y 1960, Italia fué el 4º productor mundial con superficies que oscilaban entre 500000 y 600000 Ha. Sin embargo sus producciones presentan fuertes oscilaciones comprendidas entre las 200000 y 600000 Tm, reflejando la inestabilidad típica de los rendimientos de estos cultivos. Aunque se constata un progresivo aumento de los rendimientos de 1,0-1,3 Tm/Ha, durante la década 1971-81 a 3,2-5,7 Tm/Ha en los últimos años, gracias al programa de selección del ICARDA (Annicchiarico, 1985).

En España se han producido fuertes disminuciones en los últimos 50 años. En el periodo 1925-1930 la superficie de cultivo era de 208300 Ha pasando a 132700 Ha en el periodo 1972-1976 (Cubero y Moreno, 1982); centrándose su cultivo en las zonas S. y E. mediterraneas, siendo el 75 % seco y el resto con riego suplementario.

#### c) El Valle del Nilo.

En Egipto, las habas constituyen uno de los cultivos más importantes siendo bastante frecuente en las provincias del N. de Sudán a lo largo del Valle del Nilo. En Egipto se cultiva en todo el país, siendo la provincia de Minia en el Medio Egipto la de mayor

producción.

Desde 1950 las producciones medias han aumentado en un 39 %, a pesar de que la superficie destinada a su cultivo permanece prácticamente invariable (Ibrahim, Nassib y El-Sherbeeney, 1979).

#### 2.3.1.2 Asia.

China es con gran diferencia el principal productor mundial de habas, aunque desde hace 10 años esté descendiendo su cultivo.

En el S. y el SO. de China son sembradas en Otoño (Septiembre - Octubre), recolectándose entre Mayo y Junio. Suele alternarse con el cultivo del arroz o bien cerrando el ciclo del maíz o del algodón.

En el N. y NO. del país, donde sufren inviernos severos, suele sembrarse al comienzo de la primavera, entres meses de Marzo y Abril, recolectándose desde Junio al comienzo de Agosto. En estas regiones, las habas se cultivan en rotación con el trigo (Tao, 1981). El tipo más empleado es el mayor, recogándose tanto en seco como en verde.

### 2.4 FISIOLOGIA DEL DESARROLLO DE VICIA FABA, L.

#### 2.4.1 GERMINACION

##### 2.4.1.1 Algunos Aspectos Diferenciales de la Semilla.

A pesar de que existe un amplio rango de tamaños que caracteriza las diferentes formas de habas para grano, sin embargo, la estructura de sus semillas permanece prácticamente invariable. Los cotiledones constituyen la mayoría de los tejidos de almacenamiento, representando aproximadamente entre el 84 y el 88 % del peso seco de la semilla; de los cuales la testa representa del 11 al 14 % y el eje embrionario (plúmula y radícula) del 0.6 al 1.3 %. Existe una tendencia, por la cual disminuye la proporción del eje



embrionario a medida que aumenta el tamaño de la semilla.

La capacidad para germinar correctamente, se ha visto que se encuentra fuertemente dependiente del desarrollo completo de la semilla (El Bagoury, 1975). Comprobándose que la capacidad de germinación aumenta con el tiempo de almacenamiento de la semilla una vez recolectada, alcanzando un valor máximo transcurridos tres meses.

Así mismo se ha observado que existe una gran variabilidad en la permeabilidad de las semillas, sin que se encuentre bien conocida la causa.

Rowland y Gusta (1977), comprobaron que cuando se produce una toma de agua excesivamente rápida, va acompañada con el resquebrajamiento de los cotiledones.

Por otra parte existe una relación inversa entre la duración de la inmersión y el porcentaje de germinación (Rowland y Gusta, 1977). No encontrándose bien estudiado, si en las condiciones de germinación en el suelo, la entrada de agua es suficientemente rápida como para crear los daños descritos anteriormente. Así mismo no se conocen las causas de la diversidad en la permeabilidad de las semillas que presentan un mismo tamaño.

#### 2.4.1.2 El Proceso de la Germinación

La germinación en Vicia faba, L. es hipogea, comenzando con el crecimiento de la radícula, seguida un poco más tarde por la elongación del tallo. La toma de agua inicial necesaria para la germinación se produce más rápidamente cuando las semillas están totalmente sumergidas. Bajo estas condiciones la germinación, a una temperatura de 21° C, ocurre entre las 36 y 48 horas, doblandose su peso fresco; produciendose con frecuencia el resquebrajamiento de los cotiledones, como se indicó en el apartado anterior.

La intensidad de toma de agua, durante estos primeros estadios, se encuentra intensamente relacionada con el área en contacto entre la semilla y el agua; así como del potencial hídrico del agua en contacto con ella (Harper y Benton, 1966); aumentando el tiempo de germinación a medida que disminuye la toma de agua. Por término medio la germinación ocurre cuando la semilla absorbe de 0,82 a 0,86 gramos de agua por gramo de peso seco (Harper y Benton, 1966).

Durante el desarrollo de la germinación se produce un gran flujo de nutrientes (una vez hidrolizados) desde su almacenamiento en los cotiledones; habiéndose estudiado con mayor intensidad en Vicia faba, L., los constituyentes proteínicos de la semilla.

Transcurridos 14 días (desde la siembra en un medio con ausencia de nitrógeno y estéril) aproximadamente os terceras partes de las proteínas almacenadas han sido hidrolizadas (Boulter y Barber, 1963). Al mismo tiempo se detecta la disminución de ciertos aminoácidos (especialmente arginina, treonina y serina) a la vez que otros son sintetizados. La disminución de arginina va precedida por un aumento de la arginasa, cuya actividad llega a ser diez veces mayor durante los ocho primeros días de la germinación (Kollöffel y Stroband, 1973).

La división celular inicial durante la germinación ha sido estudiada principalmente a nivel de radícula. El primer crecimiento que se observa, entre 48 y 60 horas a 20° C., es el que provoca la emergencia de la radícula, y solo implica una entrada de agua, no produciendo incremento del peso seco o de la división celular (Rogan y Simon, 1975).

Una vez ocurrida la emergencia, comienza simultáneamente la división celular y el aumento del peso seco, con las primeras transferencias de nutrientes desde los cotiledones, originándose un aumento de los niveles de crecimiento relativo (Rogan y Simon, 1975).

## 2.4.2 CRECIMIENTO VEGETATIVO

### 2.4.2.1 Crecimiento Radical

La organización de la división celular y la diferenciación en el crecimiento del ápice radical, han sido materia de estudio de muchos investigadores. Transcurrida una semana tras la germinación, aparece una cofia bien desarrollada, presentando una zona de división activa que la va regenerando. Inmediatamente detrás, se encuentra un centro quiescente en donde las divisiones celulares ocurren lentamente. Por debajo se encuentra la zona meristemática en donde las divisiones celulares ocurren rápidamente (Clowes y Hall, 1962; Luxova y Murin, 1973). El centro quiescente se encuentra a 50 nm por debajo del extremo meristemático, estando constituido por mil células aproximadamente (McLeod y Mc Lachlan, 1974). Siendo su nivel de división celular diez veces menor que el del tejido meristemático que se encuentra por debajo de él (Luxova y Murin, 1973; Ohwaki y Tsurumi, 1976); y cesando, en primer lugar, en los polos del protofloema, seguido por el resto de la estela y de otras capas de la corteza. En el periciclo, endodermis y corteza inerte, las divisiones celulares continúan por más tiempo.

La diferenciación vascular empieza a producirse en el floema primario, aproximadamente 0,77 mm. por detrás de la zona de división celular; y en el xilema, 0,4 mm. más atrás.

Todo el crecimiento en longitud de la raíz principal depende de la intensidad de las divisiones celulares que ocurren en el ápice, siendo máxima, entre 4 y 6 días tras la siembra, y disminuyendo posteriormente. Así mismo, se ha comprobado, que la reducción de la intensidad del crecimiento va acompañada de un incremento en el tamaño del centro quiescente (Hall et al., 1962; MacLeod, 1976 a).

La iniciación de las raíces laterales ocurre (entre 2 y 3 días) tras haberse producido la emergencia de la raíz primaria de la semilla; comenzando con la división de un grupo de aproximadamente 24 células del periciclo, las cuales forman una masa celular que

comienza a organizarse (como ápice radical) cuando alcanzan unas 1500 células (Davidson, 1966a; Friedberg y Davidson, 1971). Estas raíces progresan a través de la corteza que las rodea, emergiendo entre 5 y 6 días tras su iniciación.

El número de raíces laterales que se inician, se encuentra correlacionado con el crecimiento de la raíz primaria (MacLeod, 1976 a); de esta manera, coinciden los valores máximos de iniciación de raíces laterales con el crecimiento máximo de la raíz principal.

Este patrón de crecimiento radical, continúa durante el desarrollo de la planta (en condiciones de campo) aumentando progresivamente el orden de ramificaciones laterales.

#### 2.4.2.2 Crecimiento del Tallo

Manteniendo las condiciones ambientales constantes, la elongación del tallo se produce de forma exponencial hasta alcanzar unos 5 cm. de longitud; viéndose en esta primera etapa, influida la intensidad del crecimiento por la temperatura (Evans, 1957). Posteriormente, la intensidad de la elongación permanece constante durante toda la etapa vegetativa y los primeros estadios del crecimiento reproductor. Durante este tiempo se va a producir simultáneamente, y a un ritmo constante, la formación de entrenudos y su elongación.

Posiblemente, no todos los cultivares de Vicia faba, L., sigan las mismas pautas en el crecimiento del tallo.; así Millet (1974), empleando el cultivar Sutton, comprobó que cada entrenudo presenta una cierta independencia de los demás, dependiendo su crecimiento de la hoja inmediatamente inferior; por lo que cuando esta hoja se elimina se origina un entrenudo corto, independientemente de su secuencia. Estos resultados sugieren una clara influencia entre las hojas y la división celular del entrenudo inmediatamente superior.

Por otra parte, el ápice meristemático del tallo, presenta un patrón de crecimiento, por el que de forma

gradual, durante el crecimiento vegetativo y hasta la aparición de las primeras flores, aumenta el tamaño y la complejidad de la parte aérea. Esto ocurre más temprano en los cultivares que presentan mayor tamaño de semillas (Graman, 1972).

El hábito de ramificación de Vicia faba, L., es similar al resto de las leguminosas (Dormer, 1954), apareciendo una serie de yemas axilares con una disposición centrífuga. El desarrollo de estas yemas, para originar ramificaciones axilares, se ha visto que varía ampliamente, debido a la influencia de la dominancia apical. Se ha sugerido por Couot Gastellier (1979 a), que esta dominancia depende en parte de las conexiones vasculares de la yema, y por lo tanto de la influencia que origina sobre su nutrición. Así, las yemas que presentan una inhibición más fuerte son las presentes en el nudo de los cotiledones, que tienen unas conexiones vasculares directas con los mismos; siendo posiblemente unas fuentes de metabolitos pobres, debido a que los materiales almacenados en ellos fueron disipados durante la germinación. Las yemas presentes en las axilas de las hojas desarrollan conexiones vasculares con las hojas verticalmente encima de ellas. En una planta intacta la yema primera es la que presenta un crecimiento más rápido, seguida de la segunda, mientras que las yemas de los cotiledones permanecen durmientes.

Cuando se decapita a una planta (a nivel del segundo nudo) el crecimiento en las dos primeras yemas por debajo del corte se incrementa hasta cinco veces (Couot Gastellier, 1978, 1979 b), demostrando que todas las yemas presentan potencialidad para un crecimiento rápido, incluso cuando se encuentran normalmente inhibidas durante el ciclo de desarrollo de la planta. Este potencial de las yemas para comenzar a crecer una vez eliminado el influjo de la dominancia apical, puede persistir durante largos periodos de tiempo.

La producción de auxinas por parte de la yema apical, o su aplicación en la superficie del corte en las plantas decapitadas, se ha visto que se encuentra implicada en el mecanismo de la dominancia apical (Panigrahi y Audus, 1966). Existiendo un rápido

transporte desde la región apical hacia abajo, produciéndose una retención específica de la auxina en las regiones nodales; y como consecuencia, se origina la inhibición del crecimiento de la yema (Bourbouloux y Bonnemain, 1979).

La capacidad de la dominancia apical en determinar el desarrollo de las ramificaciones del tallo, en condiciones de cultivo, se ha visto que depende fundamentalmente de la época de siembra (Chakravarty et al., 1957). Las siembras tempranas presentan una gran capacidad de ramificación, incluso cuando se elimina el tallo principal. Mientras que cuando se realiza una siembra tardía, el tallo principal presenta un desarrollo mucho mayor, en detrimento de las ramificaciones (Chakravarty et al., 1957). Sin embargo, parece ser que mediante el empleo de las modernas variedades, esta variabilidad carece de importancia. Siendo necesario, como requisito para alcanzar unos resultados de producción seguros, un desarrollo morfológico consistente; lo que abre un campo para futuras investigaciones.

#### 2.4.2.3 Crecimiento de las Hojas

Las dos primeras hojas permanecen como vestigios, presentando un tamaño que no supera al de las estípulas, cumpliendo una función exclusivamente de protección del ápice durante el crecimiento de la plantula a través del suelo en el proceso de la germinación; siendo la tercera hoja (a partir de la base del tallo) la primera que presenta un desarrollo completo.

Las primeras hojas presentan dos folíolos, aunque hojas superiores poseen 4 o 6, llegando en ocasiones a presentar 8 o un número aún superior.

El desarrollo de los nudos, como consecuencia del crecimiento del ápice (Evans, 1959) descrito en el apartado anterior, implica un análogo desarrollo constante en la producción de hojas, encontrándose relacionada la intensidad de su producción con la temperatura. Esto ha sido igualmente comprobado en



condiciones de campo (Dennett et al., 1979).

La temperatura es así mismo el principal factor limitante de la expansión foliar, existiendo una relación lineal entre la media de la temperatura máxima y la duración de la expansión del limbo foliar (Auld et al., 1978).

Otros factores como la posición del tallo (Dennett et al., 1979), estrés hídrico (Karamanos, 1978), nutrición mineral (Auld et al., 1978), influyen en la velocidad de expansión, desconociéndose sin embargo su repercusión sobre procesos como la división celular y/o la elongación celular.

#### 2.4.2.4 Características del Dosel Foliar

Ishag (1973 b) ha descrito valores del nivel de crecimiento de la cosecha (CGR) de 43 g/metro cuadrado, durante la primera mitad del mes de Julio. Alcanzándose los máximos valores de CGR, con un índice de área foliar (LAI) de aproximadamente 4,0. Aunque la cosecha de grano, no se encuentra relacionada con la duración del área foliar, no ocurre lo mismo con la materia seca total, que si lo está.

Los valores de (CGR) varían según las condiciones de cultivo, genotipo etc. Así Dantuma y Klein Hulze (1979), describen valores máximos que oscilan entre 13 y 25 g/metro cuadrado, coincidiendo con el periodo de crecimiento lineal del cultivo. Valores semejantes han sido obtenidos en Iraq por Abo El-Zahab, Al Babawy y Nidawy (1881), con 23 g/metro cuadrado. Sale (1977) obtiene valores máximos de 15,5 g/metro cuadrado por día (con una media a lo largo de todo el cultivo de 6,2 g/metro cuadrado x día); lo que representa una eficiencia del 4,8 % en la conversión de la radiación fotosintéticamente activa (PAR).

Fasheun y Dennett (1982), describen para el cultivar Maris Bead valores de eficiencia en la conversión del PAR en producción de materia seca, del 3,4 %. Presentando a lo largo de un periodo de 30 días valores en el nivel de crecimiento de 30 g/metro

cuadrado x día, o lo que es lo mismo 4,1 g de materia seca/MJ de PAR interceptado; lo que representa un valor muy elevado para una especie C3. Estos niveles de crecimiento, suponen una cosecha total de materia seca de 13 Tm/ha, aunque de ellas solo 3,5 Tm/ha corresponden a las semillas.

#### 2.4.2.4.1 Actividad Fotosintética

El proceso bioquímico de la fotosíntesis en Vicia faba, L., se presenta como el de una típica planta C3. Una vez formada la sacarosa, es rápidamente redistribuida entre los distintos tejidos a través del sistema vascular (Outlaw y Fisher, 1975 a; Outlaw et al, 1975).

Cuando en condiciones de luz saturante, la concentración de oxígeno se disminuye desde un 21 % al 2 %, la cantidad de CO<sub>2</sub> fijada aumenta entre el 20 y el 30 % ; lo que confirma a Vicia faba, L., como una típica planta C3.

Ha sido estudiado con relativo detalle, la influencia de determinados déficits nutritivos sobre la intensidad de la fotosíntesis, y la actividad de varios enzimas implicados en hojas individuales. Así se ha visto (Nichiporovich, Nguyen y Andreeva, 1972; Adveeva y Andreeva, 1973; Adveeva, Andreeva y Nichiporovich, 1974) que la influencia del nivel de nitrógeno en la solución nutritiva tiene relativamente poca repercusión sobre los parámetros medidos, siendo necesario para alcanzar una reducción del 30 % de la intensidad fotosintética (medida como CO<sub>2</sub> tomado) una disminución del nivel de nitrógeno hasta una octava parte del nivel normal. La actividad enzimática medida, sigue una tendencia similar a la toma de CO<sub>2</sub>.

El nivel de fósforo, por el contrario, tiene mayor repercusión encontrándose relacionada (la deficiencia de este elemento) con una considerable disminución en la toma de CO<sub>2</sub>, siendo este efecto mucho más pronunciado en hojas viejas que en jóvenes.

La relación existente entre la toma de CO<sub>2</sub> y la



radiación varía en función de las modificaciones del valor del índice de área foliar (LAI) al crecer el cultivo (Sale, 1977).

#### 2.4.2.4.2 Translocación.

El mecanismo por medio del cual es cargado el sistema vascular con fotosintatos desde las hojas, ha sido estudiado mediante el empleo de discos de hoja y el suministro de  $^{14}\text{C}$ -sacarosa (Delrot y Bonnemain, 1978, 1979). Los tratamientos con fusicocina estimulan la incorporación de marcagel interior de los vasos.

La mayor parte de los asimilados movilizados desde una hoja, se dirigen al sumidero más próximo. Por lo tanto, durante el crecimiento vegetativo, las hojas exportadoras de asimilados más jóvenes, los dirigen hacia el ápice del tallo, y a las hojas jóvenes que presentan un balance negativo de fotosintatos; las hojas basales, exportan asimilados fundamentalmente en sentido descendente, hacia el tallo y el sistema radical; finalmente, las hojas localizadas en la parte media de la planta presentan transporte en ambas direcciones (Fritz, 1973; Pearson, 1974). Pearson encontró, que estos patrones de distribución de asimilados, varían (con cierta extensión) a lo largo del día.

Ferreira (1974), comprobó que, en determinadas condiciones, la placa cribosa puede interferir la velocidad de transporte de asimilados a su través. Apareciendo depósitos de callosa en la placa cribosa, en plantas que fueron sometidas a agitación durante una hora. Estos depósitos podrían aparecer en condiciones de viento, bloqueando el transporte de asimilados, especialmente en la zona del tallo próxima a la superficie del suelo, que es la que se encuentra sometida a un mayor estrés de torsión. Aunque este bloqueo se libera a las 2 horas de haber cesado el agitado, (restableciéndose el transporte) sugiere la posibilidad de que (en condiciones de campo y a causa del viento) se produzca cierta reducción del transporte hacia las raíces, afectando por lo tanto al metabolismo radical.

### 2.4.3 CRECIMIENTO REPRODUCTOR.

A pesar de la importancia agrícola del cultivo de las habas, la fisiología de su etapa reproductora es bastante menos conocida que en otras leguminosas.

Los mayores problemas agronómicos y de mejora de este cultivo, están asociados con un sistema de reproducción atípico, así como con la fisiología y anatomía de sus estructuras reproductoras. La reproducción parcialmente aógama ha sido reconocida desde hace bastantes años, habiéndose cuantificado el nivel de autocruzamiento (Bond y Pope, 1974; Poulsen, 1975). Así como las diferencias existentes en la estructura de los estigmas de unas y otras (Lord y Heslop-Harrison, 1984). Igualmente los elevados niveles en la caída de flores y frutos han sido descritos por diversos autores (Kambal, 1969a); sin embargo, los mecanismos fisiológicos que controlan estas características no han sido estudiados hasta hace pocos años.

Las limitaciones impuestas por la excesiva altura del cultivo, la maduración tardía y la competencia entre las estructuras vegetativas y reproductoras, han sido ampliamente reconocidas (Lawes, 1980). Habiéndose propuestos distintos ideotipos a fin de mejorarlas (Chapman y Peat, 1978).

Todo ello hace que sea necesario conocer la arquitectura reproductiva óptima necesaria para lograr un más eficiente reparto de asimilados, con el fin de facilitar el trabajo a los mejoradores.

#### 2.4.3.1 Inducción Floral

Evans (1959), describe a Vicia faba L. como una especie que presenta una respuesta cuantitativa a los días largos, presentando un fotoperiodo crítico de entre 12 y 13 horas que provoca la inducción floral.

#### 2.4.3.2 Abscisión de Estructuras Reproductoras

El aborto de flores y frutos, es una característica muy común en plantas con flores, siendo particularmente pronunciado en las Leguminosas. Su significado ecológico ha sido recientemente discutido por Stephenson (1981). En Vicia faba, L. parece ser que la caída de flores opera como un mecanismo de mantenimiento de un bajo nivel de frutos, tras un largo periodo de floración, retrasando de esta manera la senescencia de toda la planta y optimizando las oportunida para el autocruzamiento (Gates et al., 1982). Estas características de las habas entran en conflicto con los requerimientos de elevados niveles de frutos y con una madurez de los mismos uniforme, necesarias en una agricultura mecanizada.

Smith (1982 c), siguió a lo largo de tres años agrícolas en el Instituto de Mejora Vegetal de Cambridge, la abscisión floral de Vicia faba, L. en ocho cultivares, obteniendo resultados de abscisión que variaban entre el 36 y el 87 %. Sin embargo en todos los casos la abscisión ocurre inmediatamente después del colapso de los pétalos.

La caída de las flores dentro del racimo presenta un patrón común en los distintos cultivares. Aumentando el porcentaje de caída en las flores distales dentro del racimo. Igualmente existe un progresivo aumento en los sucesivos racimos. La máxima retención floral se presentaba en los racimos axilares presentes entre los nudos 2 al 8 con flores. No obstante, hay diferencias en la hora de abertura de las flores y en su duración, en los diferentes cultivares, así se producen coincidencias o no con los momentos de máxima actividad de las abejas (Pace et al., 1985).

El mecanismo fisiológico que determina la caída de flores y frutos ha sido investigado recientemente. Tratamientos como el decapitado del ápice principal (reduciendo de esta manera los fenómenos de competencia) disminuyen considerablemente la caída de los frutos (Kuznetsov y Bebin, 1965; Chapman, Guest y Peat, 1978; Chapman, Fagg y Peat, 1979; Gehriger y Keller, 1979 a, b). Estos resultados sugieren que un

elevado número de sumideros compiten entre si, durante la etapa reproductiva impidiendo que los frutos juvenes puedan crecer, y originando su caída.

La mayoría de los frutos caídos contienen embriones, por lo que hay que descartar, la falta de fertilización como causa de la abscisión (Chapman et al., 1979). Sin embargo, en condiciones de campo, se ha descrito que menos del 50 % de las flores posean óvulos fertilizados (Rowland, Bond y Parker, 1983); aunque Stoddard (1986b, 1986c), señaló bajos porcentajes de fertilización en cultivares de invierno: 10% de flores y 7% de ovulos, en la variedad Equina.

La frecuencia de fertilización aumenta en los óvulos proximos al estilo; igualmente, es mayor en las flores más bajas dentro de la inflorescencia, así como en las flores de los nudos más altos. El cultivar, así mismo, determina variaciones en el nivel de fertilización. La eliminación del 50 % de las flores no produce variaciones, ni en el número de vainas por planta, ni en el número de semillas. La posición de las flores eliminadas en los racimos, no influye en la cosecha; obteniendose mayor cosecha (dentro de las plantas testigo) en aquellas que tenían menor número de flores por racimo; siendo los racimos basales los mas productivos (Graman, 1981).

La explicación más plausible sobre la caída de los frutos, es la que propone que (a pesar de haberse iniciado el desarrollo de la semilla) la magnitud de los fenómenos de competencia entre los distintos sumideros, origina el inicio de los procesos de abscisión en los frutos jóvenes, determinando su posible pérdida.

Evidencias directas de esta posible hipótesis, han sido suministradas mediante los estudios de distribución (entre flores y frutos jóvenes) de asimilados marcados con  $^{14}\text{C}$  (Jaquiéry y Keller, 1978 a, b; Gehriger y Keller, 1979 b). A plantas completas se les incorporó  $\text{CO}_2$  marcado (durante un periodo ligeramente anterior a la finalización de la floración) siguiendose en los días posteriores la distribución del marcaje (Jaquiéry y Keller, 1978 b). Detectándose

diferencias de hasta 5 veces, en la incorporación de asimilados entre las distintas flores, dependiendo de su posición en la planta; y determinando, de esta manera, el éxito de su posterior desarrollo, o su abscisión a lo largo de la siguiente semana. La eliminación de los ápices meristemáticos aumenta la incorporación de asimilados a las flores, originando una disminución en los procesos de caída (Gehriger y Keller, 1979 b).

La influencia de la decapitación sobre la cosecha total es variable. Kuznetsov y Bebin (1965) han obtenido en experiencias de campo pequeños incrementos; mientras que por el contrario Gehriger y Keller (1979 a, b) observaron ligeras disminuciones.

En las experiencias de marcaje, se comprobó que la eliminación del ápice del tallo, aumenta el porcentaje de frutos que prosperan, y determina (como consecuencia de interacciones durante su crecimiento) la reducción del número de semillas por fruto, así como su peso medio.

Todo ello nos indica, que los efectos de la decapitación dependen del momento en que se realice, así como de la habilidad por parte de un dosel foliar (mermado en sus posibilidades de expansión) para producir suficientes asimilados durante el llenado de los frutos. Existe, durante esta etapa de llenado, una cerrada dependencia con la duración activa de la superficie foliar (Gehriger y Keller, 1979 a); por lo que un componente importante (durante este periodo) es la intensidad de los procesos de senescencia foliar. Por ello una, decapitación tardía produciría la senescencia de las hojas inferiores, mientras que si se realiza de forma más temprana lograría retrasarla.

#### 2.4.3.3 Repercusión de los Factores Intrínsecos sobre la Abscisión.

##### 2.4.3.3.1 Polinización y fertilización.

La falta de fertilización no es probablemente la más importante de las causas de la abscisión floral

(en plantas no sometidas a estrés ambiental); habiéndose demostrado repetidamente que la mayoría de las flores que sufren la abscisión se encuentran fertilizadas (Kambal, 1969a; Chapman et al., 1979; Gates et al., 1981; Smith, 1982 c). Las líneas de variedades comerciales con la característica de autofertilidad o autoesterilidad, presentan una mayor capacidad de fructificación, especialmente en las líneas autoestériles; sin embargo, continúan presentando elevados niveles en la caída de sus flores (Smith, 1982 c). Merece ser mencionada la larga viabilidad del polen demostrada por Gupta y Murty (1985).

#### 2.4.3.3.2 Fenómenos de competencia en la planta.

La eliminación de los racimos más bajos, se ha visto que reduce el aborto floral en los sucesivos nudos (Smith, 1982 c); demostrándose que existen una serie de interacciones competitivas, entre los nudos inferiores (que presentan frutos en desarrollo) con los que se encuentran en posiciones superiores) que no han alcanzado aún la antesis).

La eliminación del ápice, origina unos incrementos espectaculares del número de frutos, siendo esta acción más efectiva cuando se realiza tras la floración de los primeros cinco nudos (Chapman, Guest y Peat, 1978), siguiendo un patrón semejante al seguido en el control de la floración.

Las mutantes que presentan inflorescencia terminal determinada, cuyo ápice muestra una senescencia controlada genéticamente, presentan unas pautas en la caída de flores semejante a las de variedades indeterminadas. Lo que sugiere que estas modificaciones genéticas, no logran eliminar la caída de las flores. Sin embargo la eliminación del ápice de tallo, uno de los principales lugares en la producción de hormonas por la planta, tiene un claro efecto beneficioso en las primeras etapas del desarrollo de los frutos.

La eliminación de los racimos inferiores o la decapitación del ápice del tallo, originan una

disminución de los procesos de competencia en la planta. Habiéndose comprobado, que son los primeros frutos en desarrollo, los principales competidores por los asimilados que se dirigen hacia las raíces en crecimiento, ápice del tallo u otros frutos en desarrollo (Crompton, Lloyd-Jones y Hill-Cottingham, 1981).

El ápice importa asimilados procedentes de las hojas hasta el final del periodo de floración; siendo la competencia que se establece, con los primeros frutos, el responsable de su caída (Jacquiéry y Keller, 1978 a, b, 1980; Gehrigier y Keller, 1980). Existe un periodo de carencia, durante los primeros estadios del crecimiento de los frutos, en los que son incapaces de competir con otros sumideros del crecimiento vegetativo. Durante esta etapa, se produce la diferenciación vascular en el pedicelo y pedúnculo del fruto. Habiéndose demostrado que el posterior aborto es consecuencia de una diferenciación vascular incompleta, que limita la capacidad de transporte, más que de una falta de asimilados (Gates et al., 1982).

La eliminación de las hojas localizadas en la parte de la planta en crecimiento vegetativo, origina un aumento en la caída de las flores, resaltando la importancia de estas hojas en el aporte de asimilados a los órganos de la reproducción (Hodgeson y Blackman, 1957; Smith, 1982 c). Cuando la eliminación de las hojas, se localiza en los nudos en periodo reproductor, también aumenta la caída de flores. Tanto en un caso, como en el otro, la caída afecta, por igual, a todos los nudos en floración .

Mediante el empleo de  $^{14}\text{C}$  se ha comprobado, que no existe una relación (exclusiva) por los asimilados, entre el racimo floral y la hoja adyacente (Crompton et al., 1981). Observándose que, aunque una gran parte del  $^{14}\text{C}$  acumulado en el fruto procede de la hoja contigua, los fotosintatos son también transportados a otros nudos alternativos por debajo de la hoja; comprobándose que no existe una conexión vascular directa entre los racimos y las hojas contiguas (Smith, 1982 c).

El tallo actúa como un sumidero temporal de asimilados, a partir del cual se movilizan y redistribuyen a los distintos sumideros activos de las restantes partes de la planta. En la arquitectura vascular del tallo, las hojas y los racimos se encuentran conectados (por separado) con el tallo; estando interconectados los nudos alternativos (Gates et al., 1982; Smith, 192 c).

Los frutos jóvenes y los sumideros vegetativos, compiten por los asimilados almacenados en el tallo; aunque no reciben más del 10 % del 14C fijado, hasta que el proceso de la floración queda finalizado (Bertholdsson, 1980; Jacquiéry y Keller, 1980).

McEwen (1972) observó que la defoliación de todos los nudos con frutos reducía la cosecha tan solo en un 20 %. Comprobando que la cantidad de 14C fijado por las plantas parcialmente defoliadas, era similar al de las plantas intactas; aunque era menor la cantidad de C fijado por las hojas, exportado a otras partes de la planta. Demostrando que, aunque existe un fenómeno de compensación de la superficie foliar perdida a través de un aumento de la fijación de C, sin embargo, el transporte de asimilados hacia otras zonas de la planta no se incrementa en la misma medida.

Todas estas evidencias indican que la capacidad de transporte de asimilados puede ser uno de los factores más importantes que limitan el desarrollo de los frutos en Vicia faba, L.

#### 2.4.3.3.3 Interacción entre flores y frutos.

Recientemente se ha sugerido que los patrones de la abscisión de flores en el racimo, pueden estar relacionados con la antesis acropétala secuencial de las flores y con la arquitectura del sistema vascular que interconecta las flores dentro del racimo (Gates et al., 1981; Smith, 1982 c).

Las variedades comerciales de habas, presentan un sistema vascular en los racimos que se caracteriza por disponer (las flores basales) de unas conexiones



independientes que, mediante unas ramificaciones dicotómicas, las une a las sucesivas flores apicales. Las flores basales forman casi invariablemente frutos, pero la implantación de frutos en la siguiente posición del racimo, induce la caída de flores apicales (Gates et al., 1981; Smith, 1982 c).

Las experiencias basadas en la supresión de flores, demuestran que la eliminación de la flor basal del racimo, independiente vasculante del resto, no tiene ninguna influencia sobre la abscisión de las flores superiores; sin embargo la eliminación de las dos o tres flores basales, origina una drástica reducción de la caída de flores en las posiciones distales del racimo (Smith, 1982 c). La naturaleza de los promotores de la abscisión que se transportan desde las flores y frutos en posiciones basales a las apicales en los racimos, es desconocida hasta el momento en Vicia faba, L., aunque en otras leguminosas el ácido indolacético (AIA) y el ácido abscísico (ABA) parecen estar implicados (Porter, 1977; Huff y Dybing, 1980).

La caída de las flores apicales de los racimos puede ser atribuida a las pautas de floración del racimo con una antesis acropétala, que hace que las flores basales fertilizadas induzcan la caída de las apicales. En un intento de emplear, por parte de los genetistas, esta información en la mejora de la productividad de los cultivos de habas, se han seleccionado aquellos genotipos que presentan una floración sincrónica en el racimo, o conexiones vasculares independientes para cada una de las flores constituyentes del mismo racimo. La caída de flores se ha reducido, siendo las condiciones ambientales las que modulan el grado de sincronización en la antesis. Con respecto a los genotipos con conexiones vasculares independientes (que hacen que permanezcan la mayoría de las flores una vez fertilizadas) la cosecha final se encuentra limitada por la capacidad de transporte, y translocación de asimilados para el llenado de los frutos (Gates et al., 1981, 1982).

Como se acaba de describir, el aborto de los frutos puede ser atribuido a un defectuoso desarrollo

vascular en el pedicelo y el pedúnculo, que hacen que el fruto no se pueda convertir en un sumidero activo.

#### 2.4.3.4 Crecimiento de la Semilla.

El depósito de materiales de reserva en las semillas ocurre predominantemente en los últimos estadios de su crecimiento, una vez que la mayor parte de los procesos de formación de órganos han finalizado. Los depósitos de almidón comienzan formando granos, que hacen que el tamaño de los plastidios aumente. Jeng (1972), comprobó que (transcurridos 44 días de la fertilización) se producía un fuerte aumento en la síntesis de almidón durante un periodo de unos 10 días, que era independiente de los cambios, tanto del peso seco como del fresco, y que no se modificaba por las variaciones en la concentración exógena de sacarosa.

Las proteínas en las semillas maduras, se encuentran fundamentalmente en forma de dos globulinas de almacenamiento: legumina y vicilina.

El comienzo de la síntesis y almacenamiento de proteínas sigue a un rápido periodo de síntesis, tanto de DNA, como de RNA (Millerd y Whitfield, 1973; Manteuffel et al., 1976). La síntesis de DNA ocurre una vez que la división celular se ha detenido. La mayor parte del incremento de RNA se encuentra asociado con los ribosomas unidos a las membranas (Wheeler y Boulter, 1967), alcanzandose un pico que coincide con el periodo de mayor síntesis de proteínas (entre 60 y 65 días tras la fertilización). Una vez sintetizadas, tanto vicilina como legumina, se acumulan en el interior de vacuolas que suelen estar asociadas a las membranas, transformandose eventualmente en cuerpos proteicos en las semillas maduras (Briarty, Coult y Boulter, 1969).

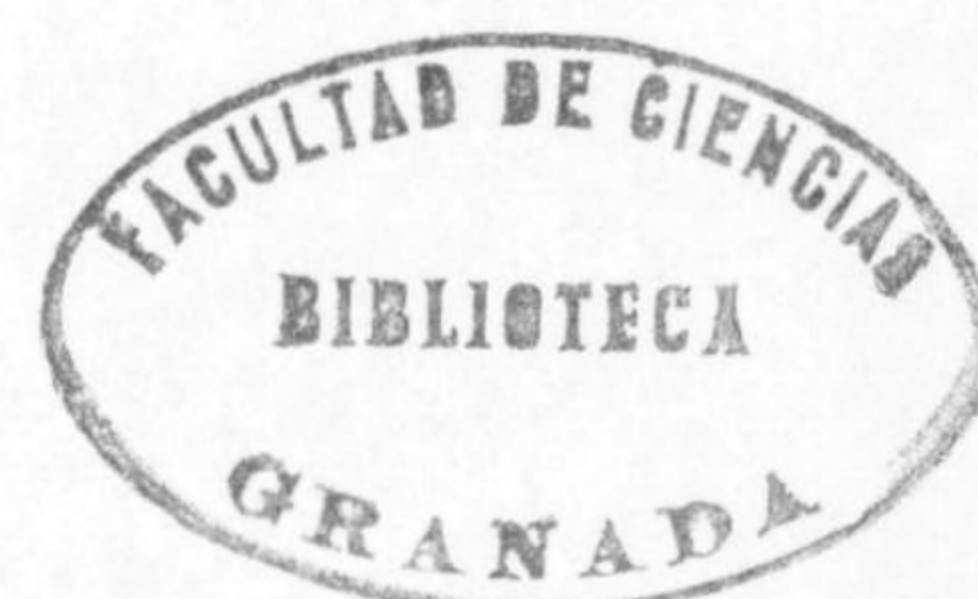
#### 2.4.4 INTEGRACION DEL CRECIMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTOR.

El almacenamiento temporal y una posterior redistribución de los asimilados ocurre en distintas etapas del ciclo de vida de la planta. Así por ejemplo, ha sido descrita una acumulación durante el crecimiento vegetativo, localizándose fundamentalmente en los tallos y raíces, y que desaparece durante el desarrollo de los frutos (Tamaki y Naka, 1958, 1959, 1972). Estos asimilados son empleados mayoritariamente en el mantenimiento del crecimiento vegetativo que acompaña a la floración, no siendo traslocados a los frutos y semillas en desarrollo (Kogure, Naka y Asanuma, 1978).

El crecimiento de las semillas se produce predominantemente como resultado de la fotosíntesis concurrente; convirtiéndose tan solo en el principal sumidero de asimilados en las últimas etapas del ciclo de vida de Vicia faba L. Por otra parte, el almacenamiento de asimilados durante el crecimiento del fruto, juega un importante papel en el posterior suministro a las semillas (Kogure et al., 1978).

Los resultados aportados por Kipps y Boulter (1973) mediante el suministro de  $CO_2$  marcado isotópicamente a hojas localizadas en nudos con frutos (de una edad de 30-35 días) demuestran que la mayor parte de los fotosintatos, translocados desde estas hojas, se dirigen al mantenimiento del crecimiento de los frutos y semillas contiguos, apareciendo un pico en el transporte hacia las semillas (entre 3 y 6 horas tras el aporte del  $CO_2$ ) y manteniéndose la translocación a lo largo de la noche siguiente, (19 horas mas tarde). Sin embargo, estas últimas importaciones no ocurren a expensas de las hojas, sugiriéndose que proceden de un almacenamiento temporal del tallo.

La incorporación fotosintética de  $^{14}CO_2$  en los frutos presenta un máximo a las 3 semanas tras la antesis, disminuyendo a continuación rápidamente su aporte (Müntz, Shalldach y Manteuffel, 1976). Sin embargo, los aportes procedentes de la hoja contigua solo representan 1/10 parte del total de productos



carbonados de la semilla (Kipps y Boulter, 1974).

Las vainas parecen jugar un importante papel como almacenamiento temporal y como procesador metabólico de los asimilados (Müntz, 1973; Schlesier y Müntz, 1974; Müntz et al., 1976). Durante las primeras etapas del crecimiento de la vaina, la entrada de asimilados es mucho mayor que la demanda para el desarrollo de las semillas; produciéndose un almacenamiento de los excedentes en forma de almidón en las vainas. Siendo posteriormente removilizados; empleándose una importante parte de los mismos en la síntesis de aminoácidos (Müntz et al., 1976). Aproximadamente 2/3 partes de todos los asimilados procedentes de la hoja contigua que llegan finalmente a la semilla, han sido reciclados por el metabolismo de la vaina (Kipps y Boulter, 1974). En experiencias realizadas empleando vainas cultivadas en soluciones de distinta concentración de sacarosa, se ha visto que la demanda, por parte de las semillas, puede influir en la intensidad de la liberación de las reservas de la vaina (Müntz et al., 1976); sugiriendo que las vainas pueden actuar como depósitos intermedios entre las fuentes de asimilados y los sumideros finales.

Una importante característica observada en la fisiología de Vicia Faba L. ha sido demostrada al nivel de la fijación de nitrógeno y la toma de nitratos por el sistema radical, que puede continuar durante el periodo del crecimiento de los frutos (Cooper, Hill-Cottingham y Lloyd-Jones, 1976); en contraste con los patrones seguidos por otras leguminosas (Sinclair y De Wit, 1975, 1976). Puesto que ambas formas de incorporación de nitrógeno son consumidoras de energía, esto implica un aporte de asimilados al sistema radical durante todo el ciclo de vida de la planta. Estos asimilados deben de ser suministrados por un aparato fotosintético cuyo tamaño se encuentra en regresión; por lo que la senescencia foliar es uno de los principales factores que ocurren durante el último periodo del crecimiento de los frutos.

El desarrollo de la senescencia foliar (a lo largo del ciclo de vida) se encuentra linealmente relacionada con el transcurso del tiempo; existiendo una primera

etapa en la que los procesos de la senescencia ocurren con una intensidad baja, seguida de un abrupto cambio a intensidades elevadas (Finch-Savage y Elston, 1977). En ambos periodos (pero especialmente en el segundo) la elevación de la temperatura intensifica los procesos de la senescencia; mientras que el estrés hídrico los acelera en la primera etapa, decreciéndolos en la segunda.

La mejora en la productividad de Vicia faba L., parece depender en el futuro de la mejora a de tres niveles fisiológicos: (a) reducción de la proporción de flores y frutos jóvenes que abortan, a través de modificaciones en los mecanismos que inician su abscisión; (b) disminución ó retraso de los procesos de senescencia que ocurren en las últimas etapas del ciclo de vida; y (c) mantenimiento de la actividad fotosintética de las hojas supervivientes durante el mayor tiempo posible. Las dos últimas de las características mejorables, dependen de la interacción entre el desarrollo de las semillas y el resto de la planta, encontrándose asociados ambos con la actividad radical y su capacidad para suministrar a las semillas elementos minerales (en particular nitrógeno del suelo) el mayor tiempo posible, retrasando de esta manera los procesos de removilización desde distintos tejidos.

## 2.5 COMPONENTES DE LA COSECHA

La cosecha obtenida en cultivos de habas grano, es el producto del número de plantas por unidad de superficie y de otros cuatro componentes en la planta: (a) número de nudos con vaina por planta, (b) número de vainas por nudo fructífero, (c) número de semillas por vaina y (d) peso medio de las semillas (Kambal 1969 b; Ishag, 1973 a; Magyarosi y Sjödin, 1976; Thompson y Taylor, 1977; Bago et al., 1987).

El número de óvulos por vaina, y en segundo lugar el peso medio de las semillas, son los dos componentes de la cosecha más estables frente a las condiciones ambientales. Frecuentemente uno de los criterios empleados a la hora de clasificar subespecies, suele estar basado en el tamaño de las semillas (Chapman,

1981). Sin embargo, no debe olvidarse que existe un bien conocido efecto de compensación, por el cual, cuando se incrementa uno de los componentes de la cosecha, disminuyen los restantes (Thompson y Taylor, 1981). En cambio, los más afectados por las condiciones ambientales y por los abonados (N, P, Mo y B) son el número de vainas por planta y la relación de llenado de las vainas (Qui, 1984).

#### 2.5.1 NUMERO DE PLANTAS POR UNIDAD DE SUPERFICIE

La densidad de población se encuentra determinada por varias circunstancias, que están, generalmente, bajo el control del agricultor. El tamaño más pequeño de las semillas se alcanza en aquellas densidades de población que originan la mayor cosecha (Ingram, 1976; Ingram y Hebblethwaite, 1976; Thompson y Taylor, 1977; Bae et al., 1985).

Por otra parte, la altura a la que aparecen los primeros nudos con vaina aumenta con la densidad, al mismo tiempo que disminuye el número de frutos que prosperan. Sin embargo la cosecha grano por unidad de superficie aumenta, hasta densidades superiores a 80 plantas/metro cuadrado, como consecuencia del incremento del número de plantas por unidad de superficie (Keller y Burkhard, 1981; Mohamed, 1985).

Sin embargo, con densidades medias de siembra (17-23 plantas/m<sup>2</sup>), los marcos de siembra comprendidos entre 30-90 cm de distancia entre hileras, no originan diferencias en la cosecha (Navarro et al., 1985a).

Por el contrario, la posición de la planta en los surcos y la fecha de siembra, repercuten en la cosecha final (Mohamed, 1985; Krarup, 1983); así como la orientación de los surcos (Salih, 1985a).

Existen abundantes referencias, de la relativa estabilidad del índice de recolección en Vicia Faba, L. (Gehriger, 1978) frente a diversos factores ambientales y en distintos genotipos. Sin embargo, y como era lógico esperar, a medida que aumenta la densidad, se origina una disminución del índice de

recolección como consecuencia de una <sup>cada</sup>mar competencia por la luz, que va a determinar una fuerte caída en la producción de fotosintatos por planta, conduciendo a un menor número de vainas por planta.

Se ha sugerido (Tamaki y Naka, 1972), que existe una etapa crítica (las primeras etapas de la implantación de la vaina), en la competencia por asimilados, cuya mejora podría conducir a un claro aumento de la cosecha grano. Thompson y Taylor (1981) han explorado esta posibilidad, modificando el espacio disponible (en plantas que crecían en macetas) durante varios estadios del desarrollo y durante cortos periodos de tiempo. Los resultados indican que, si las plantas disponen de espacio suficiente durante un periodo de 25 días (coincidiendo con la floración) para volver a un espacio más reducido posteriormente, se llega a doblar la cosecha grano. Estos resultados sugieren que los fotosintatos producidos por el dosel foliar, en densidades de población elevadas, son suficientes para soportar el llenado de un número de vainas mucho más elevado del que se produce normalmente.

#### 2.5.2 NUMERO DE NUDOS CON FRUTO POR PLANTA

El número de nudos con fruto por planta es frecuentemente el menos estable de los parámetros que determinan la cosecha, viéndose fuertemente influenciado por las variaciones ambientales. Sin embargo, en determinadas ocasiones, este parámetro no se ve modificado con mayor intensidad que lo hacen el resto de componentes de la cosecha, como consecuencia de las modificaciones introducidas en el cultivo. La densidad de población, se encuentra negativamente correlacionada con esta variable (Thompson y Taylor, 1977). Existiendo, también, correlación negativa con el tamaño de las semillas.

#### 2.5.3 NUMERO DE VAINAS POR NUDO FRUCTIFERO

El número de vainas en cada racimo, responde al incremento de la densidad de población de forma similar

a como lo hace el número de nudos con fruto por planta, siendo semejante la magnitud de la respuesta de estos dos componentes de la cosecha a las densidades (Magyarosi y Sjödin, 1976; Thompson y Taylor, 1977).

Sin embargo, existe un efecto de compensación entre estos dos parámetros, originado por la competencia por la luz que puede crearse en distintas etapas del desarrollo de la planta (Thompson y Taylor, 1982).

El producto de ambos componentes (número de nudos con fruto por planta y número de vainas por nudo fructífero), nos da el número de vainas por planta, componente complejo en lugar de sus dos componentes individuales.

Cuando se analizan los componentes de la cosecha obtenida, manteniendo una misma densidad de siembra, se observa que la mayor variación se produce entre el número de vainas por nudo fructífero, más que entre cualquiera de los restantes componentes (Janczar, 1983). El número de vainas por nudo fructífero suele encontrarse correlacionado positivamente con el número de nudos con fruto por planta. Estos dos componentes de la cosecha, son los responsables de las diferencias existentes en el número de sumideros (semillas) por unidad de superficie entre cosechas distintas, mientras que el peso medio de las semillas permanece relativamente constante; de aquí se deduce, que suele ser con frecuencia, el número de sumideros por unidad de superficie, el factor limitante de la cosecha.

#### 2.5.4 NUMERO DE SEMILLAS POR VAINA

Dentro de un mismo cultivar, el número de semillas por vaina, es un carácter relativamente estable; sin embargo, presenta una gran variabilidad entre distintos cultivares, oscilando desde menos de dos hasta diez (Chapman, 1981). Aquellos cultivares que presentan más de cinco semillas por vaina, suelen presentar también, un elevado peso de las mismas (incluso superior a 1.0 gramos). Sin embargo, en la actualidad, existen determinados programas de mejora genética, en el que uno de



los objetivos perseguidos es el de un elevado número de semillas, pero de bajo peso. Por otra parte, existe una estrecha relación entre la longitud de la vaina y el número de semillas que contiene en su interior.

El número de semillas por vaina, no se ve prácticamente modificado por las condiciones ambientales y de cultivo; así, por ejemplo, la época de siembra y la densidad de población no tienen ninguna influencia sobre el mismo (Thompson y Taylor, 1977). La intensidad de la irrigación, tampoco origina ninguna variación sobre este componente (Farah, 1981). Incluso, cuando se establecen condiciones de una elevada competencia por la luz entre plantas, el número de semillas ha resultado ser el componente de la cosecha más estable (Thompson y Taylor, 1981). Esto es un resultado algo sorprendente, si se tiene en cuenta que el número de semillas por vaina puede variar considerablemente (Ishag, 1973 a; Adcock y Lawes, 1976); siendo los nudos superiores los que presentan vainas con menor número de semillas, debido a una falta de llenado de los óvulos.

#### 2.5.5 PESO MEDIO DE LAS SEMILLAS

El peso de las semillas varía considerablemente entre distintos cultivares, pudiendo presentar valores desde 0,1 a 3,0 gramos (Bianco et al, 1979); como se indica en el apartado anterior, se encuentra relacionado el peso de las semillas con el número de ellas por vaina.

Así mismo, existe una relación con el ángulo formado por el fruto con el tallo, el cual es menor, y por tanto los frutos más erectos, cuando contiene un número de semillas bajo y de peso pequeño; por el contrario, el ángulo es mayor, al aumentar el número y peso de las mismas.

Las condiciones ambientales que provocan una prematura senescencia foliar, suelen estar asociadas con frutos con semillas de bajo peso. Por el contrario, aquellas condiciones que alargan la duración del área foliar (como son las causadas por el riego tras el

periodo de floración) logran los valores más elevados en el peso de las semillas. Sin embargo, Pommer et al. (1984), no encontraron diferencias en el peso de las semillas de plantas parcialmente defoliadas.

La competencia entre las plantas por la luz, como consecuencia de la densidad de siembra, tiene así mismo influencia sobre el peso de las semillas (Thompson y Taylor, 1981; Bae et al., 1985).

Se ha comprobado, que los cultivos que preceden a Vicia faba, L., es decir, los cultivos de verano (como maíz, algodón, soja, alfalfa o barbecho) no afectan al peso de las semillas, ni al número de semillas por vaina, ni al número de vainas por planta; no modificando, por tanto, la cosecha grano final (Shafshak et al., 1984).

El tamaño de las semillas, al ser el último componente de la cosecha que se define, puede, en determinadas circunstancias, compensar unas pérdidas tempranas de frutos, siendo en ciertas condiciones ambientales el responsable de considerables aumentos finales de la cosecha.

## 2.6 PRODUCCION TOTAL DE MATERIA SECA

En Vicia Faba, L., los valores más elevados de biomasa han sido obtenidos, un poco antes de alcanzarse la senescencia, con posterioridad, se origina un declive de estos valores como consecuencia de la pérdida de hojas. Han sido descritos valores de biomasa de 14,5 Tm/Ha (Dantuma y Klein Hulze, 1979) y de 22 Tm/Ha (Thompson, 1979). Con frecuencia es utilizado el valor de materia seca en el periodo de madurez, en la determinación del índice de recolección. En este momento, las pérdidas motivadas por la senescencia oscilan, generalmente, entre el 20 y el 40% del valor de máxima biomasa.

Los valores del total de materia seca en el periodo de madurez de las semillas, presentan fuertes oscilaciones en función de las condiciones de cultivo, genotipo, etc.; sin embargo, se observa un elevado

potencial. Valores de materia seca de 10 a 12 Tm/Ha son frecuentes, lo que representa un crecimiento máximo de 20 a 25 g/metro cuadrado.

Las condiciones de cultivo, tienen una gran repercusión sobre la producción de materia seca (Thompson y Taylor, 1982). En la mayor parte de las zonas, no suelen alcanzarse los valores máximos de materia seca descritos, debido a diversos factores limitantes, entre los que el aporte de agua suele ser el más important.

Se ha descrito (Niewiadomski y Zawislak, 1983), que las condiciones de monocultivo, reducen tanto la cosecha de paja (27%), como la cosecha grano (34%).

El genotipo, tiene así mismo una gran repercusión sobre la producción final de biomasa (Dantuma, 1982, 1983; Navarro et al., 1985b).

#### 2.6.1 INDICE DE RECOLECCION.

En general, cuando se obtienen valores elevados en la productividad de materia seca, la proporción dedicada a la producción de semilla es importante. Sin embargo, cuando se dan condiciones de crecimiento de alta fertilidad (Thompson y Taylor, 1982), parece ser que existe una obstrucción en el traslado de fotosintatos dirigidos hacia el incremento de los órganos de reproducción; frecuentemente los aportes hídricos suelen estar particularmente implicados en tal situación.

Fasheun y Dennett (1982), también han descrito condiciones de cultivo que originan un buen crecimiento (y por lo tanto altos valores del total de materia seca) pero, por el contrario, una baja producción de semillas.

Ishag (1973 a) ha asociado las condiciones que imponen un límite en el crecimiento vegetativo, con una elevada producción de semillas. Abo El Zahab, Al Babawy y Nidawy (1981a), han observado que valores restringidos del Índice de Area Foliar (LAI) son necesarios para

alcanzar valores máximos en la cosecha de semillas. Aunque el aporte hídrico es uno de los principales factores que controlan el crecimiento de la parte aérea y de los valores de LAI, existen algunas referencias sobre el efecto del nivel del estrés hídrico, o su duración, sobre la cosecha de grano final. El Nadi (1969); y Sebok y Nagy (1969) obtienen incrementos de cosecha mediante el riego durante la floración y el desarrollo del fruto.

Recientemente (Karamanos, 1978; Farah, 1981; Karamanos, Elston y Wadworth, 1982; Grashoft, 1981) han comprobado que ligeras condiciones de estrés hídrico pueden tener amplios efectos, especialmente en el crecimiento vegetativo.

Experiencias realizadas en 1981 (en Wageningen) por Dantuma, y corroboradas por Schröder (1985), en las que comparaba la repercusión de un ligero estrés hídrico durante la floración (frente a un control sin limitaciones hídricas) demostraron que no había diferencias en la cosecha final de materia seca, pero que sin embargo, las cosechas de paja y de semillas se veían modificadas significativamente. Igualmente, características como la altura de la planta, el número de nudos fructíferos y el número de vainas por nudo se veían fuertemente alteradas. Las condiciones de ligero estrés hídrico aumentaron el crecimiento reproductivo, a través de una disminución del aborto de frutos en los nudos bajos, todo ello a costa del crecimiento vegetativo; existiendo un periodo de dos semanas aproximadamente (a partir de la media floración) en el que la retención de los incipientes frutos en los nudos más bajos es crítica.

Algunos investigadores han estudiado los factores que controlan la distribución de asimilados entre el crecimiento vegetativo y el reproductivo. Así, Jacquery (1977) comprobó mediante el empleo de  $^{14}\text{C}$  que el crecimiento del ápice era el principal sumidero de fotosintatos durante las primeras etapas del crecimiento del fruto, invirtiéndose el flujo posteriormente. Esta competencia que existe en los primeros estadios de la fructificación (por el ápice del tallo) podría explicar los elevados niveles de

aborto de flores y frutos observados con relativa frecuencia (Kambal, 1969 a; Bond, 1970; Ishag, 1973 a; Poulsen, 1975).

La manipulación de la arquitectura del dosel foliar mediante la eliminación del ápice (Gehriger, Belluci y Keller, 1979), o utilizando determinados genotipos (Sjödin, 1971), o mediante las aplicaciones de reguladores de crecimiento (Chapman, Guest y Peat, 1978; Bellucci, 1980) han demostrado su acción en el ápice y su repercusión sobre la fructificación.

El balance de la información disponible, parece inclinarse hacia la idea de que es el flujo de fotosintatos hacia los frutos (en las primeras etapas) el principal problema, más que las disponibilidades de los mismos para su llenado, en etapas posteriores (Tamaki y Naka, 1972).

Además de las labores de cultivo (como se ha indicado) el genotipo tiene una gran influencia sobre el índice de recolección (Thompson y Taylor, 1981); habiéndose comprobado que los cambios en los valores del índice de recolección están relacionados con las características de maduración del cultivar. Así, aquellos cultivares de maduración temprana, normalmente alcanzan los valores más elevados de este índice; aunque posiblemente sea debido, más a un efecto de tipo climático, que a una característica varietal, al coincidir (en determinadas latitudes) el deterioro del tiempo al comenzar el otoño, con la maduración natural de los cultivares de maduración tardía. Sin embargo un desarrollo rápido del índice de recolección es deseable (especialmente en el Norte de Europa) de tal manera que haya finalizado la maduración antes de comenzar las condiciones ambientales desfavorables.

## 2.7 SIMBIOSIS RHIZOBIUM - LEGUMINOSA.

### 2.7.1 GENERALIDADES.

La naturaleza de la simbiosis Rhizobium - Leguminosa y su capacidad para fijar el Nitrógeno atmosférico, no quedan desvelados hasta finales del

siglo pasado con los trabajos Hellriegel y Wilfarth (1888). Estos investigadores trabajando con guisantes, demostraron que las leguminosas, merced a la participación de ciertos microorganismos del suelo, son capaces de utilizar el Nitrógeno atmosférico y que los lugares activos de dicha utilización o fijación son las excrecencias radiculares llamadas nódulos.

El primero en aislar en cultivo puro la bacteria responsable de la formación de los nódulos fue Beijerinck (1888), denominándola Bacillus radicola. Posteriormente, el nombre del Género se cambió por el de Rhizobium, debido a que Frank en 1890 le llamó Rhizobium legumimosarum.

La simbiosis Rhizobium - Leguminosa se establece como resultado de la expresión de unas características propias de la bacteria (Denaire y Truchet, 1974. Schwinghamer, 1977), de la planta hospedante (Nutman, 1952. Holl y La Rue, 1976) y de la asociación de ambos (Dixon, 1969. Vincent, 1974). Estas características o propiedades simbióticas reciben el nombre de:

a) Especificidad, por la que la bacteria infecta selectivamente su planta específica. Cualquiera que sea el mecanismo de invasión de las raíces por los rizobios, se sabe que existe un grado de especificidad variable. En efecto, ciertas leguminosas tienen unos requisitos muy completos para su Rhizobium mientras que otras aceptan un espectro más amplio (Broughton, 1978).

b) Infectividad, capacidad que tienen las bacterias para infectar el tejido radical de la planta hospedante y formar nódulos (Nutman, 1965. Olivares, 1977).

c) Efectividad o Actividad, tercera propiedad o característica simbiótica de la asociación Rhizobium-Leguminosa.

Como consecuencia de su correcta expresión tienen lugar en el nódulo la secuencia de procesos que conducen a la reducción de Nitrógeno atmosférico a Amoníaco.

### 2.7.2 Aplicación Agrícola de la Simbiosis Rhizobium-Leguminosa.

La fijación de Nitrógeno por la simbiosis Rhizobium-Leguminosa, tiene un gran interés agronómico porque es un medio económico de mantener o incrementar el contenido de Nitrógeno del suelo y de producir proteínas de calidad, en un momento en el que se presentan en el mundo problemas de tanta importancia como el aumento explosivo de la población y la escasez de alimentos y de materias primas no renovables, especialmente la energía.

La utilización de esta técnica supone las siguientes ventajas: (a) Ahorro de fertilizantes nitrogenados. (b) Altas producciones en las cosechas. (c) Enriquecimiento del suelo. (d) Aprovechamiento de suelos marginales. (e) Control de malas hierbas.

Un interesante desarrollo agrícola sería la vuelta al uso de leguminosas, para suplir los requerimientos de Nitrógeno de un sistema de labranza. La marcada influencia que el genotipo específico de Vicia faba L. puede tener en la producción de materia seca, y en las interacciones con la cepa de Rhizobium; sumado al Nitrógeno fijado y a la eficiencia de la utilización del mismo, ha sido demostrada (en cultivo estéril) por El-Sherbeeney et al. (1977a, b). Sin embargo, estas interacciones no han sido todavía explotadas en condiciones de campo, porque la diferente competitividad (Amarger, 1974. Franco y Vincent, 1976) y la inestabilidad (Brockwell, Schwinghamer y Gault, 1977) de las cepas de Rhizobium en campo, hacen los resultados imprevisibles.

### 2.7.3 Importancia de la Fijación de Nitrógeno por la Simbiosis Rhizobium - Leguminosa.

El exceso en la demanda de Nitrógeno por las plantas sobre el aportado por el suelo, puede ser satisfecho por el Nitrógeno del aire, fijado industrialmente o biológicamente. La fijación de Nitrógeno atmosférico, implica la rotura del triple enlace que une al par de átomos de la molécula de



Nitrógeno, junto a un necesario incremento de su reactividad. La fijación industrial genera una gran demanda de energía, ya que el proceso requiere altas temperaturas (300-600°C) y altas presiones (200-800 atm.). En cambio, la fijación enzimática o biológica requiere solamente la temperatura ambiental y el uso de la energía solar directa o indirectamente. Además, la fijación biológica, ocurre en el campo, ahorrando así el costo adicional (en derivados del petróleo) para la distribución del fertilizante y su aplicación.

Se han publicado numerosos datos acerca de las cantidades de Nitrógeno atmosférico que son capaces de fijar los distintos cultivos de leguminosas (Burns y Hardy, 1975. Nutman, 1959).

Sprent y Bradford (1977) calcularon que la fijación de Nitrógeno por Rhizobium legumimosarum en simbiosis con Vicia faba L., podía exceder los 600 Kg por Ha y año. Esta cantidad podía ser obtenida bajo óptimas condiciones ambientales, pero en otras condiciones se han encontrado valores inferiores de 59 y 146 Kg de Nitrógeno por Ha y año (Saxena, 1982 ; Sprent y Minchin, 1985) respectivamente.

En términos de autosuficiencia para el Nitrógeno, Saxena (1982) calculó que, dos razas de habas de Siria (ILB 1814 y ILB 1813), fijaron el 84-96% y 94-97%, respectivamente, de sus requerimientos totales de Nitrógeno.

#### 2.7.4 ASPECTOS BIOQUÍMICOS DE LA SIMBIOSIS RHIZOBIUM -LEGUMINOSA

Los bacteroides de los nódulos de leguminosas tienen el sistema enzimático necesario para reducir el Nitrógeno a Amonio (Bergersen, 1974). La fijación de Nitrógeno en los bacteroides está catalizada por el enzima Dinitrogenasa o Nitrogenasa. Este enzima ha sido localizado en gran variedad de microorganismos, entre los que se encuentran bacterias aerobias, fotosintéticas, anaerobias y facultativas, además de en las Cianofíceas. Se puede hablar de una similitud entre todas las nitrogenasas, cualquiera que sea el organismo



del que proceda (Dilworth, 1974. Evans et al., 1976). Dentro del nódulo, el enzima se localiza exclusivamente en el bacteroide.

El transporte de los compuestos nitrogenados procedentes de la fijación de N desde los nódulos, es un proceso que cambia dinámicamente durante el crecimiento de la planta. Generalmente, la mayor parte del N fijado durante el período vegetativo, se acumula en las hojas, pudiendo ser utilizado posteriormente en el llenado de las semillas cuando decae la fijación de N como respuesta a la falta de fotosintato para los nódulos. Es importante que los asimilados nitrogenados sean rápidamente transportados a los lugares de utilización, órganos vegetativos o reproductores.

La fijación de N molecular consiste en la reducción de este elemento a Amoníaco. La molécula de Amoníaco es el primer compuesto estable que aparece en la fijación según se demuestra en las experiencias con N marcado (Aprixon et al., 1954. Bergersen, 1965).

Aunque en teoría, la fijación de N es una reacción exergónica (Bayliss, 1956), ha quedado claramente establecido que el proceso requiere una fuente de fotosintatos. En parte, esto se debe a que los bacteroides (derivados de muchas cepas de Rhizobium) utilizan solo el 25% de la energía disponible por ellos, tanto en la reducción, como en la posterior evolución de H<sub>2</sub>. De 100 unidades de C fijado en la fotosíntesis, 32 son transportadas al nódulo, de las cuales, 5 contribuyen al crecimiento del nódulo, 12 se pierden en la respiración, y 15 se emplean en la producción y exportación de compuestos nitrogenados procedentes de la fijación (Minchin y Pate, 1974). La relación moles ATP/mol de N fijado varía entre 10 y 20.

Numerosos estudios, del coste respiratorio de la reducción de Nitrato en leguminosas, han mostrado que el proceso es igual (o frecuentemente menos costoso) que la fijación de cantidades equivalentes de N (Minchin et al., 1981). Estas diferencias son muchas veces descritas como contradictorias (Phillips, 1980). Sin embargo, ambos tipos de resultados pueden ser integrados en una hipótesis unificadora. Así, los

costes en términos de utilización de Carbohidratos podían ser similares, si ambas fuentes de N necesitaran únicamente el poder reductor producido en la respiración (Hardy y Havelka, 1976), pero en las plantas alimentadas con Nitrato, se puede eludir una proporción del coste, por el transporte transpiratorio de Nitrato a las hojas y la utilización del poder reductor fotosintético.

El corolario de estos estudios es que, cuando las plantas están alimentadas con Nitratos (y eluden costos de utilización de Carbohidratos) su grado de crecimiento debe ser mayor que las plantas que solo fijan Nitrógeno. Sin embargo, esto no es válido, si la cantidad de Nitrato suministrado es inferior, o superior, al óptimo, o si la energía de la Fotofosforilación es requerida en su totalidad para la asimilación de  $\text{CO}_2$ . No obstante, se ha sugerido que la cosecha grano del cultivo de legumbres podría ser aumentada por el aporte de Nitrato a las plantas, dado el ahorro en costes de C. Sin embargo, la mayoría de las evidencias sugieren que el efecto del N, en el crecimiento, no es directamente proporcional a la cosecha final, en semillas. En realidad, tal relación no debería esperarse, dadas las numerosas diferencias existentes entre las plantas que cuentan con Nitratos y las plantas que necesitan fijar el N atmosférico (Pate, 1980).

Dos de estas diferencias pueden ser particularmente relevantes: Primeramente, los productos con N orgánico procedentes de la fijación son transportados desde los nódulos vía xilema y ciertos compuestos como la Alantoína y Amidas por ejemplo, pueden desviarse del camino a las hojas, por el transvase del xilema al floema en tallos y peciolo (Pate, 1980). Recíprocamente, eludiendo costes las plantas alimentadas con Nitrato deben producir la mayoría de sus compuestos nitrogenados orgánicos en las hojas. Si las hojas y los frutos se consideran que compiten por el N, entonces la producción basada en el nódulo permite que la competencia se dirija en favor de las estructuras reproductivas. En segundo lugar está bien establecido que muchas leguminosas tienen poca capacidad para tomar Nitrato y para su reducción

durante el período reproductivo tardío, mientras que la fijación de N puede permanecer todavía comparativamente activa. Esto también proporciona a la fijación de N una clara ventaja en términos de aporte de compuestos nitrogenados orgánicos a las semillas. Por esto, no es sorprendente que (para muchas leguminosas) pueda encontrarse que la aplicación de grandes cantidades de fertilizante nitrogenado tenga resultados pequeños o inapreciables, cuando se compara con la cosecha grano de plantas activamente fijadoras.

#### 2.7.5 FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA NODULACION Y FIJACION DE NITROGENO.

Entre los factores ambientales que afectan a la nodulación y fijación de Nitrógeno cabe destacar (quizá por más estudiados): la temperatura, la humedad, el pH, la aireación del suelo, la presencia de Nitrógeno combinado, la actividad fotosintética de la planta y la competencia con otros microorganismos del suelo (especialmente hongos y actinomicetos) (Dart y Mercer, 1965 a. Gibson, 1976b. Gibson, 1971. Gibson, 1972. Munns, 1968 a,b,c. Roughley et al. 1970b. Tanner y Anderson, 1964). Estos factores, sin llegar a afectar seriamente al desarrollo de la planta o de la raíz, pueden influir en gran manera sobre las primeras etapas de la formación de los nódulos. Una vez iniciado el crecimiento del nódulo, éste se hace más independiente del medio.

Todos los factores que elevan la producción de fotosintato producen efectos similares en la fijación de N. El incremento de la intensidad luminosa (Sloger et al., 1975), los injertos de sistemas caulinares en las raíces noduladas (Streeter, 1974), la baja densidad de siembra (Sprent y Bradford, 1977), la atmósfera enriquecida en CO<sub>2</sub> (Wilson et al., 1933) y la inhibición de la fotorespiración (Bedmar y Olivares, 1980); los cuales contribuyen a aumentar la tasa fotosintética, también mejoran la fijación de N. En cambio, factores como el estrés hídrico (Sprent, 1971), la alta densidad de siembra (Sprent y Bradford, 1977) (entre otros) disminuyen el aporte de fotosintato al nódulo, con el consiguiente descenso de la fijación de

Nitrógeno.

La fijación de N por plantas individuales y por unidad de superficie de cultivo puede ser afectada por la densidad, y la disposición espacial de las plantas. Hay un renovado interés en el papel regulador de la fotosíntesis sobre la fijación de N y en la nutrición de C y N de las leguminosas grano. La positiva respuesta a la fijación, por el enriquecimiento de CO<sub>2</sub> de la atmósfera en torno al dosel de la planta, demostró que el insuficiente aporte de fotosintatos a los nódulos, puede limitar la actividad simbiótica (Hardy y Havelka, 1976). Aunque esta técnica no es factible en prácticas de campo, los cambios en el espaciamiento de las plantas (lo cual también altera la altura del dosel) pueden tener efectos similares. Tales estudios, junto con tratamientos en los que las plantas están sombreadas o parcialmente desfoliadas, se han empleado para clarificar las interrelaciones entre fotosíntesis y fijación de N en Vicia faba L. y establecer cómo puede ser explotada (Sprent y Bradford, 1977. Sprent, Bradford y Borton, 1977). La eliminación y la senescencia de las hojas y la maduración de las semillas, fue acelerada por un incremento en la densidad de plantas, pero fue retardada en las parcelas sombreadas. El efecto de la densidad y el sombreado, fue independiente y la óptima disposición fue particularmente dependiente de las condiciones estacionales.

La influencia de la densidad de siembra en la fijación de N ha sido considerada también por Witty, Roughley y Day (1980 a), quienes observaron que a medida que se aumentaba la densidad de siembra disminuía la actividad de los nódulos por planta; pero la actividad por unidad de campo permanecía igual o incrementada. Dentro de los niveles económicos de siembra, la fijación de N por unidad de superficie, permanece marcadamente constante.

La temperatura es el principal factor de entre los que afectan a la mayoría de las etapas de formación del nódulo y su función. Varias combinaciones de hospedante y cepa tienen diferentes requerimientos de temperatura, pero en general, la temperatura óptima para la fijación

refleja la del hábitat natural del hospedante (Gibson, 1977. Lie, 1974).

#### 2.7.6 IMPLICACION DEL NITROGENO COMBINADO EN LA NODULACION Y FIJACION DEL NITROGENO.

La nutrición mineral de las leguminosas es más compleja que la de otras plantas por los requerimientos adicionales asociados con la fijación simbiótica de N. Además de los efectos en el desarrollo de la planta hospedante, la nutrición mineral puede afectar al desarrollo y supervivencia del Rhizobium, a la infección, al desarrollo nodular, y a su función. Las leguminosas pueden también diferir de otras plantas en su respuesta a la aplicación de fertilizantes nitrogenados y en algunos otros factores.

Los efectos inhibidores de la fertilización nitrogenada, especialmente Nitratos en la simbiosis Rhizobium-Leguminosa se reconocieron antes de que fuera establecido que los nódulos eran los agentes de la fijación de N; ahora se dispone de una voluminosa literatura al respecto (Dart, 1977. Gibson, 1977. Munns, 1977 a).

El N combinado afecta al proceso de nodulación de las raíces de la planta hospedante infectada por los rizobios. Parece que el Nitrato actúa a varios niveles: (1) Afectando al inicio de la infección, ya que a las 24 horas de haber inoculado se reduce el número de filamentos de infección y se incrementa el número de filamentos abortados (Munns, 1968 b). (2) Favoreciendo la senescencia de los nódulos jóvenes, todavía efectivos (Munns, 1968 c. Dart, 1974). (3) Alterando el mecanismo de reconocimiento entre planta hospedante y Rhizobium.

El efecto del N combinado en la fijación de N atmosférico, depende: a) de la estirpe de Rhizobium; b) de la planta huésped (Gibson, 1977); c) de la forma y la cantidad del N adicionado (Vigue et al., 1977) y; d) del momento de la aplicación (Havelka y Hardy, 1976). En general, el N reduce la nodulación (Awonaike et al., 1980), pero cuando se suministra en cantidades

pequeñas, puede incluso aumentarla (Pate y Dart, 1961; Lluch et al, 1984).

El crecimiento del sistema radical, es otro aspecto que se ve influenciado por la presencia de Nitratos. Los sistemas radicales nodulados, parecen ser metabólicamente más activos que los sistemas radicales similares que carecen de nódulos, y utilizan el N en forma de Nitratos (Ryle et al., 1978); puesto que demuestran un amplio rango de procesos metabólicos e importan gran cantidad de metabolitos carbonados del tallo. Las plantas noduladas siempre tienen una relación raíz/vástago mayor que las tratadas con Nitratos (Ryle et al., 1981). Todo esto implica que el N combinado exógeno tiene efectos significativos no solo sobre la bacteria, sino también sobre la planta.

Oghoghorie y Pate (1971), observaron que a medida que se suministraron Nitratos a un cultivo de guisantes, la Nitrato-reductasa (del vástago) se incrementaba espectacularmente. Estos niveles de enzima requieren grandes cantidades de Carbohidratos y reductores producidos fotosintéticamente, privando así a la raíz y a sus nódulos de estos productos necesarios para la fijación de N atmosférico. Wong (1980) determinó que, si el nivel de Carbohidratos es suficiente, la fijación de N en los nódulos es similar tanto si (los cultivos) han tenido o no aporte de Nitrato.

Tanto el desarrollo del nódulo, como la fijación de N, son retardados por el Nitrato y esto se ha atribuido a la privación de fotosintato en los nódulos debida a la competencia del proceso de asimilación de N en las raíces y en las hojas (Small y Leonard, 1969. Oghoghorie y Pate, 1971). Un apoyo para esta propuesta se encontró en los experimentos con soja alimentada con CO<sub>2</sub> marcado; dentro de las 24 horas, hubo un declive en la proporción de <sup>14</sup>C translocado desde las hojas y encontrado en los nódulos. La actividad de la Nitrogenasa en los nódulos se redujo, en consecuencia (Gibson, 1974). Además el Nitrito formado, se mostró como un potente inhibidor de la actividad Nitrogenasa.

En común con las otras leguminosas, la nodulación

en Vicia faba también se reduce con dosis altas de fertilizante nitrogenado aplicado al suelo (Gewaily y Kheder, 1985). Mc Ewen (1970 a) utilizando un rallado visual, observó que el aporte de N en grandes cantidades (más de 375 Kg de N por Ha) en forma de Nitrato Amónico, Nitrato Sódico o Sulfato Amónico, reducía la nodulación entre 1/3 y 1/2, pero notó que los nódulos formados eran aparentemente efectivos a juzgar por el contenido en Leghemoglobina. Hubo una pequeña (pero significativa) caída en el peso seco de los nódulos de las plantas cultivadas en arena y alimentadas con una solución nutritiva, conteniendo Nitrato en una concentración 6 mM (Hudd et al., 1980). En un lugar relativamente seco de Siria, Islam (1981) encontró que 120 Kg de N por Ha, reducía el número de nódulos en un 32% y 65%, y el peso seco de los nódulos en un 55% y 33%, respectivamente, en 2 cultivares distintos. En Rothamsted (durante el verano seco y cálido de 1976) 150 Kg de N por Ha redujeron el peso seco de los nódulos en el inicio del desarrollo de las vainas a 1/3 (Mc Ewen et al., 1981). Sin embargo, en 1978 (con una estación fría y lluvias abundantes, y bien distribuídas) 150 Kg de N por Ha tuvieron un efecto muy pequeño en la nodulación (Day Roughley y White, 1979).

La nodulación es reducida consistentemente por el aporte de altos niveles de fertilizante nitrogenado, aunque la simbiosis Vicia faba L. - Rhizobium leguminosarum parece ser única en su tolerancia. En efecto, experimentos donde se hizo un intento para eliminar la nodulación con aportes masivos de N (450 Kg de N por Ha en el año 1978 y 600 Kg de N por Ha en 1979), el intento falló (Day et al., 1980). Observaciones similares se han hecho en el IAEA, en una finca de Subersdorf (Fried p.c. a Roughley et al., 1983). Aplicaciones de 150 Kg de N por Ha podrían ser suficientes para inhibir la nodulación en Phaseolus vulgaris, al menos hasta la floración (Taylor, Day y Dudley, 1981). Con otras leguminosas grano (tales como la soja) las aplicaciones de fertilizante nitrogenado, inhibió localmente la formación de nódulos, al principio de la estación; esto es, sólomente antes de caer el nivel de N externo absorbido por la planta.

Esto no parece ser así con las habas, cuya aparente tolerancia de la simbiosis de las habas, se estudió en cultivos de arena. Por éste método, el aporte de 250 ppm de N (como Nitrato) aplicado dos veces diarias consiguió, por fin, inhibir totalmente la nodulación en Vicia faba L., mientras que 100 ppm de N fueron suficientes para P. vulgaris. Si estos resultados pueden atribuirse a diferencias (inherentes entre V. faba L. y P. vulgaris) en su eficiencia en la utilización del fertilizante, todavía espera confirmación experimental. Pero el desarrollo de la cosecha de habas, hace pensar, que estas son relativamente ineficientes en la utilización de Nitratos con N marcado (Day, Roughley y Witty, 1979).

Sin embargo, Vicia faba L. puede acumular grandes cantidades de materia seca y producir altas cosechas en semillas ricas en proteínas, por lo que tiene una alta demanda de N. Las habas sembradas en Otoño y cultivadas en Escocia, pueden acumular más de 19.8 Tm de materia seca por Ha, (conteniendo 3.2% de N) y cosechándose hasta 9 Tm por Ha de semillas secas (Sprent y Bradford, 1977). En siembra de Primavera, las habas cultivadas en Rothamsted, acumularon 15.9 Tm por Ha de materia seca, (conteniendo 2.3% de N) y cosechando 6.8 Tm por Ha de semillas secas (Day, Roughley y White, 1979). Así, podría parecer que una planta con tan alta demanda de N, debería responder a la fertilización nitrogenada cuando el sistema de fijación simbiótica de N no fuera plenamente eficiente, pero esto no parece ser así; aunque se ha comprobado, que el aporte de N combinado aumenta el peso seco y el contenido en N de los tejidos de la planta (Dean Y Clark, 1980).

Pequeñas cantidades de fertilizante nitrogenado (25-62.5 Kg de N por Ha), tuvieron un efecto pequeño o nulo en la cosecha de Vicia faba (Boyd et al., 1952. Rothamsted Experimental Station, 1964, 1966). Mc Ewen (1970 a) incrementó la aplicación de N hasta 125-375 Kg por Ha, pero fracasó en encontrar resultados consistentes. Las mayores, dentro de las pobres respuestas (al aporte de 375 Kg de N por Ha) fueron del orden de 95 Kg de grano por Ha, en 1967, y de 160 Kg de grano por Ha, en 1966. Mc Ewen concluyó que no había perspectivas para una económica utilización de



fertilizante nitrogenado en la sementera.

Las conclusiones que se desprenden de los diversos ensayos realizados, es que Vicia faba L., sólo responde a la fertilización nitrogenada, en suelos donde no se ha cultivado antes (ausencia de Rhizobium), o en años climáticamente excepcionales, o con una muy alta incidencia de Sitona lineatus; cuya larva, ataca a los nódulos de la raíz, dejando seriamente limitada la fijación de N (Witty, Roughley y Day, 1980 a).

La mayor demanda de N (por las habas) está asociada con la aparición de las vainas y el desarrollo de las semillas (Cooper, Hill-Cottingham y Lloyd-Jones, 1976). Es durante éste período cuando la humedad es más limitante (Sprent et al., 1977. Mc Ewen et al., 1981), el Sitona lineatus es más activo, y la competencia entre las semillas y los nódulos por los fotosintatos, llega a ser un factor limitante de la actividad del nódulo (Sinclair y De Wit, 1975). Así, se puede pensar que Vicia faba L. podría beneficiarse del N aplicado durante o después de la floración. Mc Ewen (1970 b) encontró, que la respuesta, a un importante aporte de N incrementaba la cosecha, si las aplicaciones eran partidas: el incremento alcanzó, desde 25 Kg de grano en 1968 hasta 500 Kg de grano en 1966. La mayor respuesta (690 Kg por Ha) se obtuvo por aplicación de 188 Kg de N por Ha a finales de Mayo (final de la floración). Day, Roughley y Witty (1979) aplicaron 100 Kg de N por Ha, repartido entre 6 semanas después de la siembra y en el momento de la iniciación de las vainas, el fertilizante fué marcado con N 15 para evaluar la absorción de cada aplicación separadamente; pero no hubo incremento de la cosecha en este experimento. La falta de respuesta fue atribuída al bajo nivel de fertilización utilizado; tomando en torno al 29% de N aplicado en sementera y menos del 10% del aplicado al final de la floración. Se dedujo que la falta general de respuesta de las habas a la fertilización nitrogenada, podría deberse, en parte, a la pobre eficiencia en el aprovechamiento de los fertilizantes.

El interés de la técnica de aplicación foliar de N resultó estimulado por la publicación de García y Hanway (1976), en la que se destaca, que la cosecha de

soja fue incrementada desde 3695 Kg por Ha hasta 5225 Kg por Ha mediante cuatro pulverizaciones (conteniendo N, P, K y S en proporciones similares a las encontradas en las semillas). En Rothamsted, un cultivo de habas de primavera, fué pulverizado con fórmulas similares a las utilizadas por García y Hanway (1976); conteniendo 80 Kg de N por Ha aplicado en cuatro pulverizaciones de Urea marcada con N 15. En 1977, la cosecha de Vicia faba se incrementó en 361 Kg por Ha, alcanzando una absorción del 15% de la Urea aplicada (Day, Roughley y Witty, 1979); en 1978, las plantas absorbieron el 28% de la Urea, pero la cosecha se redujo significativamente. Estos resultados se atribuyeron al quemado de las hojas debido a la pulverización (Witty, Roughley y Day, 1980 b). En un tercer año, los experimentos con pulverización foliar no tuvieron efectos significativos (Witty, Day y Ewens, 1981).

Las aplicaciones de Urea durante el desarrollo de las vainas redujo la actividad de la Nitrogenasa rápidamente. Así, en plantas con una simbiosis completamente activa, los derivados foliares de N reemplazaron a los derivados de N de los nódulos (al menos en parte) en una proporción complementaria. Presumiblemente, por esto, sólo en los momentos en que la fijación está limitada (si hay una baja humedad en el suelo o una infestación por Sitona lineatus), las plantas podrían beneficiarse de un incremento en el N aportado por vía foliar.

A causa de la general falta de respuesta de las habas a la fertilización nitrogenada, se podría pensar que el cultivo es extremadamente inadecuado para la utilización de formas de N combinado. Sin embargo, Cooper et al. (1976), usando N marcado, realizó una experiencia (midiendo los impulsos registrados de plantas cultivadas sobre arena en invernadero) mostrando que el Nitrato marcado era absorbido continuamente a lo largo del desarrollo de la planta. La fijación de N atmosférico, también produce una importante contribución progresivamente a lo largo del desarrollo vegetativo y reproductivo, disminuyendo sólo en el inicio de la senescencia. En contraste con otras leguminosas grano, como la soja (Hanway y Weber, 1971), la distribución del N contenido en las

partes vegetativas, produce solo una pequeña contribución al N de la semilla de V. faba L., cultivada en arena. Los resultados en el desarrollo de la cosecha parecen ser diferentes (Sprent y Bradford, 1977). En posteriores experimentos (Hill-Cottingham y Lloyd-Jones, 1979), mostraron que la proporción de N tomado, fue casi lineal con el llenado de la vaina y proporcional a la concentración de Nitrato en la solución de cultivo. El peso de los nódulos, fue solo ligeramente deprimido por un aporte de 4.25 mol / m<sup>3</sup> de Nitratos, y tuvo una correspondiente reducción en la cantidad de N atmosférico fijado.

Richards y Soper (1979) cultivaron habas, en cabinas con las condiciones ambientales controladas, incrementando los niveles de N marcado (en forma de Nitrato Amónico) desde 25 a 300 mg de N por Kg de suelo. Bajo estas condiciones la absorción de fertilizante por la planta fue alta, y observaron una relación lineal inversa entre el fertilizante nitrogenado y la fijación de N atmosférico. Las plantas que no recibieron fertilizante nitrogenado, fijaron del aire el 87% de sus requerimientos; las plantas con un alto nivel de fertilizante nitrogenado, solo fueron capaces de fijar el 42% de sus requerimientos en N, mostrando que la fijación era marcadamente tolerante a concentraciones altas de Nitratos. Extrapolando estos datos, es posible calcular que (aproximadamente) 467 mg de N, por cada Kg de suelo, hubieran sido necesarios para eliminar la fijación, es decir, 840 Kg de N por Ha, si se transforma en superficie. Sin embargo, utilizando otras transformaciones, la eliminación de la fijación, podría requerir 960 Kg de N por Ha; aunque tales transformaciones, deben mirarse, no obstante, con extrema precaución.



### 3.- MATERIAL Y METODOS

### 3.1 ENSAYOS DE CAMPO.

Durante los años agrícolas 1984-85 y 1985-86, se repitió un ensayo de campo diseñado específicamente para cubrir los objetivos propuestos en la presente memoria, y dar respuesta a las preguntas que los mismos planteaban. El cultivo se efectuó en condiciones de regadío, realizando las labores agrícolas habituales en la zona; aunque estas fueron algo diferentes en los dos años.

#### 3.1.1 LOCALIZACION.

Los ensayos se realizaron en la finca experimental del Centro de Investigación y Desarrollo Agrario (CIDA) de Granada. Situado a cuatro kilómetros de esta ciudad, en el término municipal de Purchil, en el margen del río Beiro, en plena vega de Granada y a una altura sobre el nivel del mar de 640 metros. La localización del ensayo (dentro de la finca) cambió, con objeto de no repetir, sobre el mismo suelo, dos años seguidos el mismo cultivo.

#### 3.1.2 CLIMATOLOGIA GENERAL DE LA ZONA.

El clima de la zona es del tipo Mediterráneo-Continental, con veranos muy cálidos y secos, e inviernos largos y fríos; con intensas oscilaciones de temperatura, tanto entre las estaciones, como entre el día y la noche. La sequía estival contrasta con el predominio primaveral e invernal de las lluvias. La media anual de las precipitaciones es de 474.7 milímetros (Bosque Maurel, 1971) claramente insuficientes para un rendimiento elevado en la mayoría de los cultivos. Además, la escasez de lluvias viene agravada por las agudas fluctuaciones del régimen pluviométrico; así, mientras que Marzo coincide con las máximas precipitaciones anuales (65.8 milímetros) que doblan el promedio mensual, Julio y Agosto representa un mínimo acusadísimo con lluvias apenas perceptibles (4 milímetros).

Pero además, estas escasas lluvias se producen en

el transcurso de muy pocos días (89 como promedio anual) su distribución mensual y anual es similar a la de las precipitaciones, con 11.26 días de lluvia en Marzo y 1.22 en Julio. Por otra parte, en Verano predominan las lluvias torrenciales, mientras que durante el Otoño y el Invierno abundan los temporales de precipitación lenta y continuada. También es característico de la zona, una brusca alternancia de años lluviosos y secos. Así, mientras que en el 1936 se registraron 708 milímetros, en 1945 y 1950 solo se recogieron 278 y 370 milímetros respectivamente.

Frente al carácter esencialmente mediterráneo de las precipitaciones, las temperaturas presentan rasgos de acusada continentalidad; que podrían parecer extraños dada la latitud y su proximidad al mar, pero que son normales si se tiene en cuenta la altitud y la disposición del relieve. En todo caso, se trata de un núcleo térmico muy diferente del conjunto de Andalucía, tanto por sus temperaturas medias, como por su régimen anual y sus oscilaciones. La media térmica anual es de 14.4 ° C, sensiblemente inferior a la de otras zonas de la misma región.

El régimen térmico acentúa tal caracterización: inviernos fríos y prolongados (media de Enero 6.4° C; mínima absoluta en Febrero -9.8° C); primaveras templadas (12.9° C de media en Abril), con heladas frecuentes y abundantes (0.6° C de mínima absoluta en Mayo y -2.9° C en Abril), temperaturas muy parecidas en otoño (media de 15.2° C en Octubre, mínima absoluta del mismo mes 0.2° C) y veranos muy calurosos y largos (media de Agosto 25° C, máxima absoluta de 45° C, y mínima absoluta de 9.2° C en el mismo periodo). La variación térmica tanto diaria como estacional es muy grande.

El aire es seco; la humedad relativa varía entre los mínimos de 39 % y 44 % en Julio y Agosto (Capel Molina, 1981) y los máximos de 76 % en Noviembre y Diciembre, con una humedad media anual del 60 % (la más baja de la cuenca del Guadalquivir y una de las más bajas de la Península Ibérica). El valor medio diario de la humedad relativa varía entre el 78 % a las 7 h. y el 47 % a las 13 h. presentando un 55 % a las 18 h. La

variación diurna de la humedad relativa es casi inversa a la de la temperatura. Es máxima en las primeras horas de la mañana (7 h.) y mínima a mediodía (13 h.), cuando la temperatura es máxima.

La insolación presenta altos índices anuales en torno a las 2754 h. de sol. Los valores medios mensuales del número de horas de sol varían entre un máximo de 338 h., en Julio, y un mínimo de 137 h., en Diciembre, (Capel Molina, 1981).

La nubosidad media es del 44.5 % lo que corresponde a 81 días cubiertos y 121 despejados. La transparencia del aire es muy fuerte; ostentando Granada el record de las capitales españolas en días totalmente despejados al año.

#### 3.1.2.1 Climatología durante los ensayos.

Los datos referentes a este apartado se encuentran resumidos en las Tablas siguientes: Temperaturas (3.1), humedad (3.2), precipitación (3.3), evaporación (3.4), insolación (3.5) y radiación (3.6).

#### 3.1.3 LA COMARCA: SU SUELO.

Las Vegas del Genil constituyen la unidad comarcal más importante de la Provincia de Granada, por su superficie e importancia económica.

Las Vegas del Genil son en realidad "la depresión del Genil ó de Granada". Es decir, la porción más occidental de la del conjunto de hoyas que forman la provincia, en el corazón de las cordilleras Béticas; el gran surco Penibético, del que también forman parte las regiones de Guadix, Baza y Huéscar.

La depresión del Genil, en cuyo borde oriental se levanta la ciudad de Granada, se extiende al N.O. de Sierra Nevada. Tiene una extensión de 50 Km de Este a Oeste, por 35 Km. de Norte a Sur, y una superficie aproximada de 1500 Km cuadrados.

Tabla 3.1.- Valores de temperatura (años 1984, 1985 y 1986).

	A) Temperatura máxima absoluta			B) Temperatura mínima absoluta		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986
ENERO		20.0	15.2		-9.8	-4.6
FEBRERO		23.8	19.8		-2.8	-3.2
MARZO		23.8	23.8		-4.8	-1.4
ABRIL		28.0	25.6		0.4	-2.6
MAYO		30.8	34.0		3.0	3.6
JUNIO		35.2	34.8		9.4	9.6
JULIO		39.6	40.0		10.0	9.2
AGOSTO		40.2			8.0	
SEPTIEMBRE		36.4			10.8	
OCTUBRE	27.8	33.0		0.6	2.6	
NOVIEMBRE	21.4	26.4		1.0	-2.8	
DICIEMBRE	17.4	20.4		-8.2	-3.4	

	C) Temperatura media de las máximas.			D) Temperatura media de las mínimas.		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986
ENERO		11.5	11.8		-0.3	0.3
FEBRERO		16.8	12.3		4.6	3.0
MARZO		16.4	17.0		0.9	2.8
ABRIL		22.0	16.2		5.4	3.4
MAYO		22.5	16.2		8.2	10.4
JUNIO		30.5	30.0		13.1	13.1
JULIO		35.1	34.7		15.6	15.4
AGOSTO		34.6			14.0	
SEPTIEMBRE		31.6			13.6	
OCTUBRE	23.3	25.8		6.4	7.9	
NOVIEMBRE	16.1	15.9		6.3	4.6	
DICIEMBRE	14.0	12.2		1.5	1.3	



Tabla 3.2.- Valores de temperatura (continuación).  
(años 1984, 1985 y 1986).

	E) Temperatura media mensual.			F) Distribución horaria de las temperaturas (a las 7 h).		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986
ENERO		5.6	6.0		0.8	1.5
FEBRERO		10.7	7.7		5.4	4.2
MARZO		8.7	9.9		2.1	3.8
ABRIL		13.4	9.8		7.0	5.2
MAYO		15.3	19.2		2.1	3.8
JUNIO		21.8	21.5		15.8	15.5
JULIO		25.4	25.0		18.1	17.9
AGOSTO		24.3			15.8	
SEPTIEMBRE		22.6			14.4	
OCTUBRE	14.8	16.9		7.1	8.2	
NOVIEMBRE	11.2	10.3		7.1	5.7	
DICIEMBRE	7.7	6.8		2.4	2.2	

	G) Distribución horaria de las temperaturas (a las 13 h.).			H) Distribución horaria de las temperaturas (a las 16 h.).		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986
ENERO		8.9	9.0		7.9	8.4
FEBRERO		13.9	10.1		13.1	10.1
MARZO		14.0	14.9		13.4	14.3
ABRIL		19.5	14.2		18.9	13.8
MAYO		20.2	25.4		19.4	25.3
JUNIO		28.5	27.6		28.2	27.2
JULIO		32.5	32.2		32.9	31.6
AGOSTO		31.7			32.0	
SEPTIEMBRE		29.7			27.5	
OCTUBRE	20.5	23.6		18.4	21.3	
NOVIEMBRE	14.1	13.5		12.4	12.2	
DICIEMBRE	11.8	9.8		9.6	8.9	



Tabla 3.3.- Valores de temperatura y humedad relativa.  
(años 1984, 1985 y 1986).

	A) N° de días con temperatura mínima igual ó menor de 0°C.			B) Humedad relativa media mensual		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986
ENERO		27	18		71	79
FEBRERO		4	6		72	79
MARZO		15	6		58	66
ABRIL		-	3		55	63
MAYO		-	-		56	52
JUNIO		-	-		48	52
JULIO		-	-		40	43
AGOSTO		-	-		43	
SEPTIEMBRE		-			51	
OCTUBRE	-	-		60	57	
NOVIEMBRE	-	6		80	80	
DICIEMBRE	12	10		73	87	

	C) Distribución horaria de la HR (a las 7 h.).			D) Distribución horaria de la HR (a las 13 h.).		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986
ENERO		88	94		60	67
FEBRERO		90	94		59	69
MARZO		88	94		42	49
ABRIL		83	89		40	50
MAYO		83	80		41	37
JUNIO		77	82		33	35
JULIO		69	72		26	28
AGOSTO		75			27	
SEPTIEMBRE		82			32	
OCTUBRE	87	87		42	37	
NOVIEMBRE	93	95		67	68	
DICIEMBRE	92	95		58	75	

Tabla 3.4.- Valores de humedad relativa, precipitación y evaporación. (años 1984, 1985 y 1986).

	A) Distribución horaria de la HR (a las 18 h.).			B) Precipitación total en mm.		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986
ENERO		66	76		29.1	53.4
FEBRERO		66	73		65.2	100.0
MARZO		45	55		16.5	35.1
ABRIL		42	51		44.4	31.1
MAYO		45	38		21.6	13.2
JUNIO		34	39		10.7	69.5
JULIO		25	30		0.0	2.3
AGOSTO		27			0.0	
SEPTIEMBRE		40			6.2	
OCTUBRE	51	46		6.0	1.2	
NOVIEMBRE	79	76		93.2	87.8	
DICIEMBRE	68	84		3.3	40.6	

C) Evaporación total del mes en mm.

	1984	1985	1986
ENERO		25.6	25.5
FEBRERO		40.6	25.9
MARZO		60.9	59.6
ABRIL		90.7	60.0
MAYO		97.5	115.3
JUNIO		131.5	123.4
JULIO		190.2	164.1
AGOSTO		172.0	155.4
SEPTIEMBRE		126.8	
OCTUBRE	66.6	87.9	
NOVIEMBRE	33.0	27.9	
DICIEMBRE	33.2	18.6	

Tabla 3.5.- Valores de insolación e irradiación  
(años 1984, 1985 y 1986).

A) Insolación media diaria en horas de sol durante cada mes

B) % de insolación.

	1984	1985	1986	1984	1985	1986
ENERO		5.3	5.4		53	55
FEBRERO		3.8	4.2		35	38
MARZO		7.1	6.9		60	57
ABRIL		7.7	6.9		59	55
MAYO		9.0		64	67	
JUNIO		11.2	11.4		76	78
JULIO		11.6	11.4		80	79
AGOSTO		11.5	11.4		85	84
SEPTIEMBRE		8.4			67	
OCTUBRE	7.8	8.5		69	75	
NOVIEMBRE	3.5	4.7		35	46	
DICIEMBRE	5.2	4.1		54	43	

C) Irradiación en cal./cm<sup>2</sup> diaria media en un mes.

	1984	1985	1986
ENERO		208	231
FEBRERO		232	247
MARZO		411	410
ABRIL		465	468
MAYO		574	602
JUNIO		651	657
JULIO		678	612
AGOSTO		598	603
SEPTIEMBRE		503	
OCTUBRE	376	399	
NOVIEMBRE	166	222	
DICIEMBRE	190	173	

Se trata, ante todo, de una cubeta de subsidencia; como lo prueba el hecho de que, perteneciendo el fondo al Mioceno inferior, el Mioceno superior que lo rellena, ha sido afectado también por las fallas que motivaron el hundimiento. Este incluso continuó durante el Cuaternario y no ha cesado aún totalmente (Bosque Maurel, 1971).

Según la clasificación de la FAO, el suelo pertenece al tipo de fluvisoles calcáreos. Se trata de suelos desarrollados sobre materiales típicamente aluviales constituidos por limos, arenas y gravas poco consolidadas. Son suelos profundos, poco diferenciados y con un contenido medio-bajo de materia orgánica. De estructura franco-limosa, poseen fases más gruesas, en ocasiones, y un contenido variable en carbonatos (Perez Pujalte, 1979; Pérez Pujalte y Prieto Fernández, 1980).

### 3.1.3.1 Composición física y química del suelo.

El análisis químico y granulométrico del suelo se realizó por los métodos habitualmente utilizados en el Laboratorio Agrario Regional de Atarfe (Granada); y su resultado se muestra a continuación:

Elementos gruesos % .....	-
Arena % .....	40.60
Limo % .....	56.30
Arcilla % .....	3.05
Clasificación USDA .....	Fr-L
pH en agua suspensión 1:2.5 .....	7.90
Materia orgánica oxidable % .....	1.38
Nitrógeno total (N) % .....	0.117
Fósforo asimilable (P) ppm. ....	48.00
Potasio asimilable (K) ppm. ....	85.00
Caliza activa % .....	12.63
Carbonatos % .....	16.40
Prueba previa salinidad 1/5 (mmhos/cm) .....	0.306

### 3.2 OPERACIONES DE CULTIVO.

Las condiciones del cultivo fueron en los dos años las mismas. En ambos se procedió en lo general, con técnicas y métodos habituales en la zona (regadío, fecha de siembra, abonado de fondo; herbicidas, etc.), excepto en los factores objeto de estudio (densidad de siembra y fertilización nitrogenada).

#### 3.2.1 VARIEDADES CULTIVADAS.

En ambos ensayos se han empleado semillas del tipo botánico Vicia faba L. var equina, cultivar Alameda. Inscrita en el registro en 1979; y obtenida por selección masal y geneológica.

Su ciclo vegetativo es el normal.

La vaina es corta y su inserción erecta. Semillas de color ocre, tipo habín, con hilo negro. Peso de 1000 semillas entre 640 g. y 1160 g.

No presenta encamado, ni desgrane; lo cual facilita la recolección mecánica.

Es poco sensible a la Antracnosis; Cercospora, Ascochyta y Roya .

La altura de la planta oscila entre 60 y 80 cm. Las hojas son de color verde claro.

Tiene una buena capacidad de ahijamiento (3 a 5). Siendo muy precoz en la floración; tolerante al frío y de alto rendimiento por Ha.

#### 3.2.2 PREPARACION DEL TERRENO.

##### A) Ensayo 1984-85

En Agosto se enterró el rastrojo de maíz del cultivo anterior, con arado de vertedera reversible tirado por tractor; la labor de 25 a 30 cm de profundidad se dió en seco y, por tanto, con el terreno

bastante duro.

En Noviembre se dió una labor de grada, para romper los terrones y preparar el suelo para el abonado de fondo.

#### B) Ensayo 1985-86

En el mes de Julio se levantó el suelo, en el que se había cultivado avena, con una labor de vertedera. En Noviembre se volvió a dar otra labor de vertedera de 25 a 30 cm de profundidad, con el terreno en buen estado.

#### 3.2.3 ABONADO DE FONDO.

En ambos ensayos, se aplicó el mismo abono de fondo, en la misma época (finales de Noviembre) y con las mismas técnicas de distribución y enterrado.

Las dosis y formas del mismo fueron las siguientes:

A) Fósforo: Se emplearon 389 Kg/ha de Superfosfato de cal del 18 % de riqueza, lo cual equivale a 70 Kg/Ha de Fosfato ( $P_2O_5$ ).

B) Potasio: Se utilizó 200 Kg/Ha de Sulfato de potasa del 50 % de riqueza, lo cual equivale a 100 Kg/Ha. de Potasa ( $K_2O$ ).

El abono se enterró con una labor de rotavator, con lo cual quedó el suelo preparado para la siembra.

#### 3.2.4 SIEMBRA.

##### A) Ensayo 1984-85.

La siembra se realizó el día 6 de Diciembre, con máquina sembradora centrífuga, a una profundidad entre 8 y 10 cm y con un marco de 0.5 m entre líneas; empleando las distintas densidades de siembra como se

describe posteriormente.

El estado de terreno era bueno excepto en algunas zonas, que presentaban un suelo apelmazado por las lluvias de días anteriores.

Las semillas estaban tratadas con una tinción protectora de Maneb-Lindano: Maneb líquido al 40% (Polímero del Etilen 1,2 - bisditiocarbamato de manganeso) contra el ataque por hongos; Lindano, producto insecticida.

#### B) Ensayo 1985-86.

Se sembró durante los días 3 y 4 de Diciembre, según el método tradicional de asurcado con mulo y semillas distribuidas a mano. Se enterraron a una profundidad entre 10 y 15 cm con un pase de rastra; empleando un marco de 0.5 m entre líneas y con las diferentes densidades de siembra descritas posteriormente.

A continuación el suelo se asentó con un pase de rulo tirado por tractor.

Este año las semillas carecían de tratamiento protector.

#### 3.2.5 APLICACION DE HERBICIDAS.

##### A) Ensayo 1984-85.

Inmediatamente después de la siembra, se trató el suelo con herbicida de preemergencia Afalón (de la casa Sandoz (Linurón 50 ó (3-(3,4-Diclorofenil)1-metoxi-1-metilurea)) al 50% como polvo mojable, y a razón de 2 Kg/Ha. Posteriormente, cuando las plantas medían entre 8 y 10 cm, se volvió a tratar con herbicida Servin de la casa Argos (Iloxan al 36%) en forma de líquido emulsionable (Metil Diclofop ó ester metílico del Acido 2'(4-2',4'-Dicloro fenoxi) fenoxi propiónico)) y Fusilade (al 12,5%) de la casa Zeltia (Butil Fluazifop o (2-(4,5-Trifluorometil-2-



piridiloxi)fenoxi)propionato de butilo) a razón de 1.5 Kg/Ha. Ambos herbicidas se distribuyeron con un equipo formado por un carro herbicida con tractor.

El día 16 de Abril, se trató el cultivo contra Orobanche con Rondup Ultrabax, al 36% P/V (Glifosato o sal isopropilamina de N-(fosfometil)glicina), a razón de 250 cc./Ha. En ninguno de los dos años agrícolas, se detectó la presencia de "jopo".

#### B) Ensayo 1985-86.

Después de la siembra se aplicó herbicida de emergencia (Afalón) a razón de 2 l/Ha. distribuyendose con mochila a mano.

No se volvió a tratar con ningún otro herbicida.

#### 3.2.6 OTRAS LABORES REALIZADAS.

##### A) Preparación del terreno para su uso en regadío.

En ambos ensayos, después de la siembra, se preparó el terreno para el riego a pie, construyendo los canales de riego, madres y aletas. El equipo empleado en ambos ensayos fué tractor con tasquivero y operario con azada.

##### B) Labor de escarda.

Debido al no empleo de herbicida en el ensayo de 1985-86, se hizo necesaria una labor de escarda para eliminación de malas hierbas.

##### C) Riegos.

Puesto que en ambos ensayos estaba previsto un abonado con urea, con diferentes cantidades (en las distintas parcelas, excepto en las testigo) y para evitar que el agua de riego pudiera arrastrar abono de unas parcelas a otras, se construyeron unos canales de

riego, que suministraban el agua limpia directamente a cada una de las parcelas, y unos canales de desagüe, que recogían el agua que salía de cada parcela vertiéndola directamente al exterior; impidiendo, así, que pudiese entrar en otra parcela. Por lo demás, los riegos se efectuaron de la manera habitual en la zona y con la frecuencia que requería el cultivo según su fase de desarrollo y las precipitaciones habidas.

Así, durante el ensayo 1984-85 se realizaron tres riegos a lo largo de todo el cultivo, en las siguientes fechas:

1<sup>er</sup>. riego ..... 8 de Marzo.  
2<sup>o</sup> riego ..... 9 de Abril.  
3<sup>er</sup>. riego ..... 14 de Mayo.

Durante el ensayo 1985-86, se realizaron cinco riegos distribuidos en las siguientes fechas:

1<sup>er</sup>. riego ..... 28 de Enero.  
2<sup>o</sup> riego ..... 21 de Marzo.  
3<sup>er</sup>. riego ..... 23 de Abril.  
4<sup>o</sup> riego ..... 9 de Mayo.  
5<sup>o</sup> riego ..... 17 de Mayo.

### 3.2.7 RECOLECCION.

La recolección se efectuó en el momento en que las plantas habían perdido la mayor parte de sus hojas y presentaban un color marrón, hojas, vainas y tallos. Los frutos estaban maduros y las semillas llenas, pero las plantas aún no se habían vuelto quebradizas, lo que hubiera dificultado su manipulación y aumentado las pérdidas por caída de vainas y trozos de tallos.



### 3.2.8 CRONOLOGIA DE LAS OPERACIONES DE CULTIVO.

	1 <sup>er</sup> Ensayo	2 <sup>o</sup> Ensayo
Preparación del suelo	15-11-84	16-11-85
Abonado de fondo	20-11-84	19-11-85
Siembra	6-12-84	4-12-85
Herbicida de preemergencia	7-12-84	4-12-85
Herbicida de postemergencia	10- 3-85	--
Tratamiento Orobanche	16- 4-85	--
Escarda	--	20- 4-86
Fertilización nitrogenada	29- 3-85	4- 4-86
		28- 1-86
	8- 3-85	21- 3-86
Riegos	9- 4-85	23- 4-86
	14- 5-85	9- 5-86
		17 -5-86
Recolección	5- 7-85	7 -7-86

### 3.3 TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES.

#### 3.3.1 DENSIDADES DE SIEMBRA.

Se han ensayado tres niveles de siembra diferentes:

<u>Niveles</u>	<u>Nº de plantas/m<sup>2</sup>.</u>
D1 .....	10
D2 .....	20
D3 .....	30

Interesaba que el número de semillas viables se aproximara en lo posible a la densidad de siembra prevista, por lo que previamente se efectuó un ensayo de germinación con una muestra de las semillas a sembrar, resultando para el año agrícola 1984-85 una

capacidad de germinación del 88 %. Puesto que el peso de 1000 semillas fué de 1113 g, resultó necesario el empleo de las siguientes cantidades de semillas por parcela de 100 m<sup>2</sup>, para obtener las distintas densidades previstas:

$$D1 = \frac{10 \text{ plant}}{m^2} \times \frac{100 \text{ sem.}}{88 \text{ plant}} \times \frac{1113 \text{ g}}{1000 \text{ sem}} \times \frac{100 \text{ m}^2}{\text{parcela}} = 1265 \text{ g/parcela}$$

$$D2 = \frac{20 \text{ plant}}{m^2} \times \frac{100 \text{ sem.}}{88 \text{ plant}} \times \frac{1113 \text{ g}}{1000 \text{ sem.}} \times \frac{100 \text{ m}^2}{\text{parcela}} = 2530 \text{ g/parcela}$$

$$D3 = \frac{30 \text{ plant}}{m^2} \times \frac{100 \text{ sem.}}{88 \text{ plant}} \times \frac{1113 \text{ g}}{1000 \text{ sem.}} \times \frac{100 \text{ m}^2}{\text{parcela}} = 3794 \text{ g/parcela}$$

### 3.3.2 FERTILIZACION NITROGENADA.

Se ha ensayado la fertilización con tres niveles diferentes de Nitrógeno:

<u>Niveles</u>	<u>Kg de N./Ha.</u>
No .....	Testigo
N1 .....	30
N2 .....	60

En ambos ensayos (1984-85 y 1985-86) se empleó como abono nitrogenado urea del 46 % de riqueza.

La época de aplicación fue al inicio de la

floración. Realizandose en el 1 er. ensayo el día 29 de Marzo de 1985 mientras que en el 2º ensayo se aplicó el día 4 de abril de 1986.

Las cantidades de urea empleadas por parcela fueron las siguientes:

N0 = Testigo

$$N1 = \frac{30 \text{ Kg N}}{\text{Ha}} \times \frac{100 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2 \text{ parcela}} \times \frac{100 \text{ kg urea}}{46 \text{ Kg N}} = 0.652 \text{ Kg/parcela}$$

$$N2 = \frac{60 \text{ Kg N}}{\text{Ha}} \times \frac{100 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2 \text{ parcela}} \times \frac{100 \text{ kg urea}}{46 \text{ Kg N}} = 1.304 \text{ Kg/parcela}$$

El fertilizante previamente pesado y embolsado se distribuyó a mano uniformemente en las respectivas parcelas.

### 3.3.3 DISPOSICION DE LAS PARCELAS.

Cada uno de los dos ensayos comprendía 36 parcelas de 100 m<sup>2</sup> cada una (4m x 25 m) más canales de riego y desagües, pasillos y tasquivas de separación. Estas 36 parcelas fueron agrupadas formando un rectángulo de 3 parcelas en la dirección N.-S. (90 m) y 12 parcelas en la dirección E.-O. (60 m). Cada parcela estaba separada de sus contiguas del N. y S. por un pasillo de 4 m de anchura, donde 3 tasquivas enmarcaban 2 canales, uno de riego y otro de desagüe que recoge el agua sobrante para evitar que el fertilizante que pudiera arrastrar, entrara en otras parcelas. El sentido de la corriente de riego era de E. a O. y de S. a N.

En la dirección N.-S., las parcelas estaban separadas por pasillos de 2 m de ancho, flanqueados por

caballones que impedían la salida del agua por otro sitio que no fuera el extremo de desagüe.

En cada parcela se sembraron 8 hileras de plantas, con un marco de 50 cm, en la dirección E.-O.

### 3.4 DETERMINACIONES EXPERIMENTALES.

El análisis del desarrollo del cultivo y las relaciones entre las distintas variables que definen al sistema, así como las variables auxiliares que las relacionan entre si, se ha realizado mediante la recogida de muestras durante el desarrollo y maduración del cultivo. Sin embargo, por nosotros, sólo la última ha sido utilizada; sirviendo las demás para los trabajos de otros colegas que tenían objetivos diferentes.

#### 3.4.1 OBSERVACIONES EN EL CAMPO.

Las fechas de muestreo, así como el intervalo de tiempo entre dos recogidas sucesivas, han variado según las condiciones climáticas y el estadio fenológico de la planta:

<u>Ensayo</u>	<u>Muestreo</u>	<u>Fecha</u>	<u>Estadio fenológico</u>
1984-85	-	6- 1-85	Emergencia
	1	12- 3-85	Prefloración
	2	27- 3-85	Inicio de floración
	3	16- 4-85	Antesis
	4	29- 4-85	Inicio fructificación
	5	13- 6-85	Maduración
1985-86	6	5- 7-85	Final, senescencia
	-	13- 1-86	Emergencia
	1	5- 3-86	Prefloración
	2	20- 3-86	Prefloración
	3	7- 4-86	Inicio de floración
	4	21- 4-86	Antesis
	5	12- 5-86	Inicio fructificación
6	11- 6-86	Maduración	
7	7- 7-86	Final senescencia	

#### 3.4.2 ESTIMA DE LAS DENSIDADES DE PLANTAS RECOLECTADAS.

Las condiciones de competencia, en el campo, condicionan el desarrollo del cultivo, de ahí que la densidad de población sea un dato imprescindible para el cálculo de muchos índices de su crecimiento.

Dado que las plantas estaban dispuestas en hileras, y siendo conocida la longitud de cada hilera, así como el número de estas por parcela; se procedió, contando el número de plantas que quedaban comprendidas en un listón de 80 cm de largo, que se lanzaba al azar 4 veces en cada parcela; de manera que todas las hileras (excepto las dos extremas) tuvieran la misma probabilidad de ser analizadas.

#### 3.4.3 RECOGIDA DE MUESTRAS.

Las muestras se recogieron totalmente al azar en cada una de las parcelas, pero despreciando las dos hileras extremas y adentrándose 1 metro (como mínimo) en la parcela para evitar el "efecto borde".

Durante el año agrícola 1984-85, para el 5º muestreo se tomaron 18 plantas lanzando 6 veces el listón. Durante el año agrícola 1985-86, en el 6º muestreo, se tomaron 20 plantas lanzando 5 veces el mismo listón.

Una vez arrancadas las plantas e introducidas en bolsas de plástico etiquetadas, fueron transportadas al laboratorio donde fueron almacenadas en cámara fría a 4º C., iniciándose el análisis inmediatamente.

#### 3.4.4 DETERMINACION DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS EN EL LABORATORIO.

En el laboratorio, las plantas recogidas, fueron sometidas a una serie de medidas; cuyos promedios (por parcela) fueron analizados estadísticamente:

a) Datos primarios obtenidos por observación directa:

- 1) Número de tallos por planta (NT/P).
- 2) Número de nudos fructíferos por planta (Nnf/P).
- 3) Número de vainas por planta (NV/P).
- 4) Número de semillas por planta (NS/P).
- 5) *Peso seco de las semillas por planta (PS/P)*

b) Datos secundarios obtenidos por cálculo:

- 1) Número de nudos fructíferos por tallo (Nnf/T).
- 2) Número de vainas por nudo fructífero (NV/nf).
- 3) Número de semillas por vaina (NS/V).
- 4) Peso promedio de las semillas (PS/S).
- 5) Número de plantas por metro cuadrado (NP/m<sup>2</sup>).
- 6) Peso de las semillas por metro cuadrado o cosecha (PS/m<sup>2</sup>).

Debe notarse que la cosecha es un valor secundario o de cálculo y no de observación directa, como el que resultaría del peso obtenido en la recolección total de la parcela.

### 3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.

#### 3.5.1 DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño elegido para el ensayo de campo fue un factorial (3x3x2), resultado de la combinación de tres niveles de densidades de siembra y tres niveles de fertilización nitrogenada ensayados en dos años



agrícolas consecutivos; y cuatro réplicas para cada tratamiento. La Figura 3.1 muestra el esquema de este diseño experimental.

### 3.5.2 OPERACIONES DE CALCULO.

Dado el volumen de datos a manejar, y la complejidad de cálculo que implica el análisis estadístico multivariante, tuvimos que recurrir a la ayuda del mprocesador; empleando diversos programas implantados en lenguaje BASIC por los doctores Recalde, Barahona y Andrés. Las técnicas estadísticas de análisis uni y multivariante, su utilidad y limitaciones; así como, su adecuación a nuestros propósitos se discuten en el apartado cuatro de esta memoria (Resultados y discusión).

Rep.		Trat.									Año
		D <sub>1</sub>			D <sub>2</sub>			D <sub>3</sub>			
		N <sub>0</sub> 10	N <sub>1</sub> 11	N <sub>2</sub> 12	N <sub>0</sub> 20	N <sub>1</sub> 21	N <sub>2</sub> 22	N <sub>0</sub> 30	N <sub>1</sub> 31	N <sub>2</sub> 32	
1	I										1985
2	II										
3	III										
4	IV										
5	I										1986
6	II										
7	III										
8	IV										

Fig 3.1.- Diseño estadístico. Factorial (3x3x2):  
 3 niveles de densidad de siembra x 3 niveles  
 de fertilización nitrogenada x 2 años.

4.- RESULTADOS Y DISCUSION

Si admitimos que lo característico del "fenómeno fisiológico" es su naturaleza dinámica, podemos concluir que la Fisiología es la rama de la Biología que estudia las cualidades dinámicas de los sistemas vivientes; y también tendríamos que admitir la existencia, con entidad propia, de una Fisiología de los Cultivos. Sin embargo, una comprensión global de la fisiología de la planta cultivada sólo puede lograrse sobre la base de las relaciones de mutua dependencia que surgen entre éstos tres ciclos simultáneos: (a) el biológico de la planta cultivada; (b) el climático de los factores ambientales; y (c) el agrícola de las operaciones de cultivo. A su vez, una Agricultura estrictamente científica, que sustituya a la actual, de tipo artesanal y técnica, sólo se conseguirá, entre otras cosas, sobre la base del conocimiento científico de la Fisiología de los Cultivos.

#### 4.1. EL CULTIVO.

Se puede considerar el cultivo de una planta como una serie de operaciones ordenadas en estricta secuencia, cada una de las cuales condiciona las siguientes, y su conjunto determina finalmente la "cosecha". La finalidad de tales operaciones es modificar en sentido conveniente las condiciones del ambiente; no obstante, debido a las limitaciones que surgen en la realización de tal propósito, cada operación de cultivo no suele constituir nada más que un compromiso entre efectos fisiológicos favorables y desfavorables.

##### 4.1.1. LA COSECHA: SUS TIPOS.

Puede definirse, la cosecha de un cultivo, como el producto económico de su recolección. Sin embargo, cabe distinguir la cosecha biológica (que es el total de la materia seca acumulada en los órganos de la planta) de la cosecha económica (que es la porción de la biológica que tiene valor mercantil), siendo la proporción entre ambas, conocida como índice de recolección.

#### 4.1.2. LOS COMPONENTES DE LA COSECHA.

Se denominan componentes de la cosecha, aquellos parámetros morfológicos de la planta cultivada cuyo producto nos proporciona la magnitud de la misma; sin embargo, alguno de estos componentes puede ser complejo y resultar a su vez del producto de varios componentes simples. Los distintos componentes de la cosecha se desarrollan siguiendo una estricta secuencia de etapas ontogénicas, cada una de las cuales ocupa un período temporal definido, dentro del desarrollo del cultivo; lo que hace, que su magnitud dependa de la intensidad con que se manifiesten determinados factores ambientales durante dicho período; junto con las modificaciones que, a la intervención ambiental, acarreen las operaciones de cultivo.

#### 4.1.3. LA DINAMICA DE COMPENSACION ENTRE LOS COMPONENTES DE LA COSECHA.

Como han señalado Adams (1967), Grafius (1978), y otros muchos autores, se ha podido observar, en numerosos cultivos, que los distintos componentes de la cosecha guardan entre si una correlación negativa; lo que proporciona estabilidad a la cosecha, frente a las variaciones anuales del ambiente; pero, al mismo tiempo, les impide estar individualmente correlacionados con la misma. Este mecanismo, al que se ha denominado "factor de compensación", constituye una evidente ventaja adaptativa, ya que los valores bajos de un componente son suplementariamente equilibrados por los elevados de otros.

#### 4.1.4. LAS CAPACIDADES DETERMINANTES DE LA MAGNITUD DE LA COSECHA.

En un cultivo, la magnitud que alcanza su cosecha depende del desarrollo de tres capacidades: (a) la de absorber materiales del ambiente y transformarlos en sustancias elaboradas; (b) la de transportarlos a las regiones de la planta en que son consumidos; y (c) la de almacenarlos en los órganos recolectados. Sin embargo, estas tres capacidades forman una estructura

*que luego serán*

causal compleja, cuya característica esencial es formar bucles cerrados de realimentación; tal como muestra el esquema representado en la Figura 4.1. Resulta evidente, que a medida que aumenta la capacidad de síntesis crece la de transporte, y con ella, la de almacenamiento; pero también, que a medida que se satura la capacidad de almacenamiento, disminuye la de transporte, y con ella, la de síntesis.

Por otro lado, como la capacidad de producción y transporte de asimilados y la de su almacenamiento se desarrollan en períodos diferentes del ciclo ontogénico del cultivo -dependiendo de las condiciones climáticas reinantes durante los mismos- pueden darse tres situaciones de equilibrio diferentes: (a) que la cosecha se encuentre limitada por la capacidad de producción y transporte de las sustancias elaboradas; (b) que se encuentre limitada por la capacidad de almacenamiento de dichas sustancias; y (c) que ambas capacidades se encuentren bien equilibradas. Sin embargo, para conseguir la máxima productividad de un cultivo no basta, evidentemente, con el equilibrio entre la capacidad de elaboración y la de almacenamiento, sino que, además, deben expresarse ambas con la mayor intensidad posible; sin que su elevado nivel implique, claro está, desequilibrio.

Los resultados que vamos a reseñar y discutir a continuación se refieren a la capacidad de almacenamiento determinante de la cosecha.

#### 4.2. MODELO DINAMICO DE LA FORMACION DE LA COSECHA.

La formación de la cosecha durante el desarrollo de la planta cultivada, puede representarse mediante un modelo dinámico, cuyas características reseñamos a continuación.

##### 4.2.1. LOS CONSTITUYENTES DEL MODELO.

Al ser un modelo dinámico, la representación abstracta de un sistema, en él podemos distinguir: un

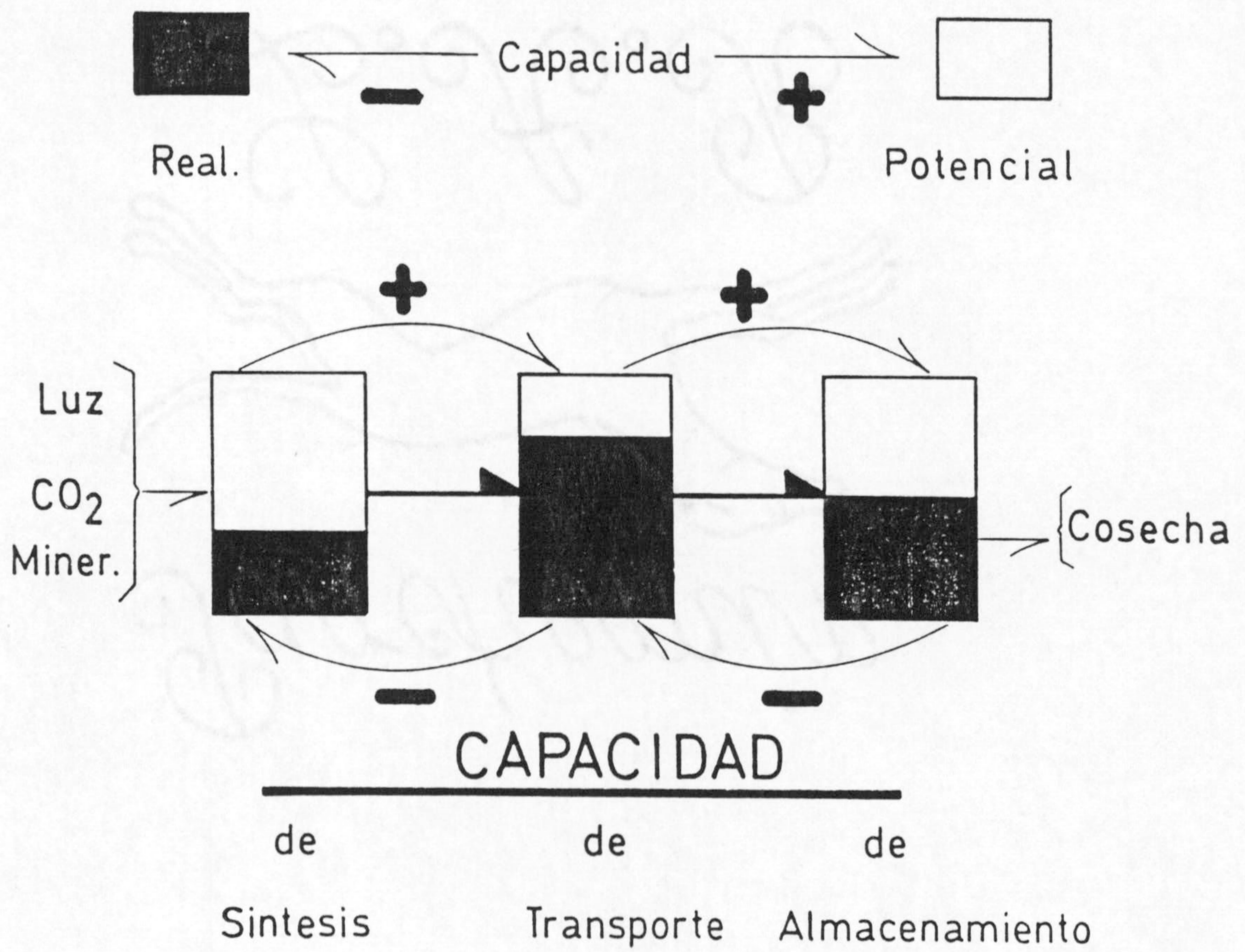


Figura 4.1.- Representación de la estructura causal de las capacidades determinantes de la magnitud de la cosecha.

conjunto de definiciones que permiten identificar a los elementos del sistema; y un conjunto de relaciones que permiten caracterizar sus interacciones. Son elementos de un sistema dinámico las variables, las constantes y los parámetros (Fig 4.2).

#### 4.2.1.1. Las Variables.

Se cuantifican mediante índices en los que su magnitud aparece referida a una constante (así, número de tallos por planta, número de semillas por fruto, peso de semillas por metro cuadrado, etc.).

Por su localización pueden dividirse en: a) exógenas y b) endógenas (Fig 4.3); sirviendo, las primeras, para describir los efectos ambientales modificadores del sistema; y las segundas, para caracterizar su estructura y funcionamiento. También, por su naturaleza, pueden clasificarse en: a) variables de estado que sirven para definir el sistema; b) variables de intensidad que sirven para definir los procesos que ocurren en él; c) variables auxiliares que, mediante comparaciones diversas, sirven para comprenderlo; y d) variables ocasionales, que actuando autónomamente desde el ambiente, afectan al sistema en un momento determinado.

#### 4.2.1.2. Los Parámetros y las Constantes.

Ambos son invariables; pero en los primeros, su magnitud puede modificarse al cambiar las condiciones experimentales, el genotipo u otros factores. Las constantes y los parámetros constituyen la parte "invariante" del sistema, mientras que las variables forman la "variante".

#### 4.2.2. DESCRIPCION DEL MODELO ELEGIDO.

Entre las muchas variables que podían ser observadas, elegimos once para construir nuestro modelo del desarrollo de la cosecha; de ellas, cinco eran variables de estado, otras cinco variables



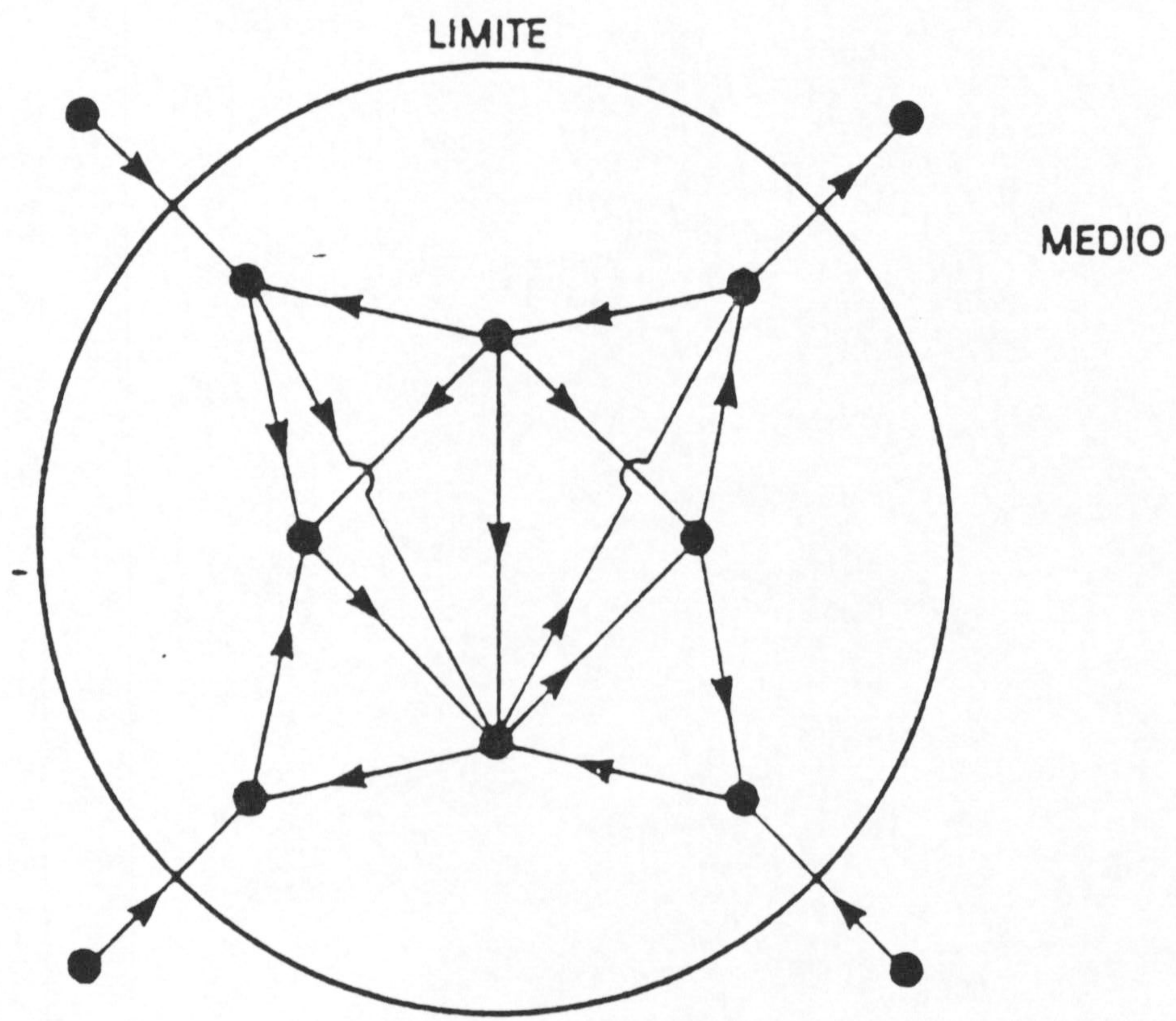


Figura 4.2.- Representación de un sistema como interacción entre elementos en el interior de unos límites que los separan del medio.

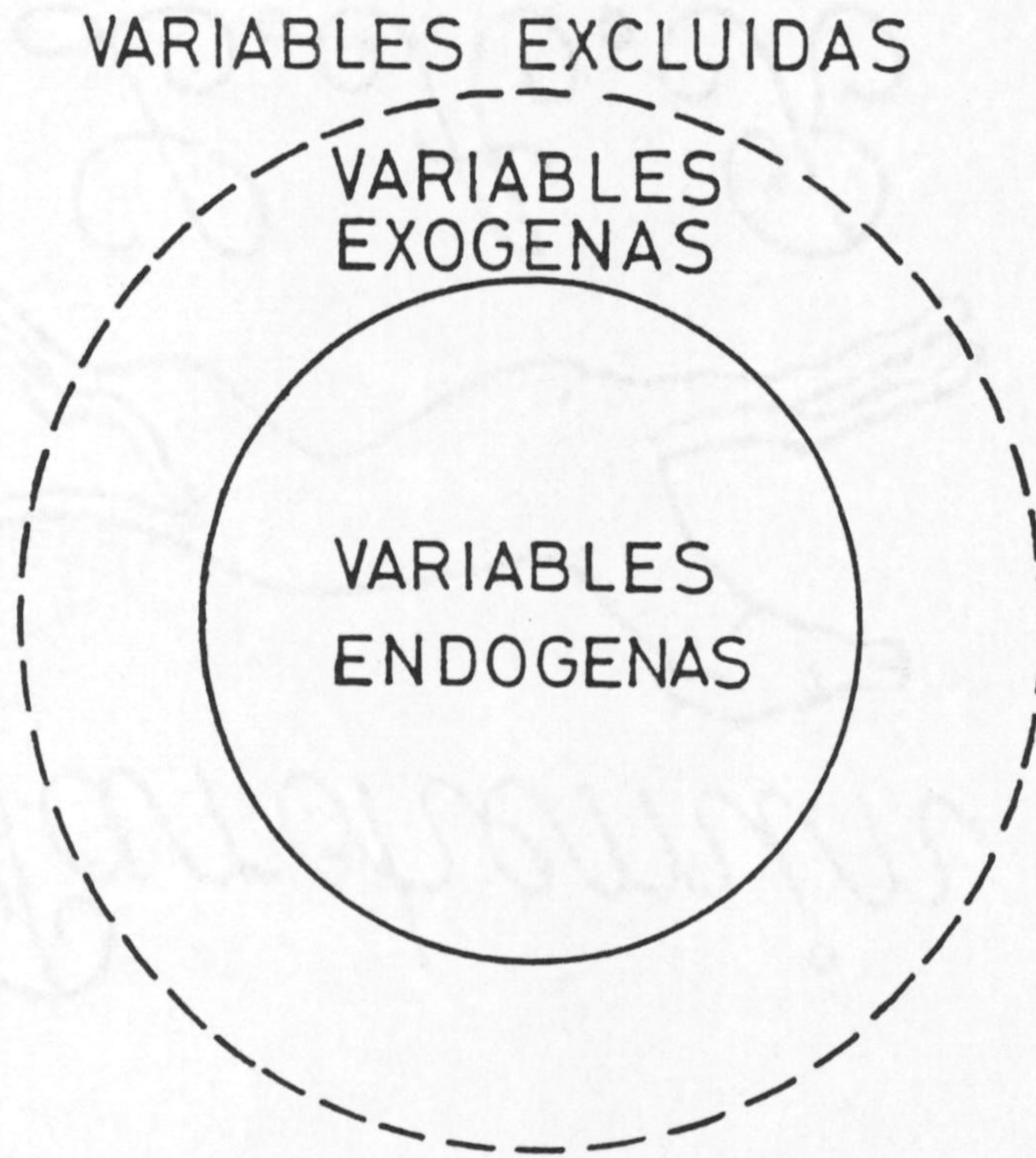


Figura 4.3.- Clasificación de las variables que aparecen en un modelo.

auxiliares, y la última, representaba la cosecha.

Las variables de estado (siguiendo la secuencia ontogénica) son las siguientes:

- 1) Número de Tallos por Planta (  $NT / P$  ).
- 2) Número de Nodos Fructíferos por Planta (  $Nnf/P$  ).
- 3) Número de Vainas por Planta (  $NV / P$  ).
- 4) Número de Semillas por Planta (  $NS / P$  ).
- 5) Peso de las Semillas por Planta (  $PS / P$  ).

Las variables auxiliares siguiendo el mismo orden son las siguientes:

- 1) Número de Nodos Fructíferos por Tallo (  $Nnf/T$  ).
- 2) Número de Vainas por Nudo Fructífero (  $NV/nf$  ).
- 3) Número de Semillas por Vaina (  $NS / V$  ).
- 4) Peso de la Semilla (  $PS / S$  ).
- 5) Número de Plantas por Metro cuadrado (  $NP/m^2$  ).

Conviene resaltar que, en las variables de estado, la unidad de referencia es un sistema (planta), mientras que, en las variables auxiliares, es un subsistema (tallo, nudo fructífero, etc.) o una unidad métrica (metro cuadrado).

Igualmente conviene recordar, que las variables de estado proceden de datos primarios de observación, mientras que las auxiliares son datos secundarios obtenidos por cálculo a partir de los primarios.

Por último, (podemos observar en el modelo anterior) que las variables de estado definen el sistema de la planta cultivada en estadios específicos

de su evolución ontogénica, mientras que las variables auxiliares caracterizan las etapas que transcurren entre dos estadios ontogénicos sucesivos; ya que cada variable auxiliar es el cociente resultante de dividir una variable de estado por la precedente (Fig 4.4).

#### 4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.

Una vez establecida la estructura del sistema, a través de la identificación de sus elementos, el siguiente paso es establecer sus relaciones; que pueden ser de dos tipos: a) Una relación causal, o b) una relación correlativa; la primera es unidireccional, mientras que la segunda no.

##### 4.3.1. ANÁLISIS DE LAS RELACIONES CORRELATIVAS BINARIAS ENTRE LAS VARIABLES ENDOGENAS DEL MODELO.

El método usual de medir la intensidad y sentido de una posible relación lineal entre dos variables es calcular su coeficiente de correlación ( $r$ ) de Pearson (1905). Se trata de un índice abstracto (independiente, por tanto, de las unidades en que hallan sido medidas las variables), cuyas dimensiones oscilan entre 0 y +1 ó -1; indicando ausencia de correlación en el primer caso, y una correlación perfecta (positiva o negativa) en el segundo.

Los resultados del análisis simple de correlación, se resumen en la Tabla 4.1.; en la que aparecen representados los valores de correlación de todas las combinaciones posibles entre las variables del modelo; denominándose "Matriz de Correlación" a tal ordenación de valores, y constituyendo la primera etapa en el cálculo de otros análisis estadísticos: análisis factorial, correlación múltiple, regresión por etapas, etc.

En varios cultivos se han utilizado las correlaciones simples para obtener información acerca de las relaciones existentes, bien entre la cosecha y

## Modelo del Desarrollo de la Cosecha

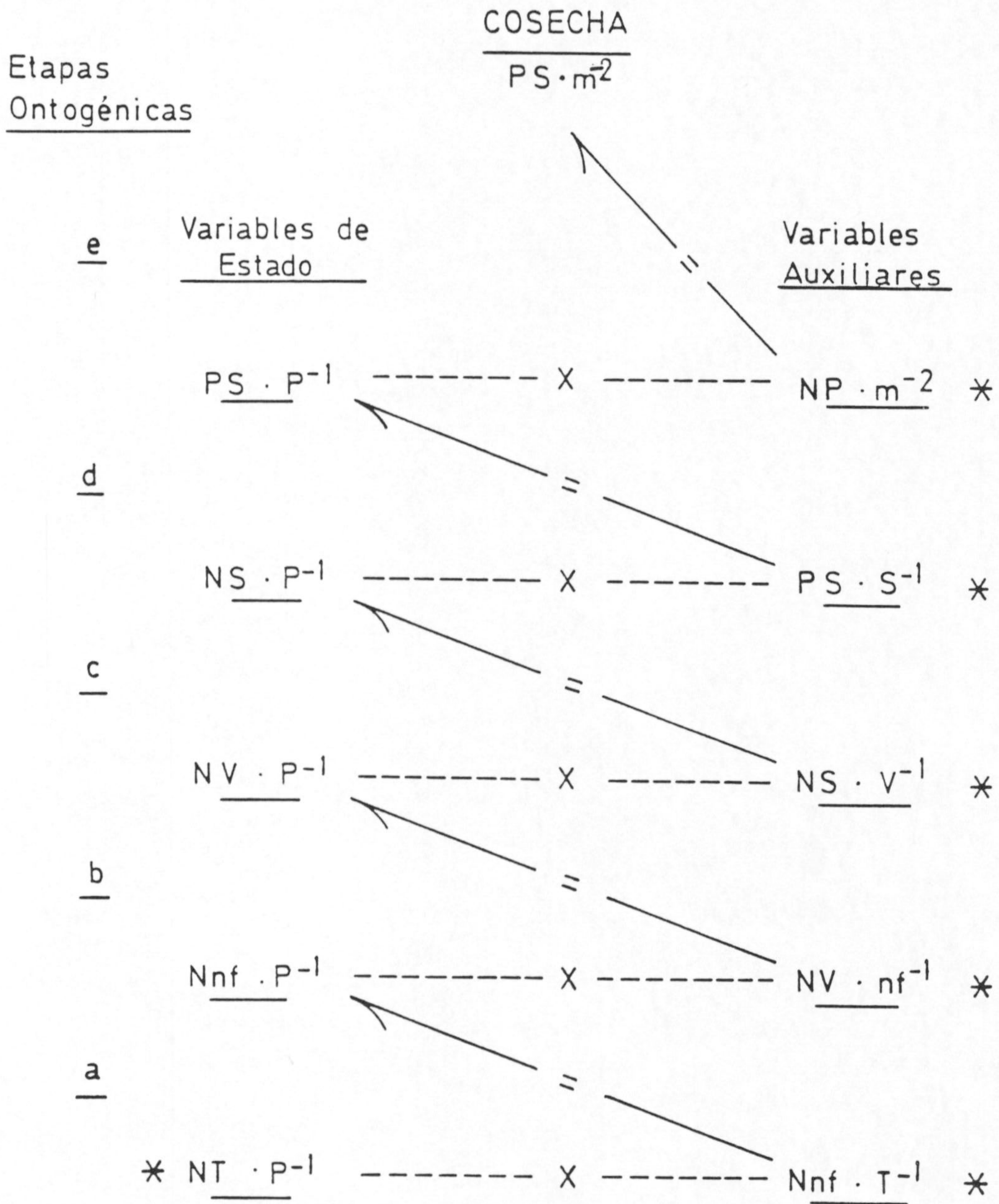


Figura 4.4.- Diagrama representativo del modelo ontogénico de la cosecha. (\* Variables que son componentes de cosecha).

Tabla 4.1.- Matriz de Coeficientes de Correlación Simple entre Variables. Años 1985 + 1986. (Datos como ln.).

Ind.	PS m <sup>2</sup>	PS P	NP m <sup>2</sup>	NS P	PS S	NV P	NS V	Nnf P	NV nf	NT P	Nnf T
Nº	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
PS m <sup>2</sup>	1	.539	.044	.507	-.052	.463	-.291	.491	.323	.486	-.125
PS P	2		-.818	.984	-.308	.911	-.600	.934	.729	.828	.025
NP m <sup>2</sup>	3			-.820	.329	-.764	.511	-.771	-.642	-.649	-.115
NS P	4				-.473	.944	-.650	.961	.772	.863	-.004
PS S	5					-.529	.488	-.509	-.505	-.500	.120
NV P	6						-.863	.987	.900	.938	-.145
NS V	7							-.810	-.898	-.846	.330
Nnf P	8								.821	.931	-.095
NV nf	9									.830	-.258
NT P	10										-.452
Nnf T	11										

Mínimo Valor Significativo: 90% , 0.194 ; 95% , 0.230 ;  
99% , 0.299 ; 99.9% , 0.377 .

sus componentes, bien entre los diversos componentes, bien con otras variables del sistema (Mason y Rath, 1980; Chung y Goulden, 1971; Campbell y Kondra, 1978; Hsu y Walton, 1971; Ahmed, 1980; García del Moral et al., 1985).

Con objeto de asegurar, o por lo menos favorecer, la linealidad entre variables, se han transformado los datos originales en sus logaritmos neperianos; y con objeto de incrementar la significación de los coeficientes de correlación obtenidos, se han reunido los de las dos anualidades (1985 y 1986), de tal forma, que cada coeficiente ha sido calculado de 72 parejas de datos.

De la inspección de la Tabla 4.1., apenas se puede deducir otra conclusión que la elevada significación estadística de la mayor parte de los coeficientes reseñados. Para extraer alguna regularidad subyacente, hemos recurrido a construir los diagramas de las Figuras 4.5, 4.6 y 4.7.

En la primera (Figura 4.5), se esquematizan las relaciones correlativas de las variables de estado; pudiendo deducirse de su observación, el elevado valor de sus coeficientes junto a su signo positivo. La explicación sería que, siendo las variables de estado, estadios específicos la trayectoria seguida por el desarrollo de la planta, este último, se encuentra rígidamente establecido por el programa genético de la variedad cultivada.

Por el contrario, en el diagrama de la Figura 4.6. (que establece la misma relación entre las variables auxiliares) podemos observar que, tanto la magnitud de los coeficientes, como su signo, resulta bastante variable; demostrando que no forman una estructura integrada y mutuamente dependiente como la anterior. La explicación residiría, en que, representando las variables auxiliares etapas de transformación, en la pauta ontogénica de la planta, su magnitud dependerá del influjo cambiante de los factores climáticos y de las operaciones de cultivo, que con ellas concurren en el tiempo.

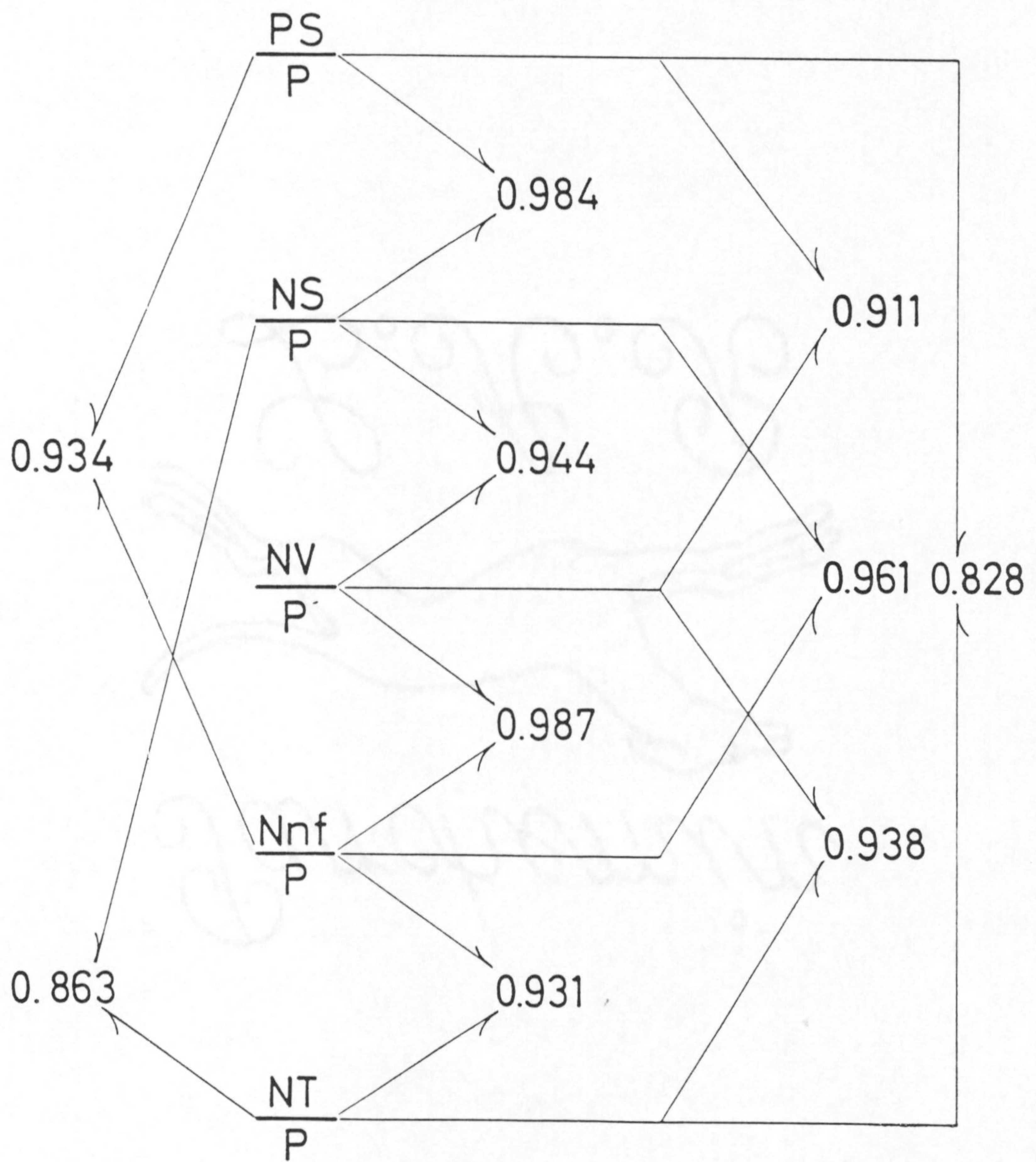


Figura 4.5.- Diagrama esquemático de las relaciones correlativas entre variables de estado.



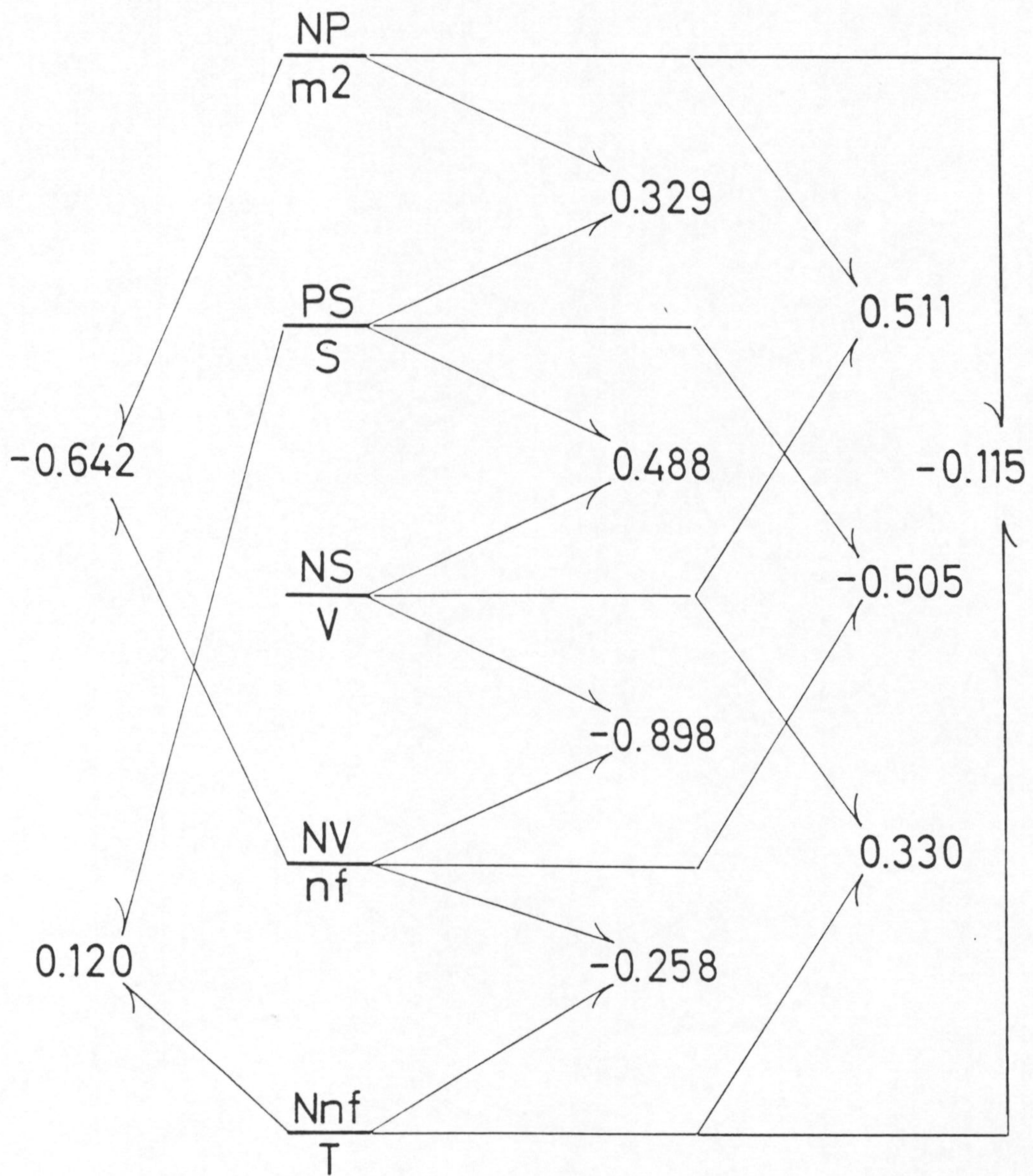


Figura 4.6.- Diagrama esquemático de las relaciones correlativas entre variables auxiliares.

---

Etapa

$$e \quad \frac{PS}{P} \longrightarrow -0.818 \longleftarrow \frac{NP}{m^2}$$

$$d \quad \frac{NS}{P} \longrightarrow -0.473 \longleftarrow \frac{PS}{S}$$

$$c \quad \frac{NV}{P} \longrightarrow -0.863 \longleftarrow \frac{NS}{V}$$

$$b \quad \frac{Nnf}{P} \longrightarrow 0.821 \longleftarrow \frac{NV}{nf}$$

$$a \quad \frac{NT}{P} \longrightarrow -0.463 \longleftarrow \frac{Nnf}{T}$$

Figura 4.7.- Diagrama esquemático de las relaciones correlativas entre parejas de variables auxiliares y de estado de la misma etapa ontogénica.

Por último, tenemos el diagrama de la Figura 4.7, en el que se relaciona (por parejas) cada variable de estado con la variable auxiliar que representa su factor de transformación (para alcanzar la variable de estado de la siguiente etapa). Observamos que sus coeficientes tienen una magnitud entre media y alta y todos, menos uno, signo negativo. Esto nos sugiere, que las variables auxiliares, actúan como elementos de compensación, que permiten la rígida integración que observamos entre las variables de estado en la Figura 4.5.

Dos limitaciones tiene el análisis estadístico por correlación simple:

a) Que no implica necesariamente una relación causal.

b) Que cuando varias variables están mutuamente correlacionadas, los coeficientes de correlación simple suministran una información incompleta, sobre la naturaleza de la cosecha y sus relaciones con las variables estructurales de la planta.

#### 4.3.2. ANALISIS FACTORIAL DE LAS VARIABLES ENDOGENAS DEL MODELO.

Cuando se intenta conseguir una información global sobre las variables capaces de describir el desarrollo de la cosecha, es necesario recurrir al análisis multivariante; una de cuyas modalidades es el análisis factorial, que, aunque potencialmente útil, ha sido poco usado con este fin. Así cabe citar a Walton (1971); Hsu y Walton (1971); Denis y Adams (1978); etc.

El análisis de factores constituye un método multivariante, dirigido a explicar las relaciones entre varias variables correlacionadas, en términos de unos pocos factores independientes y conceptualmente significativos. Se le atribuyen dos objetivos:

a) Reducir la dimensionalidad de los datos; sustituyendo, sin pérdida de información, las variables experimentales por un número menor de variables

artificiales que son combinación lineal de las primeras.

b) La adjudicación de grupos de variables (que covarian juntas) a cada una de las causas subyacentes de la variación, o factores; de tal forma, que la configuración factorial resultante sea lo más simple posible.

En el Análisis de Factores de "modo-R" (debido a que las variables experimentales poseen una métrica diversa) se parte de la estructura de la matriz de correlación (Tabla 4.1); lo que implica normalizar las variables experimentales (mediante la transformación de la media en cero y de la varianza en la unidad) quedando igualadas covarianza y correlación.

Para conseguir una expresión más sencilla de la matriz de cargas (de las variables sobre los factores), se utiliza la rotación ortogonal "Varimax de Kaiser"; cuyo objetivo es rotar (alrededor del origen de coordenadas) la posición de los ejes que representan los factores, de tal forma, que la proyección de cada variable (sobre ellos) esté, bien cerca de su extremo, bien cerca de su origen. Así, en cada factor, habrá unas pocas cargas elevadas y muchas insignificantes; con lo que la interpretación de su significado resultará más fácil.

Para determinar el número de factores retenidos se pueden utilizar una serie de criterios puramente objetivos: (a) la elevada variación explicada; (b) los autovalores superiores a la unidad; (c) el número de factores vanales (con cargas elevadas en una sola variable), etc. Sin embargo, el mejor criterio, y el que nosotros hemos aplicado, es el de la significación conceptual de los factores; según el cual el número de factores elegidos ha sido el de cinco, en el que han quedado reducidas las once variables del modelo.

Una exposición más detallada de los fundamentos, cálculo y filosofía del método, a la que sería demasiado prolijo referirnos, se puede encontrar en textos especializados (Cooley y Johnes, 1971; Kendall, 1975; y Cuadras, 1981).

#### 4.3.2.1. Matriz de Carga del Análisis Factorial de las Variables Endógenas.

Según puede apreciarse en la Tabla 4.2., casi el 98% de la variación total queda explicada por los cinco primeros factores, pudiendo achacarse el resto (2.1%) a otras causas específicas y a errores. De ellos, los dos primeros, representan más del 60% de la variación y son multivariantes, mientras que los tres restantes, pueden identificarse, casi por completo, con una sola variable (factores vanales).

Vamos a intentar a continuación dar un significado fisiológico a cada uno de estos factores:

a) Factor 1.- Representaría la "capacidad de almacenamiento de la planta" (peso de semillas por planta), así como de los estadios previos de su desarrollo (número de tallos por planta, número de nudos fructíferos por planta, número de vainas por planta, y número de semillas por planta). Todos ellos, se encuentran negativamente relacionados con el número de plantas que sobreviven en el momento de la recolección (número de plantas por metro cuadrado).

b) Factor 2.- Representaría la "unidad nutricional". Concepto elaborado por Adams (1967), que requiere cierta explicación: A las plantas superiores se les puede atribuir una estructura modular (White, 1979), ya que aparecen organizadas sobre la base de repetir en el tallo "unidades de organización" o "módulos", formados por tres componentes: la hoja, el entrenudo subyacente y la yema axilar. Tales módulos constituyen una realidad, no solo estructural, sino funcional; ya que las interconexiones vasculares que unen la hoja, la yema axilar y el entrenudo subyacente, los convierten (al competir por el mismo flujo de productos elaborados) en unidades nutricionales. Esto explicaría la relación negativa que observamos entre las dos variables representadas en este factor (número de semillas por vaina y número de vainas por nudo fructífero).

c) Factor 3.- Se identifica con la cosecha por unidad de superficie (peso de las semillas por metro

Tabla 4.2.- Matriz de Coeficientes de Carga de las Variables Endógenas sobre cinco Factores Principales derivados de los Datos (como ln). Obtenidos en las dos Anualidades: 1985 y 1986.

Variables		Factores Principales				
Nº	Indices	F1	F2	F3	F4	F5
1	PS/P	0.889	-0.282	0.349	-0.064	0.040
2	NS/P	0.863	-0.310	0.319	-0.235	0.022
3	Nnf/P	0.769	-0.487	0.298	-0.248	-0.044
4	NV/P	0.726	-0.581	0.258	-0.250	-0.073
5	NT/P	0.667	-0.496	0.286	-0.236	-0.399
6	NP/m <sup>2</sup>	-0.930	0.241	0.248	0.083	-0.092
7	NS/V	-0.359	0.870	-0.106	0.205	0.206
8	NV/nf	0.508	-0.769	0.112	-0.210	-0.140
9	PS/m <sup>2</sup>	0.184	-0.135	0.971	0.012	-0.065
10	PS/S	-0.208	0.244	0.013	0.945	0.057
11	Nnf/T	0.060	0.164	-0.050	0.039	0.982
% Variación explicada		40.3	22.8	13.6	11.2	11.0
% Variación acumulada		40.3	63.1 <sup>e</sup>	76.7	87.9	98.9 <sup>f</sup>
Autovalores		7.17	1.34	1.09	0.72	0.42

cuadrado); y en otros términos con la "capacidad de almacenamiento del cultivo".

d) Factor 4.- Se identifica con el peso promedio de las semillas (peso seco por semilla), o con la "capacidad de almacenamiento en la semilla".

e) Factor 5.- Se identifica con la capacidad de reproducción o "unidad fitomérica". Concepto que también requiere una explicación: Así, la unidad nutricional (que antes hemos mencionado) sufre un cambio de fase, al llegar la floración, convirtiéndose en la unidad reproductora (formada por el continuo entrenudo-hoja-racimo) a la que se ha denominado unidad fitomérica.

Las relaciones entre variables y factores y el significado de los coeficientes de carga, resultan más evidentes cuando se expresan geoméricamente; representando los factores como ejes de coordenadas, las variables como vectores, y las cargas como proyecciones de los segundos sobre los primeros. En tal representación, el coseno del ángulo entre dos vectores es idéntico al valor del coeficiente de correlación entre los valores de las variables implicadas; es decir, un ángulo pequeño representa una correlación elevada y viceversa.

En la Figura 4.8, representamos el diagrama de cargas de las variables sobre los factores F1 y F2 (que son los únicos multivariantes, y por tanto con significación fisiológica propia); de su consideración llegamos a las siguientes conclusiones:

a) La carga de las variables 9,10 y 11, resulta muy pequeña ya que se identifican con los factores F3, F4 y F5, que no están representados en la Figura 4.8.

b) Las variables 1,2,3,4,5 y 6, poseen más carga (proyección) sobre F1 que sobre F2; mientras que lo inverso sucede con las variables 7 y 8.

c) Dentro de las variables con mayor carga positiva sobre F1, se pueden hacer dos grupos (1 y 2) y (3,4 y 5), según el ángulo formado por sus respectivos

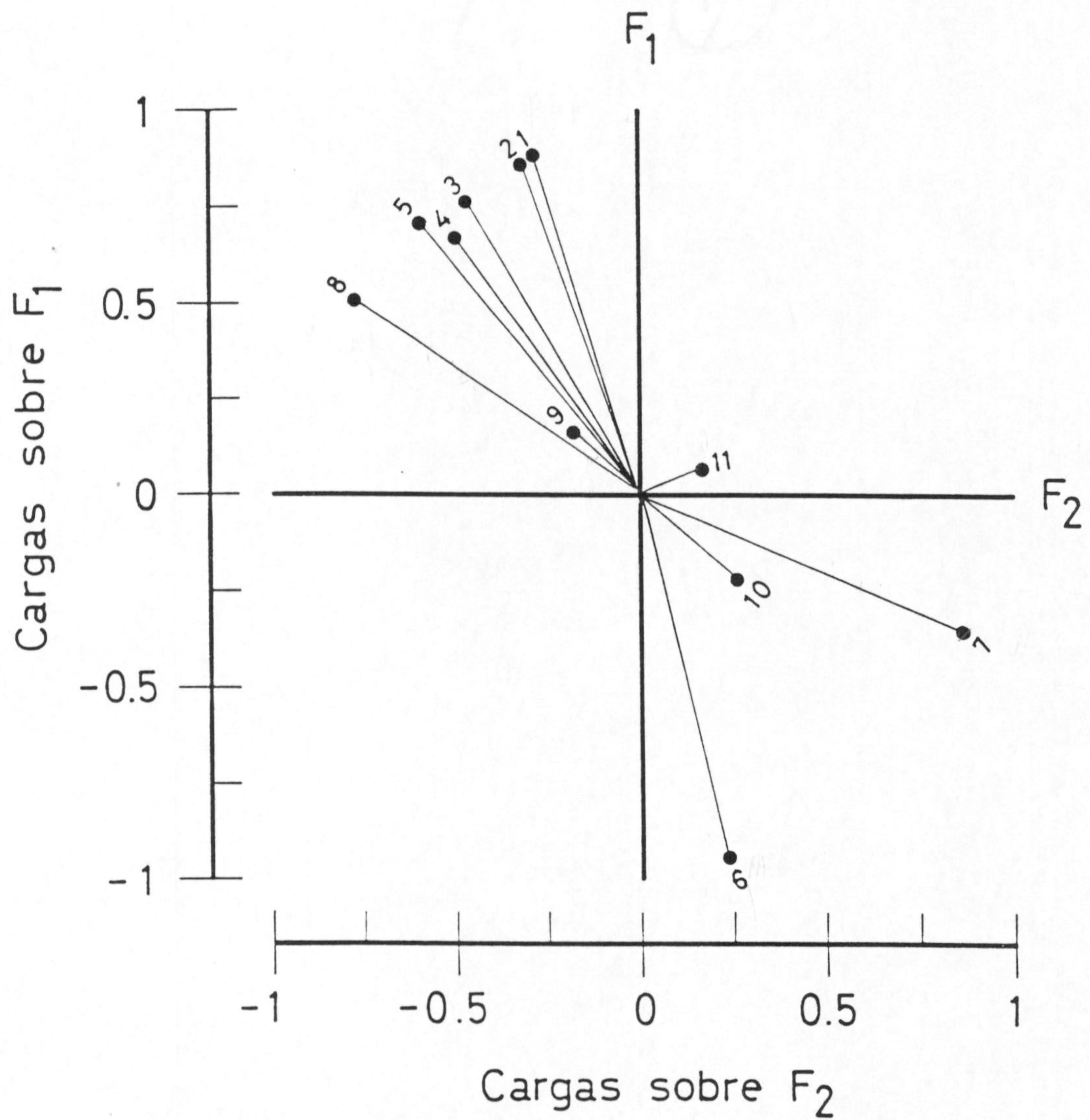


Figura 4.8.- Diagrama de cargas de las variables sobre los factores  $F_1$  y  $F_2$ .



vectores.

d) Igualmente se expresan acciones antagónicas (entre la variable 7 y 8) y (entre la variable 6 y las 1,2,3,4 y 5).

#### 4.3.3 ANALISIS DE LAS RELACIONES CAUSALES ENTRE LA COSECHA Y SUS COMPONENTES.

Siendo la cosecha un dato secundario (calculado como el producto de sus componentes), podemos considerar a los segundos (componentes) como las causas de la primera (cosecha); tal como se esquematiza en la Figura 4.9 y en la ecuación siguiente:

$$PS/m2 = NP/m2 \times PS/S \times NS/V \times NV/nf \times Nnf/T \times NT/P$$

En la Tablas 4.3 y 4.4, aparecen representados los coeficientes de correlación de todas las combinaciones posibles entre los componentes y la cosecha, y la de aquellos entre si; para las dos anualidades 1985 y 1986 (que ha durado nuestro trabajo). De su inspección, sin embargo, apenas si se puede sacar otra información, que el que sus valores cambian en magnitud, e incluso de signo, de un año a otro; cosa lógica por otra parte, ya que la magnitud de la cosecha y la de sus componentes resultó claramente diferente.

Para obtener más información, hemos recurrido, a las dos técnicas estadísticas que indicamos a continuación.

##### 4.3.3.1. Análisis de la trayectoria de la correlación (Path-Coefficient-Analysis).

Este método de análisis estadístico, no es nada más que una regresión parcial tipificada, que permite distinguir, en una correlación simple (mediante el cálculo de los coeficientes de trayectoria o Path-Coefficients), componentes directos e indirectos. Igual que cualquier coeficiente parcial de regresión, miden el efecto directo de una variable independiente (causa), sobre una variable dependiente (efecto)

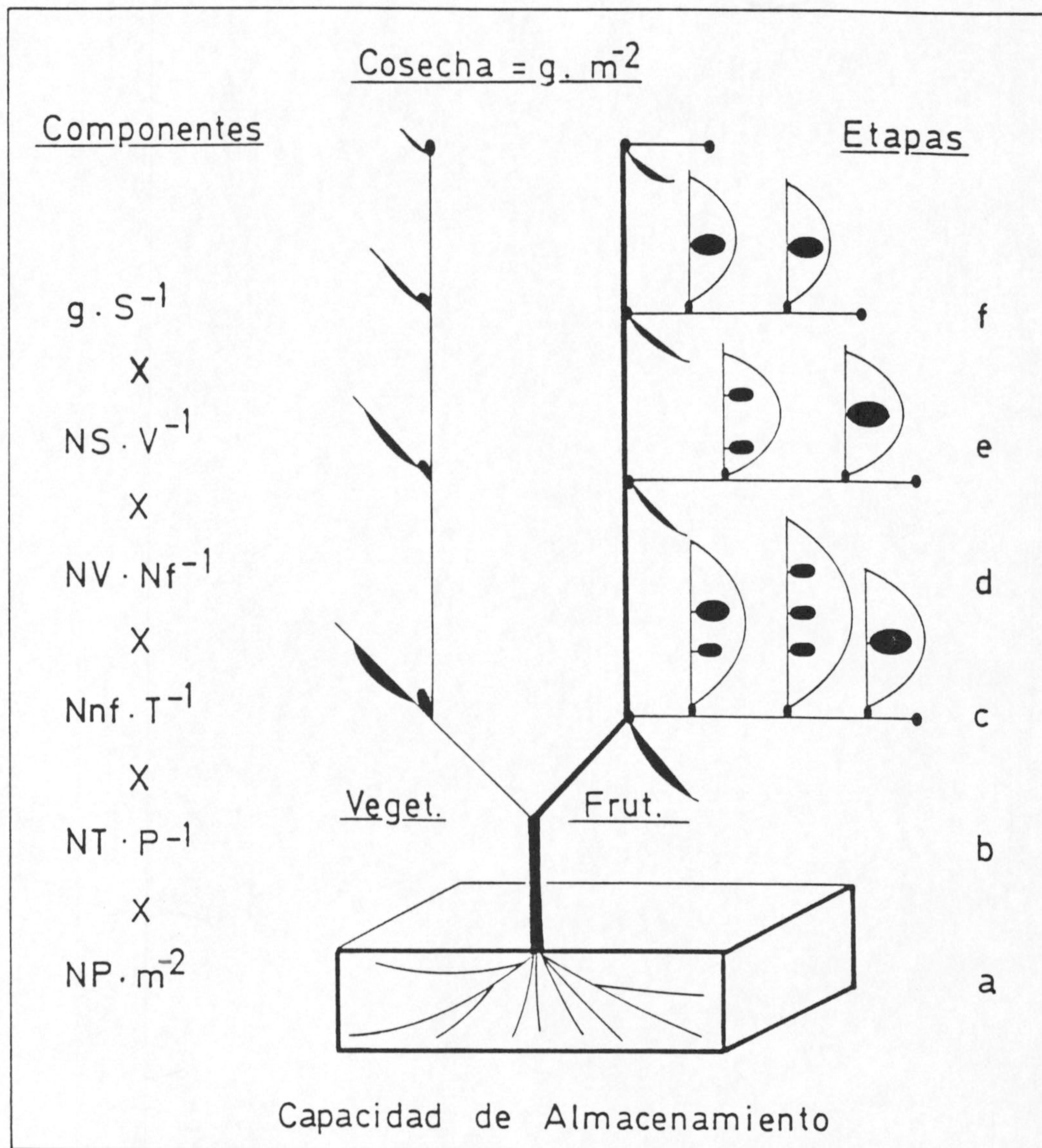


Figura 4.9.- Diagrama esquemático del modelo de componentes de cosecha.

Tabla 4.3 Matriz de Coeficientes de Correlación Simple entre Componentes de Cosecha y la Cosecha (Datos como ln). Año 1985.

Num.	-----	1	2	3	4	5	6	7
----	Indice	NP/m <sup>2</sup>	PS/S	NS/V	NV/nf	Nnf/T	NT/P	PS/m <sup>2</sup>
1	NP/m <sup>2</sup>	*	0.186	-0.301	-0.155	0.054	-0.554	0.296
2	PS/S		*	0.208	-0.386	0.166	-0.587	0.223
3	NS/V			*	-0.605	0.029	-0.108	0.377
4	NV/nf				*	-0.254	0.380	-0.191
5	Nnf/T					*	-0.376	0.334
6	NT/P						*	-0.022

Mínimo Valor Significativo: 90%, 0.271 ; 95%, 0.320 ; 99%, 0.418

Tabla 4.4 Matriz de Coeficientes de Correlación Simple entre Componentes de Cosecha y la Cosecha (Datos como ln). Año 1986.

Num.	-----	1	2	3	4	5	6	7
----	Indice	NP/m <sup>2</sup>	PS/S	NS/V	NV/nf	Nnf/T	NT/P	PS/m <sup>2</sup>
1	NP/m <sup>2</sup>	*	0.022	0.433	-0.541	-0.578	-0.318	0.437
2	PS/S		*	0.092	0.044	-0.258	0.138	0.200
3	NS/V			*	-0.522	-0.171	-0.337	0.202
4	NV/nf				*	0.452	0.020	-0.094
5	Nnf/T					*	-0.221	-0.022
6	NT/P						*	0.336

Mínimo Valor Significativo: 90%, 0.271 ; 95%, 0.320 ; 99%, 0.418

después de eliminar la dependencia de las demás variables independientes (otras causas) incluídas en el análisis; poseen muchas de sus propiedades; ya que son unidireccionales, positivos o negativos, mayores o menores que la unidad, e independientes de las unidades físicas en que han sido medidas las variables; pudiendo quedar reducidos, bajo ciertas circunstancias, (ausencia de intercorrelación entre las causas) a simples coeficientes de correlación. Teniendo en cuenta que uno de los logros de este método es descomponer un coeficiente de correlación en sus efectos directos e indirectos, se le ha considerado análogo por Li (1956) al análisis de la varianza, proponiendo se le denomine "análisis de la correlación".

En el análisis de los coeficientes de la trayectoria de la correlación, se procede por etapas; en cada una de ellas se escoge una nueva variable dependiente, y se computan nuevos coeficientes. Los resultados conducen, ellos mismos, a una representación diagramática (Fig. 4.10). La pauta de cálculo seguido aparece en la Figura 4.11; y como puede observarse, consiste en multiplicar un vector-columna (factores de trayectoria) por una matriz cuadrada y simétrica (formada por las correlaciones entre las causas), cuyo producto es un vector-columna (formado por las correlaciones causa-efecto). Los coeficientes de trayectoria fueron obtenidos por la solución simultánea de seis ecuaciones con seis incógnitas, cuya solución permitió descomponer las correlaciones simples de la cosecha con cada uno de sus componentes, en efectos directos e indirectos; referidos seperadamente a las anualidades 1985 y 1986.

Debemos recordar, que cada "coeficiente de trayectoria" es el producto de un factor de trayectoria por un coeficiente de correlación entre los componentes <sup>Efecto</sup> de la cosecha; identificándose los efectos directos <sup>con</sup> por los factores de trayectoria, ya que estos resultan multiplicados por la unidad.

El método de análisis estadístico por correlaciones de trayectoria, fue ideado por Wright y publicado en 1921 y 1923; posteriormente Li (1956) resumió sus características básicas y sus aplicaciones

Cosecha vrs. NP/m<sup>2</sup>

*EFECTOS*  
Coefficientes  
de trayectoria

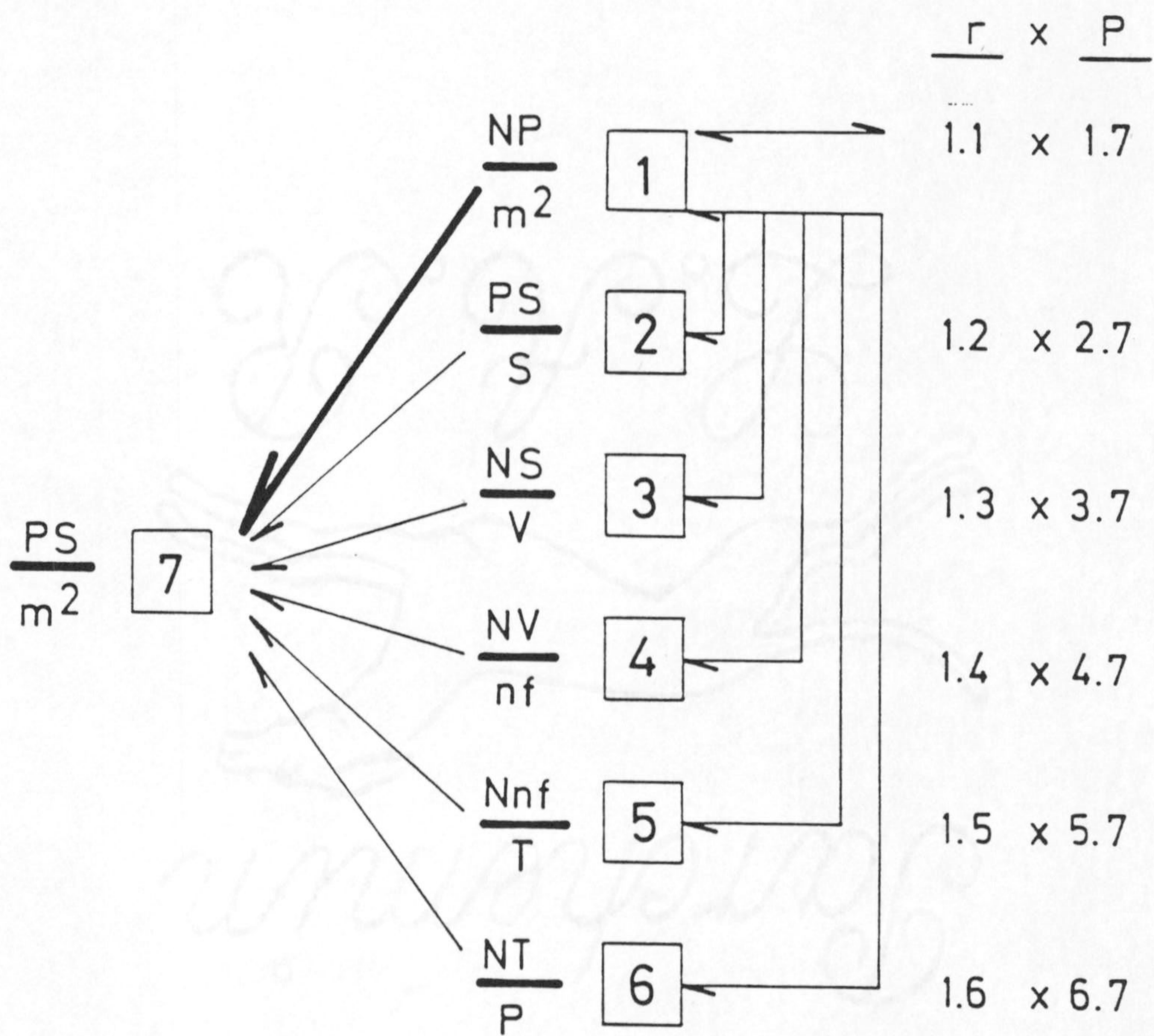


Figura 4.10.-Representación diagramática de los coeficientes de trayectoria (directos e indirectos) de la relación NP/m<sup>2</sup> (causa) versus PS/m<sup>2</sup> (efecto).

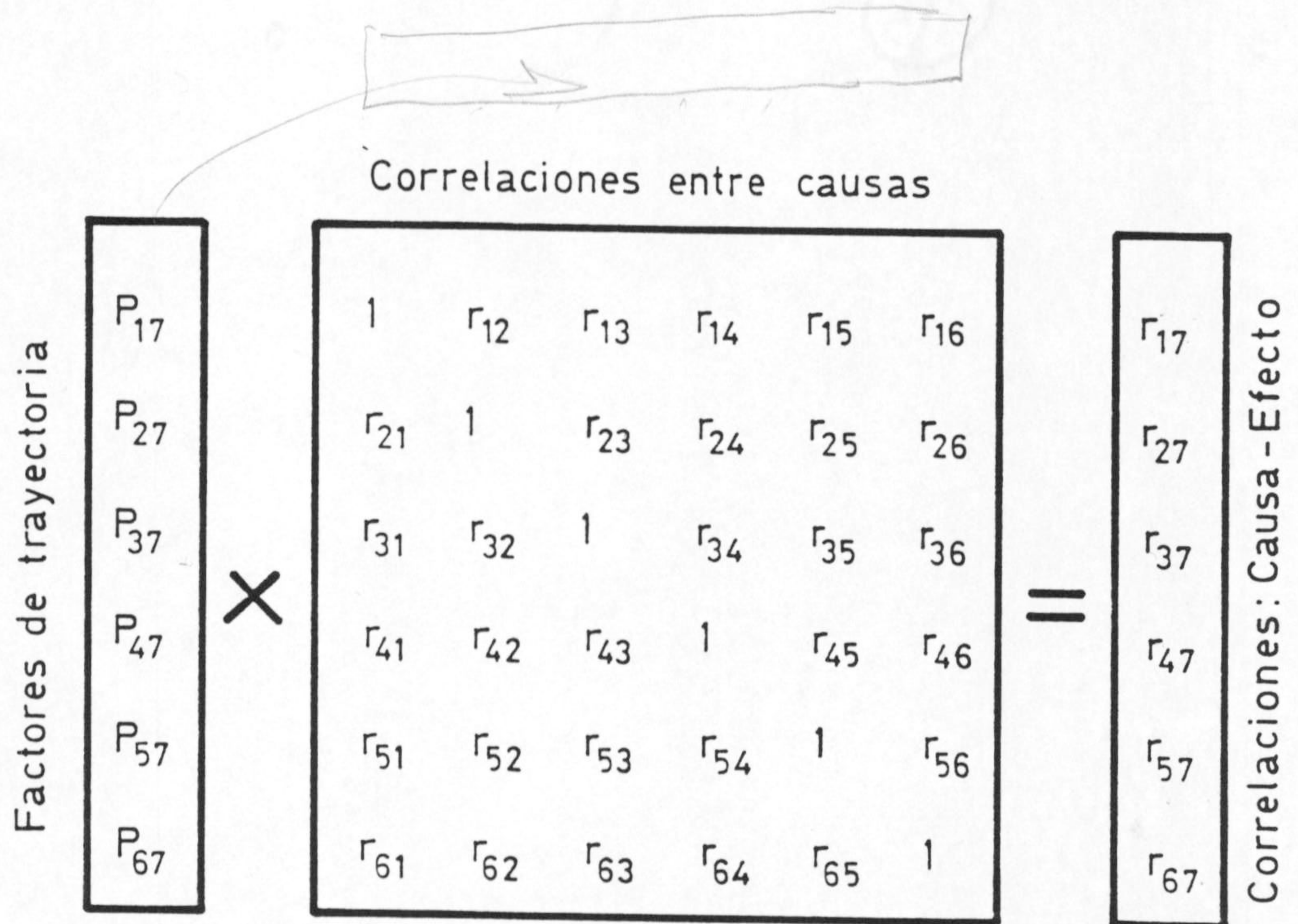


Figura 4.11.-Pauta de cálculo de los coeficientes de trayectoria.

en la investigación experimental. Concretamente, en el análisis de las correlaciones entre la cosecha y sus componentes, ha sido utilizado por Dewey y Lu (1959); Bhatt (1973); Pandey y Torrie (1973); y Choo et al., (1980) con interesantes resultados.

Las Tablas 4.5 y 4.6 resumen los cálculos efectuados para determinar los coeficientes de trayectoria (valores de P) sobre los datos (como logaritmos neperianos), en las dos anualidades 1985 y 1986. En las Tablas 4.7 y 4.8 se resumen valores correspondientes a los efectos directos e indirectos de cada uno de los componentes con la cosecha, siguiendo el método de cálculo que se esquematiza en la Figura 4.11. Por último, en la Figura 4.12 se esquematizan estos efectos para uno de los componentes de la cosecha (NP/m<sup>2</sup>). De la consideración de las cifras reunidas en las Tablas 4.7. y 4.8 podemos deducir las siguientes conclusiones:

a) Resulta falaz, aunque con frecuencia se ha hecho, sacar conclusiones causales entre un componente de cosecha (causa) y la cosecha respectiva (efecto), basándonos en el valor alcanzado por su coeficiente de correlación simple; ya que este último no es nada más que el balance entre el efecto directo del componente respectivo y los indirectos (antagónicos o sinérgicos con él) de los otros componentes.

b) El balance antes mencionado se establece de diferente forma según el componente y el año agrícola considerado; ya que al parecer depende de las condiciones climáticas y las operaciones de cultivo que concurrieron con su desarrollo.

#### 4.3.3.2 Análisis Secuencial de los Componentes de la Cosecha (Sequential Yield Components Analysis).

En el estudio de los componentes de la cosecha, se han utilizado diversas técnicas de análisis estadístico que pueden ser consideradas como casos especiales de la regresión múltiple: (a) Regresión Múltiple; (b) Regresión Múltiple por Etapas; y (c) Regresión Múltiple

Tabla 4.5 Resultados de calcular los factores de trayectoria (valores de P) sobre los datos (como ln) del Año 1985.

P17	1.000	0.186	-0.301	-0.155	0.054	-0.554	0.296
P27	0.186	1.000	0.208	-0.382	0.166	-0.587	0.223
P37	-0.301	0.208	1.000	-0.605	0.029	-0.108	0.377
P47	-0.155	-0.382	-0.605	1.000	-0.254	0.380	-0.191
P57	0.054	0.166	0.029	-0.254	1.000	-0.376	0.334
P67	-0.554	-0.587	-0.108	0.380	-0.376	1.000	-0.022

<u>RESULT.</u>	<u>P17</u>	<u>P27</u>	<u>P37</u>	<u>P47</u>	<u>P57</u>	<u>P67</u>
	1.211	0.548	1.114	0.639	0.730	1.122

---

Tabla 4.6 Resultados de calcular los factores de trayectoria (valores de P) sobre los datos (como ln) del Año 1986.

P17	1.000	0.022	0.433	-0.541	-0.578	-0.318	0.473
P27	0.022	1.000	0.092	0.044	-0.258	0.138	0.200
P37	0.433	0.092	1.000	-0.552	-0.171	-0.337	0.202
P47	-0.541	0.044	-0.552	1.000	0.452	0.020	-0.094
P57	-0.578	-0.258	-0.171	0.452	1.000	-0.221	-0.022
P67	-0.318	0.138	-0.337	0.020	-0.221	1.000	0.336

<u>RESULT.</u>	<u>P17</u>	<u>P27</u>	<u>P37</u>	<u>P47</u>	<u>P57</u>	<u>P67</u>
	1.476	0.236	0.286	0.372	1.012	1.085

---



Tabla 4.7 Matriz de los efectos directos, indirectos y totales en que se descomponen los coeficientes de correlación simple (datos como ln) entre la cosecha y sus respectivos componentes en el Año 1986.

E F E C T O S								
Varbl	Total	Direct	Indirectos : via.					
			NP/m <sup>2</sup>	PS/S	NS/V	Nv/nf	NnF/T	NT/P
NP/m <sup>2</sup>	0.473	1.476	*	0.005	0.124	-0.202	-0.585	-0.345
PS/S	0.200	0.236	0.033	*	0.026	0.016	-0.261	0.150
NS/V	0.202	0.286	0.639	0.022	*	-0.206	-0.173	-0.366
Nv/nf	-0.094	0.372	-0.798	0.010	-0.158	*	0.457	0.023
Nnf/T	-0.022	1.012	-0.853	-0.060	-0.049	0.168	*	-0.240
NT/P	0.336	1.085	-0.469	0.033	-0.096	0.007	-0.224	*

Tabla 4.8 Matriz de los efectos directos, indirectos y totales en que se descomponen los coeficientes de correlación simple (datos como ln) entre la cosecha y sus respectivos componentes en el Año 1985.

E F E C T O S								
Varbl	Total	Direct	Indirectos : via.					
			NP/m <sup>2</sup>	PS/S	NS/V	Nv/nf	NnF/T	NT/P
NP/m <sup>2</sup>	0.296	1.211	*	0.102	-0.335	-0.099	0.039	-0.620
PS/S	0.222	0.548	0.225	*	0.232	-0.244	0.121	-0.659
NS/V	0.377	1.114	-0.365	0.114	*	-0.387	0.022	-0.121
Nv/nf	-0.191	0.639	-0.188	-0.209	-0.674	*	-0.185	0.426
Nnf/T	0.334	0.730	0.062	0.092	0.032	-0.162	*	-0.420
NT/P	-0.022	1.122	-0.671	-0.321	-0.121	0.243	-0.274	*

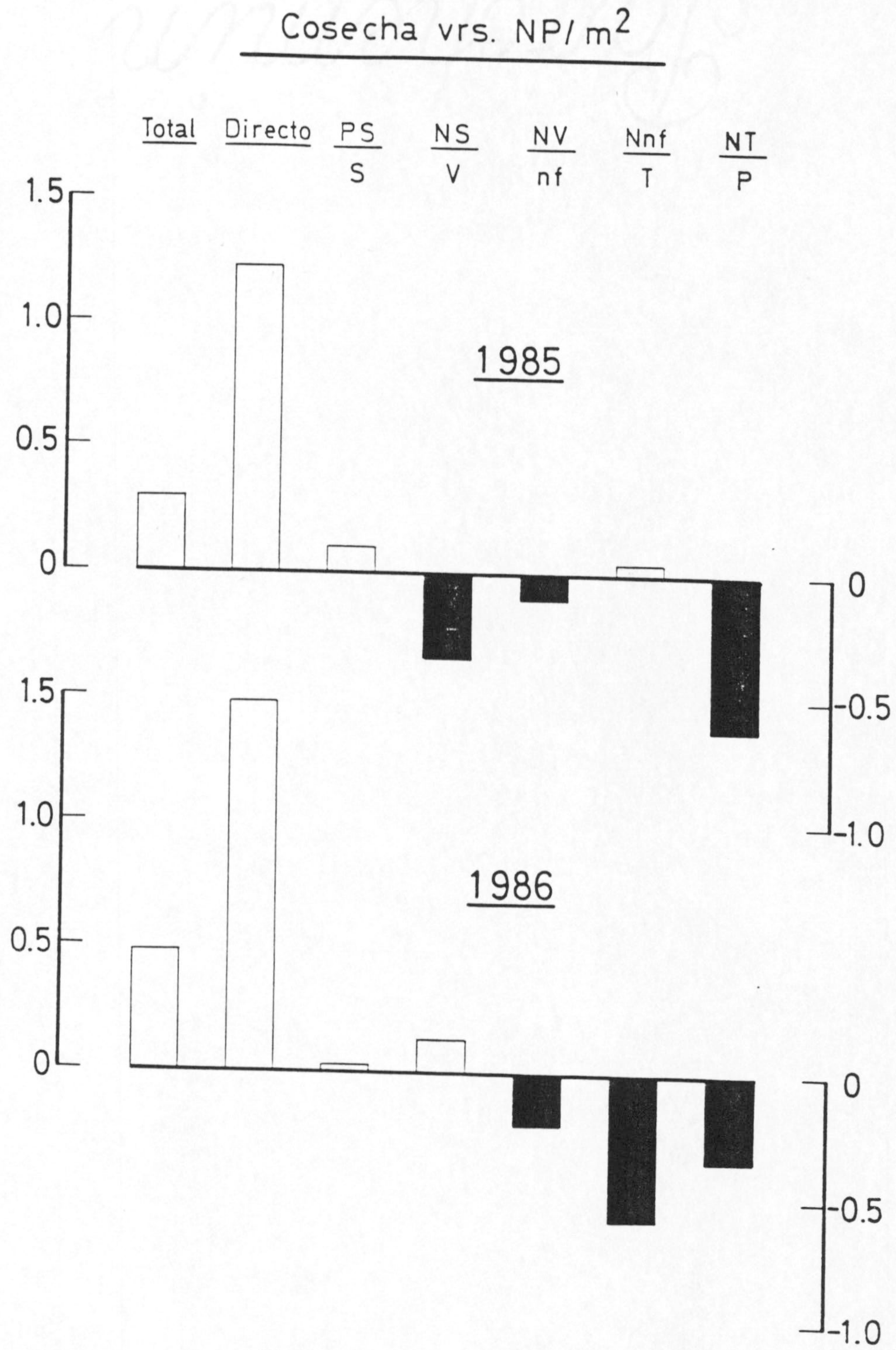


Figura 4.12.-Diagrama analítico de los diferentes efectos de la correlación simple entre la cosecha (PS/m<sup>2</sup>) y una de sus componentes (NP/m<sup>2</sup>) para los años 1985 y 1986.

Secuencial.

La regresión múltiple puede considerarse como una extensión de la regresión simple, en donde dos o más variables independientes (X) intervienen en la predicción de una única variable dependiente (Y). Se supone que las variables independientes no están correlacionadas entre sí, cosa que como hemos visto anteriormente, no sucede con los componentes de la cosecha. A pesar de ello, esta técnica ha sido usada por Dougherty et al. (1978), Muchow (1979); y Malstrom y Sparks (1973) para diversos fines y con apreciables resultados.

En la regresión múltiple por etapas, se empieza por seleccionar una serie de variables potencialmente independientes (X) que se usan como predictoras de una variable dependiente (Y) en una ecuación de regresión múltiple. En la primera etapa se introduce aquella variable independiente que mayor reducción produzca en la suma de cuadrados del error; y en las sucesivas etapas se van introduciendo las otras variables siguiendo el mismo criterio; el proceso se detiene cuando se han introducido todas las variables estadísticamente significativas y sólo restan las que no lo son. La regresión múltiple por etapas ha resultado útil para confirmar una hipótesis previamente establecida a cerca de la estructura de la cosecha, tal como hizo Worley et al. (1974) en el estudio de los componentes de la cosecha del algodón. Sin embargo, cuando las variables están correlacionadas, la contribución a la variación de la cosecha por el primer componente que entra en la ecuación puede enmascarar la contribución de los subsiguientes componentes.

En los casos anteriores existen dos problemas: (a) la multicolinealidad o interdependencia de las variables independientes que se usan en el modelo de componentes de cosecha; y (b) que se ignora el orden secuencial en que aparecen los componentes de la cosecha durante el desarrollo del cultivo (esto hace a éstas técnicas poco prácticas y realistas debido a que introducen una simplificación en el análisis e interpretación del modelo de componentes de cosecha).

Un método que trata de eliminar estos inconvenientes es el denominado SYCA o Análisis Secuencial de los Componentes de la Cosecha; que ideado y utilizado por Eaton y sus colaboradores (de la Universidad de Columbia, Vancouver, Canadá) apenas si ha sido utilizado por otros investigadores: Eaton y Mac Pherson (1978), Eaton y Kyte (1978), Shawa et al. (1981), Huxley et al. (1979), y Yas y Eaton (1982).

Este método consiste realmente en una modificación de la regresión múltiple por etapas, pero en el que la introducción de variables independientes (X) se realiza siguiendo el orden secuencial del desarrollo ontogénico de la variable dependiente (Y); así, la secuencia o sucesión está determinada cronológicamente por la expresión morfológica de los factores incontrolados del ambiente que influyen las etapas sucesivas de la ontogenia de la cosecha.

Por otro lado, la linealidad, independencia y aditabilidad de las variables, se consiguen partiendo de los logaritmos naturales de los datos originales en que están expresadas las variables (siendo el logaritmo de la cosecha igual a la suma de los logaritmos de sus componentes); y transformándolos, al dividir la desviación de cada variante por su propia desviación estandar  $z = (x - \bar{x}) / S$  (con lo que, en cada variable, la media es cero, la varianza la unidad y la correlación con las otras variables cero). Sobre los datos así transformados y con la limitación secuencial antes indicada, calculamos las matrices de coeficientes de regresión (b) y de determinación (R) tal como se describe en la Figura 4.13.

*se hace igual a la covarianza*

Los objetivos de la técnica estadística que acabamos de describir son: (a) dividir la cosecha en una serie de componentes independientes; (b) ensayar su significación estadística; y (c) tipificar la magnitud relativa de la contribución de cada componente a la variabilidad de la cosecha. Además, cuantifica también la magnitud relativa de la contribución de cada componente a los componentes ontogénicamente sucesivos (por ejemplo, del primero sobre el segundo, del primero y el segundo sobre el tercero, del primero, el segundo y el tercero sobre el cuarto, etc.).

### Coeficientes de Regresión Múltiple

		Var. independiente						Constante
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	
Var. dependiente	X <sub>2</sub>	b <sub>12</sub>						Q <sub>2.1</sub>
	X <sub>3</sub>	b <sub>13</sub>	b <sub>23</sub>					Q <sub>3.12</sub>
	X <sub>4</sub>	b <sub>14</sub>	b <sub>24</sub>	b <sub>34</sub>				Q <sub>4.123</sub>
	X <sub>5</sub>	b <sub>15</sub>	b <sub>25</sub>	b <sub>35</sub>	b <sub>45</sub>			Q <sub>5.1234</sub>
	X <sub>6</sub>	b <sub>16</sub>	b <sub>26</sub>	b <sub>36</sub>	b <sub>46</sub>	b <sub>56</sub>		Q <sub>6.12345</sub>
	X <sub>7</sub>	b <sub>17</sub>	b <sub>27</sub>	b <sub>37</sub>	b <sub>47</sub>	b <sub>57</sub>	b <sub>67</sub>	Q <sub>7.123456</sub>

### Coeficientes de Determinación (%)

		Var. independiente						Total
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	
Var. dependiente	X <sub>2</sub>	R <sub>12</sub>						
	X <sub>3</sub>	R <sub>13</sub>	R <sub>23</sub>					
	X <sub>4</sub>	R <sub>14</sub>	R <sub>24</sub>	R <sub>34</sub>				
	X <sub>5</sub>	R <sub>15</sub>	R <sub>25</sub>	R <sub>35</sub>	R <sub>45</sub>			
	X <sub>6</sub>	R <sub>16</sub>	R <sub>26</sub>	R <sub>36</sub>	R <sub>46</sub>	R <sub>56</sub>		
	X <sub>7</sub>	R <sub>17</sub>	R <sub>27</sub>	R <sub>37</sub>	R <sub>47</sub>	R <sub>57</sub>	R <sub>67</sub>	100

Figura 4.13.-Pauta de cálculo de los coeficientes de regresión y determinación múltiple secuencial

Una determinada pareja de componentes de cosecha pueden relacionarse negativa o positivamente; sin que esto implique mantener el signo de tal relación universalmente constante, ya que puede cambiar de una situación a otra. Cuando la relación es negativa sugiere la compensación de un componente por el otro; y cuando es positiva es posible interpretarla como falta de tal compensación, ya que los factores ambientales pueden beneficiar o armonizar ambos componentes a la vez.

En las Tablas 4.9 y 4.10 (para los coeficientes de regresión) y en la 4.11 y 4.12 (para los coeficientes de determinación) se reúnen los resultados de aplicar a nuestros datos la técnica estadística del análisis secuencial de componentes de cosecha. Sin embargo, antes de entrar en su discusión, conviene aclarar que para los coeficientes de determinación se ha asignado un signo del que como cuadrados carecen (el de su correspondiente coeficiente de regresión), debido a que hace más fácil su interpretación fisiológica. De su inspección sacamos las siguientes conclusiones:

- a) El número de tallos por planta está significativa y negativamente determinado por el número de plantas por metro cuadrado.
- b) Igualmente, el número de nudos fructíferos por tallo está amplia y negativamente determinado por los dos componentes anteriores: número de plantas por metro cuadrado y número de tallos por planta.
- c) De las conclusiones anteriores se puede deducir que existe un factor importante de compensación entre los dos componentes del período vegetativo (número de plantas por metro cuadrado y número de tallos por planta); y que igualmente, existe tal factor de compensación entre los componentes vegetativos (antes mencionados) y el componente representante de la reproducción (número de nudos fructíferos por tallo).
- d) Existe un intenso factor de compensación entre el desarrollo de los frutos (número de vainas por nudo fructífero) y el de las semillas (número de semillas por vaina).

Tabla 4.9 Matriz de coeficientes de regresión múltiple secuencial (SYCA), correspondientes al año 1985.

Variabl Depend.	Variabl. Independiente						
	Constante	NP/m <sup>2</sup>	NT/P	Nnf/T	NV/nf	NS/V	PS/S
NT/P	2.910	-0.513 *		-0.324			
Nnf/T	2.454	-0.133 ***	-0.324 ***				
NV/nf	0.310	0.028	0.208	-0.106			
NS/V	2.898	-0.470	-0.213	-0.289	-1.132 ***		
PS/S	0.771	-0.118 ***	-0.343 ***	-0.109 ***	-0.203 ***	-0.046 ***	
PS/m <sup>2</sup>	0.001	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000 ***

Significación (%): (\*)P>90 (\*\*)P>95 (\*\*\*)P>99

Tabla 4.10 Matriz de coeficientes de regresión múltiple secuencial (SYCA), correspondientes al año 1986.

Variabl Depend.	Variabl. Independiente						
	Constante	NP/m <sup>2</sup>	NT/P	Nnf/T	NV/nf	NS/V	PS/S
NT/P	21.274	-0.239 *					
Nnf/T	3.458	-0.504 ***	-0.418 ***				
NV/nf	0.494	-0.114 ***	-0.031	0.049			
NS/V	0.854	0.022	-0.071	-0.014	-0.393 ***		
PS/S	-0.308	-0.025 ***	0.019 ***	-0.100 ***	0.210 ***	0.234 ***	
PS/m <sup>2</sup>	0.001	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000 ***

Significación (%): (\*)P>90 (\*\*)P>95 (\*\*\*)P>99



Tabla 4.11 Matriz de coeficientes de determinación (SYCA) correspondientes al año 1985.

Variabl Depend.	Variabl. Independiente						
	Total	NP/m <sup>2</sup>	NT/P	Nnf/T	NV/nf	NS/V	PS/S
NT/P	30.7	-30.7*					
Nnf/T	17.5	-0.3**	-17.2				
NV/nf	16.1	2.4*	12.2**	-1.2			
NS/V	56.5	-9.1*	-10.9**	-1.0	-35.6***		
PS/S	41.6	-3.5*	-33.8***	-0.9***	-3.0	-0.4***	
PS/m <sup>2</sup>	100.0	8.8	2.9	18.3	3.3	49.4	17.6***

Significación (%): (\*)P>90 (\*\*)P>95 (\*\*\*)P>99

Tabla 4.12 Matriz de coeficientes de determinación (SYCA) correspondientes al año 1986.

Variabl Depend.	Variabl. Independiente						
	Total	NP/m <sup>2</sup>	NT/P	Nnf/T	NV/nf	NS/V	PS/S
NT/P	10.1	-10.1***					
Nnf/T	51.6	-33.4***	-18.2				
NV/nf	32.9	-29.2***	-2.6	1.1			
NS/V	38.4	18.8	-4.4	-0.0	-15.2***		
PS/S	15.0	-0.0***	2.4***	-6.7***	1.7	4.2	
PS/m <sup>2</sup>	100.0	19.1	25.1	40.8	3.6	6.6	4.8***

Significación (%): (\*)P>90 (\*\*)P>95 (\*\*\*)P>99



e) Todos los anteriores antagonismos pueden explicarse por una competencia durante el desarrollo, por los materiales (absorbidos o elaborados) necesarios para el crecimiento (es decir, un estrés nutricional); y un antagonismo entre la etapa vegetativa (desarrollo de plántulas por unidad de superficie y de tallos por planta) y la reproductora (desarrollo de nudos fructíferos por tallo).

Estas son las principales conclusiones que podemos sacar a cerca de las relaciones existentes entre los componentes de cosecha, tanto para el año 1985, como para el 1986; otras, positivas o negativas, sinérgicas o antagónicas, sólo son observables en uno de los años. Así, en 1985, la negativa que surge entre número de tallos por planta y peso de las semillas; y el año 1986, la negativa entre el número de plantas por metro cuadrado y el número de vainas por nudo fructífero, o la positiva entre el número de plantas por metro cuadrado y el número de semillas por vaina.

Por último, los valores tabulados como coeficientes de determinación miden (para ambos años) la proporción de la variabilidad de la cosecha (variable dependiente) que queda explicada por cada componente de cosecha (variable independiente). Cada una de estas contribuciones, representa un incremento sobre la contribución acumulada explicada por los componentes ontogénicamente anteriores. En la Figura 4.14 se recoge la contribución porcentual de los componentes de la cosecha a la cosecha; y en ella cabe destacar, que sobre unas cosechas de magnitud relativamente poco diferentes, los componentes ejercen una influencia porcentual muy diferente; lo que viene a ser expresión, una vez más, del denominado factor de compensación que permite corregir, hasta cierto punto, la influencia de las fluctuaciones ambientales sobre la cosecha.

#### 4.4 ESTUDIO DE LAS VARIACIONES EXPERIMENTALES DE LA COSECHA.

En la Figura 4.3 clasificamos las variables observables en tres categorías: (a) variables

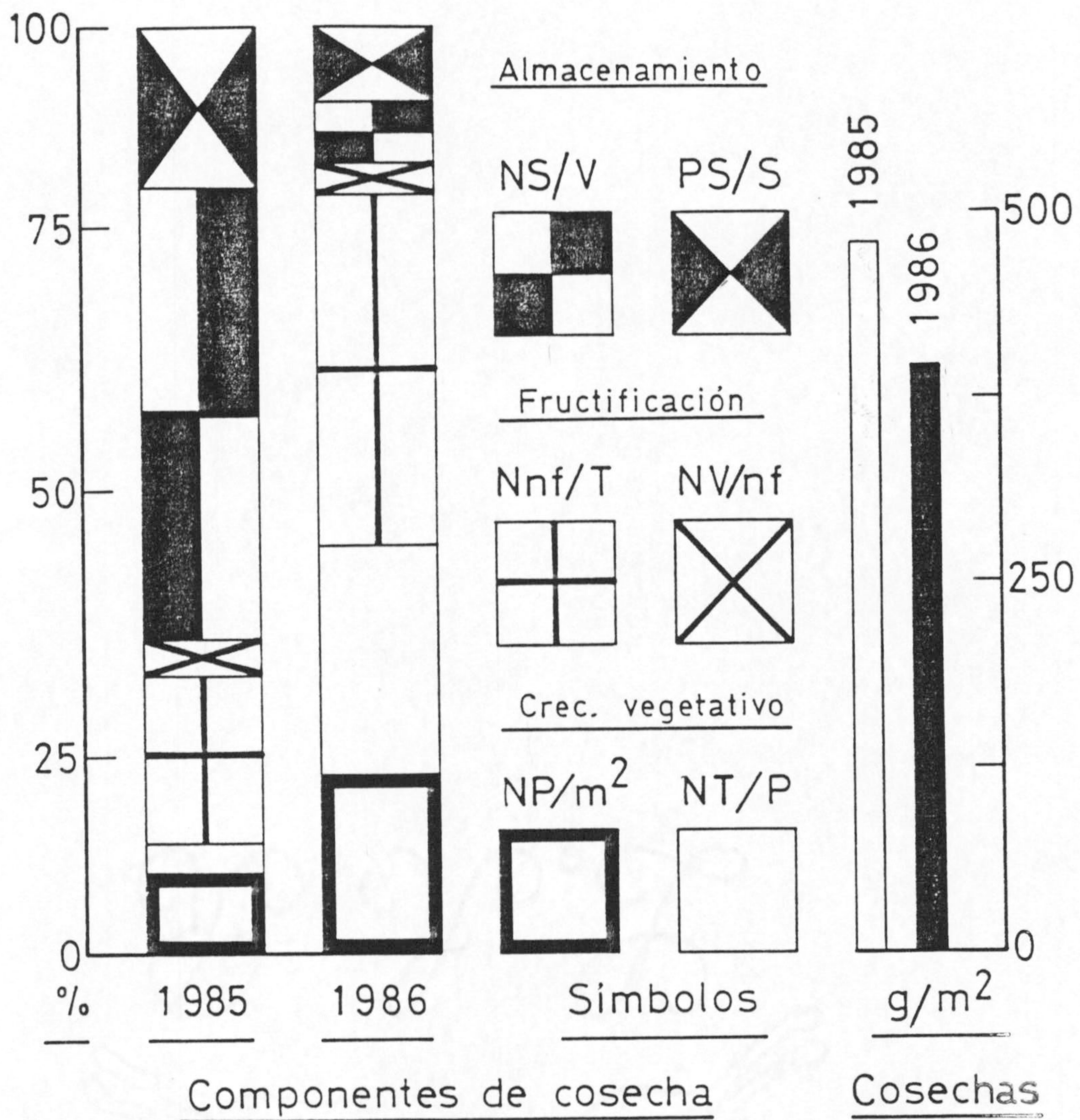


Figura 4.14.-Diagrama representativo de la contribución independiente y porcentual ( $R^2 \times 100$ ) a la cosecha ( $g/m^2$ ) de cada uno de sus componentes tomados en sucesión, en los años 1985 y 1986.

excluidas; (b) variables exógenas; y (c) variables endógenas. Hasta ahora, hemos analizado estadísticamente las relaciones causales y correlativas que surgen entre las variables endógenas y la cosecha, y entre las variables endógenas entre sí; vamos a continuación a considerar las surgidas entre las variables exógenas y la cosecha. Consideramos como variables exógenas: (a) la densidad de siembra; (b) la dosis de fertilizante nitrogenado; y (c) el complejo de factores climáticos y operaciones de cultivo que caracterizaron como variables los años agrícolas 1985 y 1986 en los que se desarrolló nuestro trabajo.

#### 4.4.1 MODELO DE LA CAJA NEGRA.

Cuando la finalidad de una investigación es totalmente empírica, y sólo pretende describir y predecir el comportamiento del sistema (el cultivo), sin ocuparse de su estructura interna, ni de los procesos que tienen lugar en su interior, se suele recurrir a un modelo de tipo "caja negra"; en el que sólo se tienen en cuenta, y se relacionan estadísticamente, las variables experimentales (como entradas) y el resultado (como salida). Se trata exclusivamente de explicar el comportamiento exterior de la caja negra, cuyo mecanismo interior (que liga entradas con salidas) deliberadamente se omite.

En este modelo, las variables experimentales, tomadas como entradas, se las considera variables exógenas, igualmente que la cosecha, tomada como salida.

La Figura 4.15 representa el modelo formado por dos vectores de entrada de tres elementos cada uno, representativos de las densidades de siembra y de los niveles de fertilización nitrogenada; que combinados (por post-multiplicación) producen, a la salida, una matriz de cosechas de nueve elementos (cuyos datos pueden representarse por una Tabla de doble entrada).

Para el estudio estadístico de un modelo de caja negra se emplea, de forma casi exclusiva, el análisis univariante de la varianza (ANOVA); mediante él, las

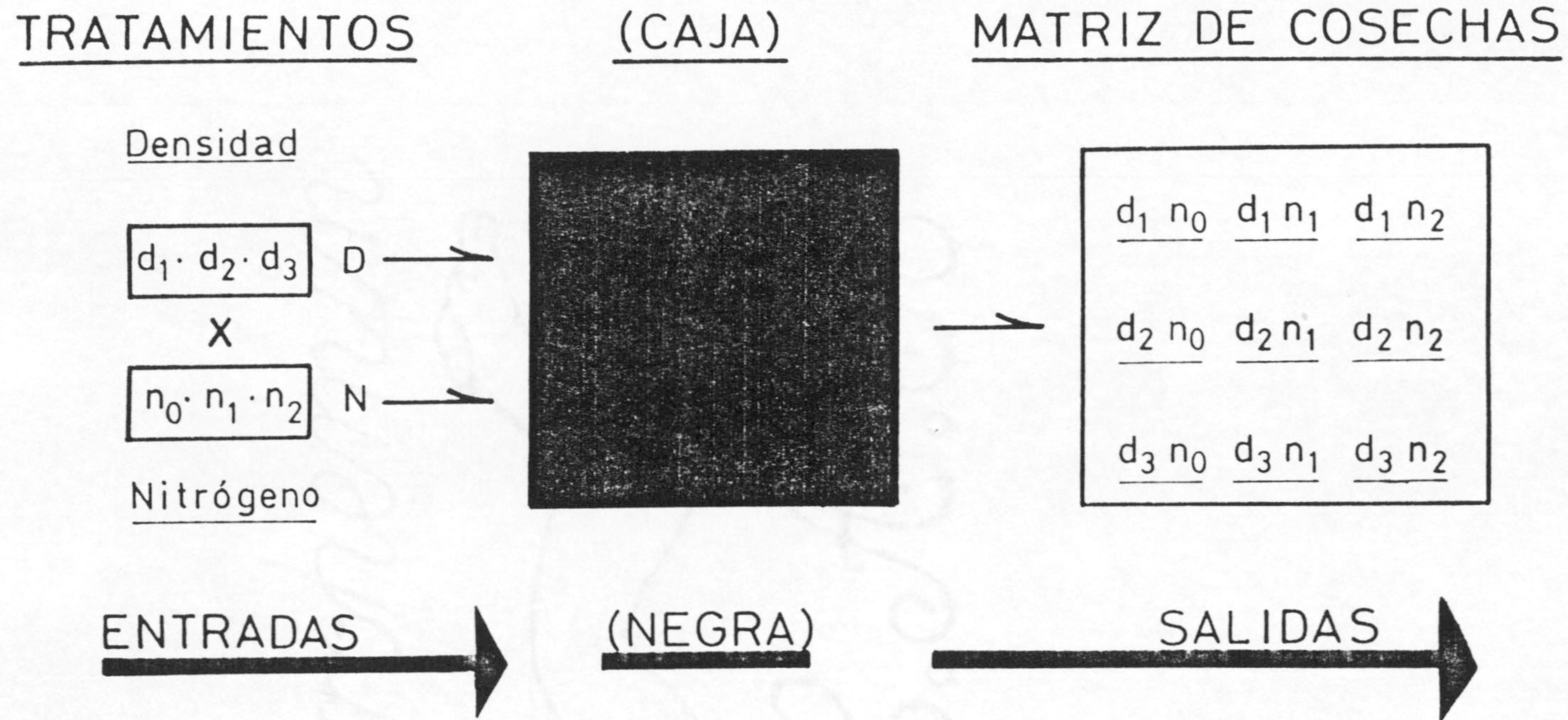


Figura 4.15.-Diagrama representativo del modelo de caja negra que relaciona las variables experimentales con la cosecha.

causas de la variación de la cosecha, pueden ser separadas y cuantificadas. La distribución de la variación, se basa sobre las diferencias entre las medias de una variable dependiente (la cosecha o alguno de sus componentes), mientras que las variables independientes son frecuentemente muestras, tratamientos, cultivares, localidades, etc.

En nuestro análisis de las causas de la variación de la cosecha (varianza total), distinguimos los siguientes apartados o contrastes: (a) repeticiones; (b) tratamientos; (c) años agrícolas; y (d) error (que representa el conjunto de todas las causas de variación no identificables). Dentro de los tratamientos, distinguimos como causas de variación, la densidad de siembra (D), fertilización nitrogenada (N) y la interacción entre ambas (DN); a su vez, dentro de cada una de ellas, distinguimos el efecto lineal (d2) y (n1) del efecto curvo o cuadrático (d3) y (n2); por último, dentro de la variación debida a los años agrícolas, distinguimos el efecto simple de la interacción años por tratamientos.

#### 4.4.1.1 Análisis de Varianza de la Cosecha.

En la Tabla 4.13, se reúnen los resultados de la variable de salida de nuestro modelo (cosecha). En su primera parte (A), podemos observar que ambos tratamientos incrementan por separado y combinadamente la cosecha: 13% la densidad, 25% el nitrógeno y 52% la combinación de ambos. Su análisis de varianza demuestra que son significativos los efectos lineales de ambos tratamientos (d2) y (n1), con una probabilidad del 99%; también lo es (con el 90%) la interacción de ambos; igualmente lo son la variación entre años y su interacción con los tratamientos (99%).

Vamos a comparar estos resultados con los obtenidos por otros autores:

TABLA 4.13 (A).- Cosecha calculada por superficie (g x m<sup>-2</sup>).

	N0	N1	N2	$\bar{x}$ D
D1	350 (100)	416 ** (119)	472 *** (135)	413 (100)
D2	415 ** (119)	438 *** (125)	507 *** (145)	454 (110)
D3	441 *** (126)	431 *** (123)	531 *** (152)	467 *** (113)
$\bar{x}$ N	402 (100)	429 (107)	503 *** (125)	1985: 486 (100) 1986: 403 ( 83)

TABLA 4.13 (B).- Análisis de la varianza (ANOVA)

<u>COMPONENTES</u>	<u>GL</u>	<u>(+/-)</u>	<u>MC</u>	<u>F</u>	<u>%-PROB.</u>
TOTAL	71		9566		
REPETICIONES	3		1649	0.5	NS
TRATAMIENTOS	8		22894	6.9	99
Densidad (D)	2		39062	11.7	99
(d2)	1		36118	10.8	99
(d3)	1	(-)	2944	0.9	NS
Nitrogeno (N)	2		132094	39.6	99
(n1)	1		122882	36.8	99
(n2)	1		9210	2.8	NS
Densid x Nitrog (DN)	4		12000	3.6	90
(d2n1)	1	(-)	1993	0.6	NS
(d2n2)	1		9493	2.8	90
(d3n1)	1		500	0.1	NS
(d3n2)	1		14	0	NS
AÑOS	1		125251	37.5	99
AÑOS X TRATAMIENTOS	8		24465	7.3	99
ERROR	51		3336		

#### 4.4.1.1.1 Respuesta a la Densidad de Siembra.

En las siembras realizadas en Otoño - Invierno, en Europa y Cercano Oriente, el efecto de la densidad de siembra sobre la magnitud de la cosecha ha sido estudiado por numerosos autores (Boyd et al., 1952; Greenwood, 1959; Ingram, 1972; Ingram y Hebblethwaite, 1976; Ingram, 1977; Plancquaert, 1978; Ibrahim et al., 1979; Salih, 1981a, b; etc.), obteniendo resultados en gran parte contradictorios, debido a las muy variables circunstancias climáticas en que se desarrollaron los cultivos. En efecto, la densidad de siembra óptima varía (a) con la variedad empleada; y (b) con los ataques de hongos que sufren los cultivos bajo densidades de siembra elevadas en climas húmedos de Inglaterra y Europa Central. Por el contrario, éste riesgo y el de "encamado" disminuyen en zonas más áridas. Por tanto, no se puede generalizar una densidad de siembra para todas las zonas, siendo esta una elección particular que tenga en cuenta los efectos favorables y desfavorables para cada zona en concreto.

#### 4.4.1.1.2 Respuesta a la Aplicación Nitrogenada.

A despecho de que los cultivos de habas (por ser leguminosas) poseen la capacidad complementaria de utilizar el Nitrógeno atmosférico, muchos cultivadores europeos utilizan como abonado de fondo los fertilizantes compuestos (N:P:K) almacenados para los cultivos de cereales (lo que representa aproximadamente una aplicación de 20 Kg por Ha).

Cierto número de investigadores (Boyd et al., 1952; Maff, 1966 y 1967; Augustinussen, 1972; Sjödin et al., 1972; Plancquaert, 1978; Saxena y Wassimi, 1980; Salih, 1981a; Richards y Soper, 1982) han ensayado la aplicación de relativamente bajas cantidades (20-80 Kg/Ha) de Nitrógeno en sementera y, en general, no obtuvieron respuesta económicamente rentables, aunque excepcionalmente las obtuvieron (Maff, 1966 y 1967; Plancquaert, 1978) en forma errática (ciertos años y con ciertas variedades). Sin embargo, en Egipto, y sobre un gran número de campos experimentales, Hamissa et al. (1975), han podido demostrar que las

aplicaciones de nitrógeno en sementera (18 Kg/Ha), incrementan la cosecha de un 10 a un 12%, lo que es económicamente rentable.

Como era de esperar, las intensas aplicaciones de Nitrógeno en cobertera (125-300 Kg/Ha) tuvieron respuestas pequeñas o negativas y económicamente no rentables (Mc Ewen, 1970a,b; Augustinussen, 1972; Sjödin et al., 1972; Mc Ewen et al., 1981; Richards y Soper, 1982). Los elevados niveles de fertilización nitrogenada, redujeron la fijación de Nitrógeno atmosférico en todas sus etapas (Mc Ewen et al., 1981; Mc Ewen, 1970b).

Todos estos resultados contrastan con los obtenidos por nuestro grupo en España (Olivares, Martín y Recalde, 1982; Aguilera et al., 1987), quienes consiguieron resultados positivos (del 30 al 75%) con la aplicación de 40 Kg de Nitrógeno por Ha, 45 días después de la emergencia del cultivo y cuando las primeras flores se abrían. Estos resultados han sido ampliamente confirmados por ensayos realizados en 50 localidades de Andalucía, por agricultores colaboradores durante los años 1984, 1985 y 1986.

Aunque Hebblethwaite y col. (1983), llegan a la conclusión de que las aplicaciones de fertilizante nitrogenado no están usualmente justificadas con los resultados experimentales obtenidos, esto se debe a una mala interpretación de los mismos, al olvidar que tendrán efecto: (a) en aquellas etapas del desarrollo del cultivo en que sean compatibles la utilización del Nitrógeno combinado con el atmosférico; (b) cuando, a su vez, el suelo no suministre la cantidad de Nitrógeno combinado necesaria para el desarrollo óptimo del cultivo; y (c) cuando la dosis empleada, no inhiba de forma importante los procesos de fijación nodular del Nitrógeno atmosférico.

En efecto, la máxima demanda de Nitrógeno en los cultivos de habas, está asociada con el desarrollo de sus frutos y semillas (Cooper et al., 1976); momento en el que la fijación de Nitrógeno atmosférico disminuye drásticamente por varias causas: (a) La competencia por el fotosintetizado, entre los frutos y semillas en



crecimiento y los nódulos fijadores; (b) las menores disponibilidades de agua, que se convierten en factor limitante (Sprent et al., 1977; Mc Ewen et al., 1981) y (c) la destrucción de nódulos (Bardner y Fletcher, 1979; Sinclair y De Wit, 1976) por un insecto (el Sitona lineatus). En fin, podemos llegar a la conclusión de que la falta de respuesta a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, obtenidas por muchos investigadores, se debe a su aplicación en dosis excesivas (inhibidoras de la fijación de Nitrógeno atmosférico) o inoportunas.

#### 4.4.2 MODELO DE LA CAJA TRANSLUCIDA.

Si se trata únicamente de manejar un sistema (el cultivo), entonces un modelo de caja negra puede bastar; sin embargo, si se quiere conocer su funcionamiento (por curiosidad o para modificarlo y dominarlo), entonces, no será posible dejar de imaginar modelos más profundos en los que intervengan los mecanismos o procesos que ligan las entradas con las salidas a través de variables intermedias. Nos encontramos así ante una modificación teórica del modelo de caja negra que se ha denominado "caja translúcida". En él, las variables exógenas (entradas y salidas) enlazan entre sí a través de variables endógenas (intermedias) que vienen a representar los detalles internos del sistema.

Anteriormente hemos intentado relacionar las variables endógenas con la cosecha (salida), ahora vamos a hacer lo mismo con los tratamientos (entradas). El método estadístico elegido, no podía ser otro que el análisis de la varianza de las variables endógenas afectadas por los tratamientos.

##### 4.4.2.1 Respuesta de las variables de estado.

La respuesta a los tratamientos de las variables de estado y su análisis de varianza se recogen en las Tablas 4.14 a 4.18 (ambas inclusive). Entre ellas cabe destacar la primera (Tabla 4.14) que recoge el peso de las semillas por planta; ya que cabe comparar sus

TABLA 4.14 (A).- Cosecha calculada por planta (g x P<sup>-1</sup>).

	N0	N1	N2	$\bar{x}$ D
D1	34 (100)	40 *** (117)	45 *** (132)	40 (100)
D2	28 *** (84)	28 *** (82)	34 (101)	30 *** (76)
D3	23 *** (69)	24 *** (70)	28 *** (83)	25 *** (64)
$\bar{x}$ N	29 (100)	30 (106)	36 *** (125)	1985: 40 (100) 1986: 23 ( 57)

TABLA 4.14 (B).- Análisis de la varianza (ANOVA)

<u>COMPONENTES</u>	<u>GL</u>	<u>(+/-)</u>	<u>MC</u>	<u>F</u>	<u>%-PROB.</u>
TOTAL	71		146		
REPETICIONES	3		5	0.3	NS
TRATAMIENTOS	8		420	27.2	99
Densidad (D)	2		2568	166.1	99
(d2)	1	(-)	2495	161.4	99
(d3)	1		73	4.7	99
Nitrogeno (N)	2		668	43.2	99
(n1)	1		619	40.0	99
(n2)	1		49	3.2	90
Densid x Nitrog (DN)	4		126	8.2	99
(d2n1)	1	(-)	77	5.0	99
(d2n2)	1		17	1.1	NS
(d3n1)	1		12	0.7	NS
(d3n2)	1	(-)	21	1.3	NS
AÑOS	1		5546	358.8	99
AÑOS X TRATAMIENTOS	8		78	5.0	99
ERROR	51		15		

TABLA 4.15 (A).- Promedio de semillas por planta (NS x P<sup>-1</sup>).

	N0	N1	N2	$\bar{x}$ D
D1	47 (100)	57 *** (121)	68 *** (144)	57 (100)
D2	40 ** (86)	40 ** (85)	49 (104)	43 *** (75)
D3	33 *** (71)	35 *** (74)	39 *** (83)	36 *** (62)
$\bar{x}$ N	40 (100)	44 (109)	52 *** (129)	1985: 60 (100) 1986: 31 ( 52)

TABLA 4.15 (B).- Análisis de la varianza (ANOVA)

<u>COMPONENTES</u>	<u>GL</u>	<u>(-/+)</u>	<u>MC</u>	<u>F</u>	<u>%-PROB.</u>
TOTAL	71		364		
REPETICIONES	3		10	0.3	NS
TRATAMIENTOS	8		995	31.6	99
Densidad (D)	2		5723	181.7	99
(d2)	1	(-)	5535	175.7	99
(d3)	1		188	6.0	99
Nitrogeno (N)	2		1675	53.2	99
(n1)	1		1601	50.8	99
(n2)	1		74	2.3	NS
Densid x Nitrog (DN)	4		564	17.9	99
(d2n1)	1		464	14.7	99
(d2n2)	1		1	0	NS
(d3n1)	1		56	1.8	NS
(d3n2)	1	(-)	43	1.4	NS
AÑOS	1		14735	467.8	99
AÑOS X TRATAMIENTOS	8		186	5.9	99
ERROR	51		32		

TABLA 4.16 (A).- Promedio de vainas por planta (NV x P<sup>-1</sup>).

	N0	N1	N2	$\bar{x}$ D
D1	29 (100)	35 (120)	40 *** (136)	35 (100)
D2	25 (86)	29 (101)	30 (102)	28 * (81)
D3	25 (84)	25 ** (87)	25 (85)	25 *** (72)
$\bar{x}$ N	26 (100)	30 (114)	31 *** (120)	1985: 45 (100) 1986: 14 ( 31)

TABLA 4.16 (B).- Análisis de la varianza (ANOVA)

<u>COMPONENTES</u>	<u>GL</u>	<u>(+/-)</u>	<u>MC</u>	<u>F</u>	<u>%-PROB.</u>
TOTAL	71		304		
REPETICIONES	3		31	0.6	NS
TRATAMIENTOS	8		221	4.5	99
Densidad (D)	2		1204	24.4	99
(d2)	1	(-)	1158	23.4	99
(d3)	1		47	0.9	NS
Nitrogeno (N)	2		340	6.9	99
(n1)	1		323	6.5	99
(n2)	1	(-)	18	0.4	NS
Densid x Nitrog (DN)	4		227	4.6	99
(d2n1)	1	(-)	220	4.4	99
(d2n2)	1	(-)	0	0	NS
(d3n1)	1		0	0	NS
(d3n2)	1		6	0.1	NS
AÑOS	1		16844	340.8	99
AÑOS X TRATAMIENTOS	8		40	0.8	NS
ERROR	51		49		

TABLA 4.17(A).- Promedio de nudos fructiferos por planta (N nf x P<sup>-1</sup>)

	N0	N1	N2	$\bar{x}$ D
D1	19 (100)	21 (110)	25 *** (133)	21 (100)
D2	16 ** (85)	18 (97)	19 (102)	18 *** (82)
D3	15 ** (82)	16 ** (85)	16 ** (83)	16.6 ***** (73)
$\bar{x}$ N	17 (100)	18 (109)	20 ** (119)	1985: 25 (100) 1986: 11 (43)

TABLA 4.17 (B).- Análisis de la varianza (ANOVA)

<u>COMPONENTES</u>	<u>GL</u>	<u>(+/-)</u>	<u>MC</u>	<u>F</u>	<u>%-PROB.</u>
TOTAL	71		70		
REPETICIONES	3		12	1.6	NS
TRATAMIENTOS	8		78	10.7	99
Densidad (D)	2		418	57.6	99
(d2)	1	(-)	407	56.0	99
(d3)	1		12	1.6	NS
Nitrogeno (N)	2		122	16.9	99
(n1)	1		122	16.8	99
(n2)	1		0	0	NS
Densid x Nitrog (DN)	4		80	11.0	99
(d2n1)	1		70	9.7	99
(d2n2)	1	(-)	6	0.9	NS
(d3n1)	1		0	0	NS
(d3n2)	1		4	0.5	NS
AÑOS	1		3780	520.5	99
AÑOS X TRATAMIENTOS	8		18	2.4	95
ERROR	51		7		

TABLA 4.18 (A).- Promedio de tallos por planta (T x P<sup>-1</sup>).

	N0	N1	N2	$\bar{x}$ D
D1	3.6 (100)	4.1 (115)	4.1 (114)	3.9 (100)
D2	3.1 (88)	3.6 (101)	3.6 (100)	3.4 (88)
D3	3.2 (90)	3.3 (93)	3.1 (87)	3.2 *** (82)
$\bar{x}$ N	3.3 (100)	3.7 (111)	3.6 (108)	1985: 5.2 (100) 1986: 1.9 ( 36)

TABLA 4.18 (B).- Análisis de la varianza (ANOVA)

<u>COMPONENTES</u>	<u>GL</u>	<u>(+/-)</u>	<u>MC</u>	<u>F</u>	<u>%-PROB.</u>
TOTAL	71		3.3		
REPETICIONES	3		0.8	1.7	NS
TRATAMIENTOS	8		1.1	2.3	95
Densidad (D)	2		6.0	12.4	99
(d2)	1	(-)	5.8	12.1	99
(d3)	1		0.2	0.5	NS
Nitrogeno (N)	2		1.8	3.8	95
(n1)	1		0.9	1.9	NS
(n2)	1	(-)	0.9	1.9	NS
Densid x Nitrog (DN)	4		0.9	1.8	NS
(d2n1)	1	(-)	0.7	1.4	NS
(d2n2)	1		0	0.1	NS
(d3n1)	1	(-)	0.2	0.3	NS
(d3n2)	1		0	0	NS
AÑOS	1		197.8	416.2	99
AÑOS X TRATAMIENTOS	8		0.4	0.7	NS
ERROR	51		0.5		

datos, que representan la cosecha por planta, con los de la Tabla 4.13, que representan la cosecha por unidad de superficie, es decir, la cosecha real del cultivo. En ella puede observarse un incremento idéntico en respuesta a las aplicaciones de fertilizante nitrogenado (25%), estadísticamente muy significativo (99%); sin embargo la respuesta a la densidad de siembra discrepa totalmente, ya que este tratamiento disminuye la cosecha por planta (al 64%) con idéntica significación estadística (99%). Este comportamiento puede explicarse, si tenemos en cuenta que al incrementarse la densidad de siembra se incrementa, de igual manera, la competencia que ejercen entre sí las plantas de un cultivo por los recursos del ambiente (agua y elementos minerales del suelo, CO<sub>2</sub> y N de la atmósfera, luz, etc.); el estrés nutricional se intensifica al aumentar la densidad de siembra y disminuye, lógicamente, con la fertilización nitrogenada.

Los resultados recogidos en las tablas 4.15, 4.16, 4.17 y 4.18, son los lógicos que cabría esperar teniendo en cuenta que las variables que representan el peso de las semillas, el número de éstas, el número de vainas, el número de nudos fructíferos, y el número de tallos por planta, forman un sistema integrado, tal como nos lo demuestran los positivos y elevados coeficientes de correlación que presentan entre sí (Figura 4.5). En todas ellas hay una respuesta negativa al incremento de la densidad de siembra, respuesta que se intensifica (-18%, -27%, -28% y -64%) con la pauta de desarrollo de las variables (número de tallos, número de nudos fructíferos, número de vainas o/y número de semillas); igual tendencia encontramos en la respuesta positiva al tratamiento nitrogenado (8%, 19%, 20% y 29%, respectivamente); siendo todas estas respuestas estadísticamente significativas, menos la del número de tallos por planta al tratamiento nitrogenado (cosa lógica, si tenemos en cuenta que éste último se aplica con posterioridad al desarrollo de los tallos).

#### 4.4.2.2 Respuestas a las Variables Auxiliares.

Entre las variables auxiliares existe una (el número de plantas por metro cuadrado) de la que cabe esperar un comportamiento singular, ya que se encuentra directamente conectada con uno de los tratamientos (la densidad de siembra). En efecto, en la Tabla 4.19, se observa una respuesta progresivamente creciente a los tres niveles de densidades de siembra (D1, D2 y D3), mientras que la fertilización nitrogenada carece en absoluto de efecto. Sin embargo, los valores promedios observados en las tres densidades de siembra (10.6, 16.1 y 20.6) no coinciden con los teóricamente atribuidos (10, 20 y 30); lo que, indudablemente, se debe a la mortalidad que sufren las plantas en el cultivo entre la brotación y la recolección: casi nula para el tratamiento D1, pero elevada para los D2 y D3 (el 25 y el 36% respectivamente).

En el resto de las variables auxiliares: número de nudos fructíferos por tallo (Tabla 4.23), número de vainas por nudo fructífero (Tabla 4.22), número de semillas por vaina (Tabla 4.21) y peso de semillas por semilla (Tabla 4.20), apenas si tienen efecto los tratamientos, tanto de densidad de siembra, como de fertilización nitrogenada; lo que puede atribuirse al, tantas veces repetido, efecto de compensación. Sin embargo, cabe señalar una ligera excepción a éste comportamiento global; el número de nudos fructíferos por tallo disminuye significativamente con la densidad de siembra y aumenta con la fertilización nitrogenada; lo que atribuimos a una menor y mayor, respectivamente, supervivencia de los ~~tallos~~ <sup>Frutos</sup> formados.

Para mayor comodidad resumimos en la tabla 4.24 las respuestas lineales (d3 y n2) de las variables endógenas a los tratamientos ensayados.



TABLA 4.19 (A).- Numero de plantas por m<sup>2</sup> (NP x m<sup>-2</sup>).

	N0	N1	N2	$\bar{x}$ D
D1	10.4 (100)	10.6 (102)	10.9 (105)	10.6 (100)
D2	15.9 *** (153)	16.4 *** (157)	15.9 *** (152)	16.1 *** (151)
D3	20.7 *** (198)	20.7 *** (199)	20.4 *** (195)	20.6 *** (193)
$\bar{x}$ N	15.7 (100)	15.9 (102)	15.7 (100)	1985: 12 (100) 1986: 19 (155)

TABLA 4.19 (B).- Análisis de la varianza (ANOVA)

<u>COMPONENTES</u>	<u>GL</u>	<u>(+/-)</u>	<u>MC</u>	<u>F</u>	<u>%-PROB.</u>
TOTAL	71		34.0		
REPETICIONES	3		3.7	2.1	NS
TRATAMIENTOS	8		148.9	84.1	99
Densidad (D)	2		1188.2	671.3	99
(d2)	1		1185.1	669.0	99
(d3)	1	(-)	3.2	1.8	NS
Nitrogeno (N)	2		0.8	0.4	NS
(n1)	1		0	0	NS
(n2)	1	(-)	0.8	0.4	NS
Densid x Nitrog (DN)	4		2.2	1.3	NS
(d2n1)	1	(-)	1.3	0.7	NS
(d2n2)	1	(-)	0.2	0.1	NS
(d3n1)	1		0.1	0	NS
(d3n2)	1		0.7	0.4	NS
AÑOS	1		821.2	463.5	99
AÑOS X TRATAMIENTOS	8		37.5	21.1	99
ERROR	51		1.8		

TABLA 4.20 (A).- Peso por semilla (g x S<sup>-1</sup>).

	N0	N1	N2	$\bar{x}$ D
D1	0.73 (100)	0.70 (97)	0.68 * (94)	0.71 (100)
D2	0.72 (99)	0.71 (97)	0.70 (96)	0.71 (100)
D3	0.71 (97)	0.69 (95)	0.75 (102)	0.72 (101)
$\bar{x}$ N	0.72 (100)	0.70 (97)	0.71 (98)	1985: 0.68 (100) 1986: 0.74 (108)

TABLA 4.20 (B).- Análisis de la varianza (ANOVA)

<u>COMPONENTES</u>	<u>GL</u>	<u>(+/-)</u>	<u>MC</u>	<u>F</u>	<u>%-PROB.</u>
TOTAL	71		0.0034		
REPETICIONES	3		0.0021	0.8	NS
TRATAMIENTOS	8		0.0031	1.2	NS
Densidad (D)	2		0.0014	0.5	NS
(d2)	1		0.0013	0.5	NS
(d3)	1		0.0001	0	NS
Nitrogeno (N)	2		0.0042	1.6	NS
(n1)	1	(-)	0.0013	0.5	NS
(n2)	1		0.0029	1.1	NS
Densid x Nitrog (DN)	4		0.0195	7.2	99
(d2n1)	1		0.0138	5.2	99
(d2n2)	1		0.0037	1.4	NS
(d3n1)	1		0.0008	0.3	NS
(d3n2)	1		0.0012	0.5	NS
AÑOS	1		0.0524	19.7	99
AÑOS X TRATAMIENTOS	8		0.0034	1.3	NS
ERROR	51		0.0027		

TABLA 4.21 (A).- Numero de semillas por vaina (NS x V<sup>-1</sup>).

	N0	N1	N2	$\bar{x}$ D
D1	1.77 (100)	1.79 (101)	1.88 (106)	1.81 (100)
D2	1.83 (103)	1.77 (100)	1.81 (103)	1.80 (100)
D3	1.76 (100)	1.74 (98)	.83 (104)	11788 (98)
$\bar{x}$ N	1.79 (100)	1.77 (99)	1.84 (103)	1985: 1.35 (100) 1986: 2.25 (166)

TABLA 4.21 (B).- Análisis de la varianza (ANOVA)

COMPONENTES	GL	(+/-)	MC	F	%-PROB.
TOTAL	71		0.240		
REPETICIONES	3		0.019	0.6	NS
TRATAMIENTOS	8		0.015	0.5	NS
Densidad (D)	2		0.015	0.5	NS
(d2)	1	(-)	0.013	0.4	NS
(d3)	1	(-)	0.002	0.1	NS
Nitrogeno (N)	2		0.071	2.4	NS
(n1)	1		0.036	1.2	NS
(n2)	1		0.035	1.2	NS
Densid x Nitrog (DN)	4		0.032	1.1	NS
(d2n1)	1	(-)	0.004	0.1	NS
(d2n2)	1		0.002	0.1	NS
(d3n1)	1		0.026	0.9	NS
(d3n2)	1		0	0	NS
AÑOS	1		14.445	482.6	99
AÑOS X TRATAMIENTOS	8		0.108	3.6	99
ERROR	51		0.03		

TABLA 4.22 (A).- Numero de vainas por nudo fructifero (NV x  $nf^{-1}$ ).

	NO	N1	N2	$\bar{x}$ D
D1	1.50 (100)	1.64 * (109)	1.51 (101)	1.55 (100)
D2	1.48 (98)	1.48 (98)	1.50 (100)	1.49 (96)
D3	1.46 (97)	1.45 (96)	1.49 (99)	1.47 * (95)
$\bar{x}_N$	1.48 (100)	1.52 (103)	1.50 (101)	1985: 1.75 (100) 1986: 1.27 ( 73)

TABLA 4.22 (B).- Análisis de la varianza (ANOVA)

COMPONENTES	GL	(+/-)	MC	F	%-PROB.
TOTAL	71		0.080		
REPETICIONES	3		0.001	0	NS
TRATAMIENTOS	8		0.024	1.0	NS
Densidad (D)	2		0.094	3.8	95
(d2)	1	(-)	0.086	3.5	90
(d3)	1		0.008	0.3	NS
Nitrogeno (N)	2		0.020	0.8	NS
(n1)	1		0.004	0.2	NS
(n2)	1	(-)	0.016	0.6	NS
Densid x Nitrog (DN)	4		0.082	3.3	95
(d2n1)	1		0.001	0	NS
(d2n2)	1		0.066	2.7	NS
(d3n1)	1	(-)	0	0	NS
(d3n2)	1	(-)	0.015	0.6	NS
AÑOS	1		4.105	165.7	99
AÑOS X TRATAMIENTOS	8		0.017	0.7	NS
ERROR	51		0.025		

TABLA 4.23 (A).- Numero de nudos fructiferos por tallo (N nf x T<sup>-1</sup>).

	N0	N1	N2	$\bar{x}_D$
D1	5.7 (100)	5.6 (99)	6.8 *** (121)	6.0 (100)
D2	5.1 (90)	5.2 (91)	6.0 (105)	5.4 (90)
D3	4.8 ** (86)	4.6 ** (81)	5.3 (94)	4.9 *** (822)
$\bar{x}_N$	5.2 (100)	5.1 (98)	6.0 *** (116)	1985: 5.0 (100) 1986: 6.0 (120)

TABLA 4.23 (B).- Análisis de la varianza (ANOVA)

COMPONENTES	GL	(+/-)	MC	F	%-PROB.
TOTAL	71		1.514		
REPETICIONES	3		0.098	0.1	NS
TRATAMIENTOS	8		3.487	4.7	99
Densidad (D)	2		14.289	19.1	99
(d2)	1	(-)	14.222	19.0	99
(d3)	1		0.067	0.1	NS
Nitrogeno (N)	2		12.312	16.4	99
(n1)	1		8.106	10.8	99
(n2)	1		4.206	5.6	99
Densid x Nitrog (DN)	4		1.295	1.7	NS
(d2n1)	1	(-)	1.052	1.4	NS
(d2n2)	1	(-)	0.080	0.1	NS
(d3n1)	1	(-)	0.004	0	NS
(d3n2)	1		0.159	0.2	NS
AÑOS	1		18.441	24.6	99
AÑOS X TRATAMIENTOS	8		2.827	3.8	99
ERROR	51		0.750		

Tabla 4.24.- Resumen de las respuestas lineales ( $d_3$  y  $n_2$ ) de las variables endógenas (estado y auxiliares) a los tratamientos ensayados. Los valores se expresan en (%) de los promedios de los niveles ( $D_1$ ) y ( $N_0$ ), respectivamente.

<u>Resumen</u>		<u>Promedio (Niveles)</u>		<u>Respuesta (lineal)</u>	
<u>Tabla</u>	<u>Var.</u>	<u>D3</u>	<u>N2</u>	<u>d3</u>	<u>n2</u>
4.14	PS/P	64	125	-36***	25***
4.15	NS/P	36	129	-64***	29***
4.16	NV/P	72	120	-28***	20***
4.17	Nnf/P	73	119	-27***	19**
4.18	NT/P	82	108	-18***	8 ns
<hr/>					
4.19	NP/m <sup>2</sup>	193	100	93***	0
4.20	PS/S	101	98	1 ns	2 ns
4.21	NS/V	98	103	- 2 ns	3 ns
4.22	NV/nf	95	101	- 5*	1 ns
4.23	Nnf/T	82	116	-18***	16***

Significación = Probabilidad 99% \*\*\* ; 95% \*\* ; 90% \* .



W. H. B. A. D. S.

5.- CONCLUSIONES

W. H. B. A. D. S.

## 5.1. CONCLUSIONES SOBRE EL MODELO REPRESENTATIVO DEL DESARROLLO DE LA COSECHA.

5.1.1. Las variables de estado (NT/P, Nnf/P, NV/P, NS/P y PS/P) forman un grupo rígidamente integrado; lo que se explicaría teniendo en cuenta que constituyen estadios específicos con trayectorias seguidas por el desarrollo de la planta; que, a su vez, se encuentra sólidamente establecido por el programa genético de la variedad cultivada.

5.1.2. Por el contrario, la correlación simple entre las variables auxiliares (NP/m<sup>2</sup>, PS/S, NS/V, NV/nf y Nnf/P) se muestra bastante variable tanto en magnitud como en signo; cosa lógica, si tenemos en cuenta, que representan etapas de transformación en la pauta ontogénica de la planta, dependiendo su magnitud de los factores climáticos y de cultivo concurrentes en el tiempo.

5.1.3. La correlación simple entre cada variable de estado con la variable auxiliar (que representa su factor de transformación) muestra una magnitud entre media y alta, casi siempre de signo negativo; lo que sugiere que las variables auxiliares actúan como elementos de compensación permitiendo la rígida integración observada entre las variables de estado.

5.1.4. El análisis factorial de las once variables que constituyen el modelo de desarrollo de la cosecha (fig. 4.4) suministra una información global y simplificada del mismo, de la que emergen dos factores independientes y conceptualmente significativos: (a) la capacidad de almacenamiento de la planta, representada por el peso de las semillas por planta; y (b) la unidad nutricional, representada por el módulo hoja-entrenudo subyacente-yema axilar.

## 5.2. CONCLUSIONES SOBRE LA RELACION CAUSAL ENTRE LA COSECHA Y SUS COMPONENTES.

5.2.1. Por el análisis de la trayectoria de la correlación o análisis de la correlación, se demuestra que es falaz sacar conclusiones causales entre un componente de la cosecha y la cosecha, basándose en el



valor alcanzado por su coeficiente de correlación simple, ya que este último no es nada más que el balance del efecto directo del componente respectivo y los indirectos de los otros componentes.

Por el contrario, el análisis secuencial de los componentes de la cosecha ofrece un medio extraordinariamente eficaz para conocer la contribución relativa de cada componente a la variabilidad de la cosecha; así como la contribución de cada componente a la variabilidad de los componentes ontogénicamente sucesivos. Lo que permite estudiar efectos de compensación: (a) Entre los dos componentes del periodo vegetativo (NP/m<sup>2</sup> y NT/P); (b) e igualmente, entre los antes mencionados y el componente representativo de la floración (Nnf/T); y (c) especialmente, entre el desarrollo de los frutos (NV/nf) y el de las semillas (NS/V).

### 5.3. CONCLUSIONES SOBRE LAS VARIACIONES DE LA COSECHA DEBIDAS A LOS TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES (DENSIDAD DE SIEMBRA Y FERTILIZACION NITROGENADA).

5.3.1. Se ha podido observar que ambos tratamientos incrementan por separado y combinadamente la cosecha de forma estadísticamente significativa.

5.3.2. La respuesta de todas las variables de estado (NT/P, Nnf/P, NV/P, NS/P y PS/P) responden negativamente a la densidad de siembra y positivamente a la fertilización nitrogenada, siendo todas estas respuestas estadísticamente significativas.

5.3.3. De entre las variables auxiliares, una de ellas (NP/m<sup>2</sup>) se encuentra causalmente conectada con la densidad de siembra, observándose una respuesta progresivamente creciente (pero no proporcional) de los tres niveles de la misma; por el contrario la fertilización nitrogenada carece en absoluto de efecto.

5.3.4. Sobre el resto de las variables auxiliares (Nnf/T, NV/nf, NS/V y PS/S) apenas si tienen efecto los tratamientos, tanto de densidad de siembra, como de fertilización nitrogenada; lo que atribuimos al, tantas veces repetido efecto de compensación.

6.- BIBLIOGRAFIA

ABO EL-ZAHAB, A.A., AL-BABAWY, A.A. y ABD EL-LATIF, K. 1981 Density studies on faba beans (*Vicia faba* L.). I. Seed yield and its components. Z. Acker- und Pflanzenbau (J. Agron. Crop Sci.). 150:291-302

ABO EL-ZAHAB, A.A., AL-BABAWY, A.A. y ABD EL-LATIF, K. 1981b Density studies on faba beans (*Vicia faba* L.). Z. Acker- und Pflanzenbau. 151: 229-302.

ABO EL-ZAHAB, A.A., AL-BABAWY, A.A. y NIDAWY, I.S. 1981 Density studies on faba beans (*Vicia faba* L.). II. Growth parameters. Z. Acker- und Pflanzenbau (J. Agron. Crop Sci.). 150:303-312

ADAMS, V.W. 1967 Basis of yield components compensation in crops plants with special reference to the field bean, *Phaseolus vulgaris*. Crop Science. 7:505-510

ADCOCK, M.E. y LAWES, D.A. 1976 Self-fertility and the distribution of seed yield in *Vicia faba* L. Euphytica. 25:89-96

ADVEEVA, T.A. y ANDREEVA, T.F. 1973 Nitrogen nutrition and activities of CO<sub>2</sub>-fixing enzymes and glyceraldehyde phosphate dehydrogenase in broad bean and maize. Photosynthetica. 7:140-145

ADVEEVA, T.A., ANDREEVA, T.F. y NICHIPOROVICH, A.A. 1974 Effect of nitrogen nutrition on photosynthesis, the activity of carboxylating enzymes and phosphoglyceric aldehyde dehydrogenase in plants of *Vicia faba* and maize grain at different light intensities. Fiziologiya Rast. 21:308-314

AGUILERA, C., BAGO, L.E., RECALDE, L. 1987 Estudio de los efectos de las aplicaciones de boro, azufre y nitrógeno en el cultivo de *Vicia faba*, sobre la cosecha de la planta y de las diferentes etapas de su desarrollo. I Simposio Nacional Sobre Nutrición Mineral de las Plantas. Murcia 1987.

AHMED, S.U. 1980 Interrelationships among yield components and plant growth characters, and their contributions to yield in two species of mustard.

- Canadian Journal of Plant Science. 60:285-289
- ALEFELD. 1866 In BURKART, A. 1952 Las leguminosas argentinas, silvestres y cultivadas. ACME Agency, Soc. de Resp. Ltda. Buenos Aires.
- AMARGER, N. 1974. Competition in nodule formation on field bean between inoculated and indigenous strains of *Rhizobium leguminosarum*. Comptes Rendues Ser. D 279:527-530
- ANNICCHIARICO, P. 1985 Field beans and horse beans first results from an experiment in international cooperation. Informatore Agrario 41(3):91-94
- ANUARIOS ESTADISTICOS DE PRODUCCION AGRARIA (1925-1930)-(1972-1976).
- APRIXON, M.H., NAGEE, W.E. y BURRIS, R.H. 1954 Nitrogen fixation by excised soybean nodules. J. Biol. Biochem. 208:29-39
- AUGUSTINUSSEN, E. 1972 Experiments with nitrogen, potassium and phosphorus for field bean (*Vicia faba* L.). Tidsskr. Plant. 76:6-12
- AULD, B.A., DENNETT, M.D. y ELSTON, J. 1978 The effect of temperature changes on the expansion of individual leaves of *Vicia faba* L. Ann. Bot. 42:877-888
- AWONAIKE, K.O., LEA, P.W., DAY, J.M., ROUGHLEY, R.J. y MIFLIN, B.J. 1980 Effects of combined nitrogen on nodulation and growth of *Phaseolus vulgaris*. Expl. Agric. 16:303-311
- BAE, S.T., CHOI, H.K., CHOI, S.K., LEE, D.K. 1985 Studies on cultural practices for establishment of broad beans. Research Reports of the Rural Development Administration Crops. 27(2):207-217
- BAGO, L.E., AGUILERA, C., RECALDE, L. 1987 Un modelo de análisis de los componentes de la cosecha en cultivos de *Vicia faba*, L. I Simposio Nacional Sobre Nutrición Mineral de las Plantas. Murcia 1987.

- BALL, P.W. in TUTIN 1968 Flora Europaea. Tomo 2. Ed. University Press. Cambridge.
- BALL, P.W., CHATER, A.O., FERGUSON, I.K. 1968 "Flora Europaea". Ed. At the University Press. Cambridge. II:80, 135, 136.
- BARDNER, R. y FLETCHER, K.E. 1979 Larvae of the pea of bean weevil *Sitona lineatus* and yield of field beans. J. Agric. Sci. Camb. 92:109-112
- BAYLISS, N.S. 1956 The spectra and equilibriums of nitrosonium ion, nitroacidium ion, and nitrous acid in solutions of sulfuric, hydrochloric and phosphoric acids. Aust. J. Chem. 9:364-370
- BEDMAR, E.J. y OLIVARES, J. 1980 Effect of chemical inhibitors of photorespiration on nitrogenase activity in nodulated alfalfa plants. Planta. 150:299-302
- BEIJERINCK. 1888 In ORIVE, R. y TEMPRANO, F. 1983 Simbiosis Rhizobium-Leguminosa. In Leguminosas Grano. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- BELLUCCI, S. 1980 Einfluss von Wachstumsregulatoren insbesondere Gibberellinsäure auf das Wachstum und den Ertragsaufbau der Ackerbohne (*Vicia faba* L.). Diss. ETH nr.6667. Eidgenössischen Technischen Hochschule.
- BERGERSEN, F.J. 1965 Ammonia an early stable product of nitrogen fixation by soybean root nodules. Aust. J. Biol. Sci. 18:1-9
- BERGERSEN, F.J. 1974 Formation and function of bacteroids. In: The biology of nitrogen fixation (A. Quispel, ed.). North-Holland. Amsterdam. :473-498
- BERTHOLDSSON. N.O. 1980 The influence of growth habit on carbon assimilation and distribution, leaf characteristics and yield in field beans (*Vicia faba*). PhD thesis, University of Lund, Sweden.
- BAHTT, J.M. 1973 Significance of path coefficient analysis in determining the nature of character. Euphytica. 22:338-343

- BIANCO, W., DAMATO, G., MICCOLIS, V., POLIGNANO, G., PORCEDDEN, E. y SCIPPA, G. 1979 Variation in a collection of *Vicia faba*, and correlations among agronomically important characters. In Some Current Research on *Vicia faba* in Western Europe. Ed. by D. A. Bond, T. Scarascia-Mugnozza and M. H. Poulsen. Commission of the Europ. Comm. :217-250
- BOND, D.A. 1970 The development of field beans as a crop in Great Britain. Proc. Nutr. Soc. 29:74-79
- BOND, D.A. 1979 Breeding work on *Vicia faba*. In the UK. Fabis. 1:5-6
- BOND, D.A. y POPE, M. 1974 Factors affecting the properties of crossbred and selfed seed obtained from field bean (*Vicia faba* L.) crops. J. agric. Sci., Camb. 83:343-351
- BOSQUE MAUREL, J. 1957 El clima de Granada. Rev. Estudios Geográficos. XVII:452-482
- BOSQUE MAUREL, J. 1971 Granada, la tierra y sus hombres. Universidad de Granada.
- BOULTER, D. y BARBER, J.T. 1963 Amino acid metabolism in germinating seeds of *Vicia faba* L. in relation to their biology. New Phytol. 62:301-316
- BOURBOULOUX, A. y BONNEMAIN, J.L. 1979 The different components of the movement and areas of retention of labelled molecules after application of (3H)-indolyl-acetic acid to the apical bud of *Vicia faba*. Physiol. Plant. 47:260-268
- BOYD, D.A., COOKE, G.W., GARNER, H.V. y MOFFATT, J.R. 1952 Rothamsted experiments on field beans. Part 1. Manuring and cultivation of field beans. J. R. Agric. Soc. 113:55-69
- BRIARTY, L.G., COULT, D.A. y BOULTER, D. 1969 Protein bodies of developing seeds of *Vicia faba*. J. Exp. Bot. 20:358-372

- BROCKWELL, J., SCHWINGHAMER, E.A. y GAULT, R.R. 1977 Ecological studies of root-nodule bacteria introduced into field environments-V. A critical examination of the stability of antigenic and streptomycin-resistance markers for identification of strains of *R. trifolii*. *Soil Biol. Biochem.* 9:19-24
- BROUGHTON, W.J. 1978 Control of specificity in legume-Rhizobium associations. *J. Appl. Bacteriol.* 45:165-194
- BURKART, A. 1952 Las leguminosas argentinas, silvestres y cultivadas. ACME Agency, Soc. de Resp. Ltda. Buenos Aires.
- BURNS, R.C. y HARDY, R.W.F. 1975 Nitrogen fixation in bacteria and higher plants. Springer Verlag. Berlin
- CAMPBELL, D.C. y KONDRÁ, Z.P. 1978 Relationships among growth patterns, yield components and yield of rapeseed. *Canadian Journal of Plant Science.* 58:87-93
- CAPEL-MOLINA J. J. Los climas de España. OIKOS-TAU S.A. Ediciones. Barcelona.
- CLOWES, F.A.L. y HALL, E.J. 1962 The quiescent centre in root meristems of *Vicia faba* and its behaviour after acute X-irradiation and chronic gamma-irradiation. *Radiat. Bot.* 3:45-53
- COLE, S. 1970 The neolithic revolution. Trustees of the British Museum (Natural History), London. :18
- COOLEY, W.W. y JOHNES, P.R. 1971 Multivariate data analysis. Willey and Sons. New York.
- COOPER, D.R., HILL-COTTINGHAM, D.G. y LLOYD-JONES, C.P. 1976 Absorption and redistribution of nitrogen during growth and development of the field bean, *Vicia faba*. *Physiol. Plant.* 38:313-318
- COUOT-GASTELLIER, J. 1978 Etude de quelques modalités de la croissance des bourgeons axillaires de la fève *Vicia faba* L. libérés de la contrainte apicale. *Z. Pflanzenphysiol.* 89:189-206

COUOT-GASTELLIER, J. 1979a Connexions vasculaires et inhibition des bourgeons axillaires chez la fève (*Vicia faba* L.). Bull. Soc.Bot., France. 126:67-77

COUOT-GASTELLIER, J. 1979b Activité mitotique et croissance des bourgeons axillaires provoquées par la décapitation de jeunes plantes de fève (*Vicia faba* L.). Can. J. Bot. 57:2478-2488

CROMPTON, H.J., LLOYD-JONES, C.P. y HILL-COTTINGHAM, D.G. 1981 Translocation of labelled assimilates following photosynthesis of  $^{14}\text{CO}_2$  by the field bean, *Vicia faba* L. Physiol. Pl. 51:189-194

CRONQUIST, A. 1981 An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. New York.

CUADRAS, C.M. 1981 Métodos de análisis multivariante. EUNIVAR. Barcelona.

CUBERO, J.I. 1974 On the evolution of *Vicia faba* L. Theoretical and Applied Genetics. 45:47-51

CUBERO, J.I. y MORENO, M.T. 1982 *Vicia faba* in Spain. In proceedings of the international faba bean conference. :110-117

CUBERO, J.I. 1983 Origen, evolución y mejora genética de las leguminosas grano. Leguminosas grano. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

CHAKRAVARTY, A.K., DRAYNER, J.M. y FYFE, K.L. 1957 Plant breeding studies in leguminous forage crops. III. Preliminary studies on the developmental physiology of beans (*Vicia faba* L.). J. Agric. Sci., Camb. 48:104-114

CHAPMAN, G.P. 1981 Genetic variation within *Vicia faba*. Fabis (June). :12

CHAPMAN, G.P. y PEAT, W.E. 1978 Procurement of yield in field and broad beans. Outlook on Agriculture. 9:267-272



CHAPMAN, G.P., FAGG, C.W. y PEAT, W.E. 1979 Parthenocarpy and internal competition in *Vicia faba* L. Z. Pflanzenphysiol. 94:247-255

CHAPMAN, G.P., GUEST, H.L. y PEAT, W.E. 1978 Top-removal in single stem plants of *Vicia faba* L. Z. Pflanzenphysiol. 89:119-127

CHOO, T.M., REINBERGS, E. y PARK, S.J. 1980 Studies on coefficients of variation of yield components and on character association by path coefficient analysis in barley under row and hill and plot conditions. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung. 84:107-114

CHUNG, J.H. y GOULDEN, D.S. 1971 Yield components of haricot beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) grown at different plant densities. New Zealand Journal of Agricultural Research. 14:227-234

DANTUMA, G. 1982, 1983. Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO), Wageningen. Jaarverslag 1981, 76-79. Onderzoeksrapport 1982. 63pp. Jaarverslag 1982. :

DANTUMA, G. y KLEIN HULZE, J.A. 1979 Production and distribution of dry matter, and uptake, distribution and redistribution of nitrogen in *Vicia faba* major and minor. In some current research on *Vicia faba* in Western Europe. Commission of the European Communities EUR 6244 EN. :396-406

DART, P.J. 1974 Development of root nodule symbiosis. The infection process. In: The biology of nitrogen fixation. Amsterdam: North Holland. :381-429

DART, P.J. 1977 Infection and development of leguminous nodules. In: A treatise on dinitrogen fixation, ed. R.W.F. Hardy, W.S. Silver. 3:367-372

DART, F.J. y MERCER, F.V. 1965a The effect of growth temperature, level of ammonium nitrate and light intensity of the growth and nodulation of cowpea (*Vigna sinensis* Emdl. ex. Hassk). Aust. J. Agric. Res. 16:321-345

- DART, P.J. y MERCER, F.V. 1965b The influence of ammonium nitrate on the fine structure of nodules of *Medicago tribuloides* Desr. and *Trifolium subterraneum* L. Arch. Microbiol. 51:233-257
- DAVIDSON, D. 1966a Mechanism of reorganisation and cell repopulation in roots of *Vicia faba* following irradiation and colchicine. Chromosoma. 12:484-504
- DAVIDSON, D. 1966b The onset of mitosis and DNA synthesis in roots of germinating beans. Am. J. Bot. 53:491-495
- DAY, J.M. ROUGHLEY, R.J.y WITTY, J.F. 1979 The effect of planting density, inorganic nitrogen fertilizer and supplementary carbon dioxide on yield of *Vicia faba* L. J. Agric. Sci., Camb. 93:629-633
- DAY, J.M., ROUGHLEY, R.J. y WHITE, S.P. 1979 Nodulation and nitrogen fixation by the field bean (*Vicia faba*). In Rothamsted Experimental Station Annual Report for 1978, Pt 1. :240-241
- DAY, J.M., ROUGHLEY, R.J., WITTY, J.F., AUSTEN, R.B., BOND, D.A., FORD, M.A. y MORGAN, C.L. 1980 Nodules and nitrogen fixation by the field bean (*Vicia faba*). In Rothamsted Experimental Station Annual Report for 1979, Pt.1. :191-192
- DEAN, J.R. y CLARK, K.W. 1980 Effect of low level nitrogen fertilization on nodulation, acetylene reduction and dry matter in faba beans and three other legumes. Can. J. Sci. 60:121-130
- DEL AMO y MORA. 1873 Flora fanerogámica de la Península Ibérica.  
Dpto. Botánica, Facultad de Farmacia. Granada. V:380-582
- DELROT, S. y BONNEMAIN, J.L. 1978 Studies on the vein-loading mechanism of photosynthetic products. C. r. hebd. Seanc. Acad. Sci., Paris, Ser. D. 287:125-130

DELROT, S. y BONNEMAIN, J.L. 1979 H<sup>+</sup> - Rb<sup>+</sup> exchange and the co-transport of H<sup>+</sup> -sugar in leaf tissues of *Vicia faba*. C. r. hebd. Seanc. Acad. Sci., Paris, Ser. D. 288:71-76

DENAIRE, J. y TRUCHET, G. 1974 Genetics of *Rhizobium*: a short survey. Int. Symp. Nitrogen Fixation, Washington. :

DENIS, J.C. y ADAMS, M.W. 1978 A factor analysis of plant variables related to yield in dry beans. I. Morphological traits. 18:74-78

DENNETT, M.D., ELSTON, J. y MILFORD, J.R. 1979 The effect of temperature on the growth of individual leaves of *Vicia faba* L. in the field. Ann. bot. 43:197-208

DEWEY, D. R. y LU, K. H. 1959 A correlation and path-coefficient analysis of component of crested wheatgrass seed production Agron. J. 51: 515-518.

DILWORTH, M.J. 1974 Dinitrogen fixation. Ann. Rev. Plant Physiol. 25:81-114

DIXON, R.O.D. 1969 *Rhizobia* (with particular reference to relationships with host plants). Ann. Rev. Microbiol. 23:137-158

DORMER, D.J. 1954 Observations on the symmetry of the shoot in *Vicia faba* and some allied species and on the transmission of some morphogenetic impulses. Ann. Bot. 18:55-70

DOUGHERTY, C.T., LOVE, B.G., MOUNTIER, N.S. 1978 Response surfaces of semidwarf wheat for seeding rate, and levels and times of application of nitrogen fertilizer. New Zealand Journal of Agricultural Research. 21:655-663

EATON, G.W. y KYTE, T.R. 1978 Yield component analysis in the cranberry. Journal of the American Society for Horticultural Science. 103:578-583

EATON, G.W. y MAC PHERSON, E.A. 1978 Morphological

components of yield in cranberry. Horticultural Research. 17:73-82

EHRENDORFER, F. 1985 Espermatofitos. In Tratado de Botanica. Ed Marin. Barcelona.

EL-BAGOURY, O.H. 1975 Effect of different fertilizers on the germination and hard seed percentage of broad bean seeds (*Vicia faba*). Seed Science and Technology. 3:569-574

EL-NADI, A.H. 1969 Water relations of beans. I. Effects of water stress on growth and flowering. Expl. Agric. 5:195-207

EL-SHERBEENY, M.H., LAWES, D.A. y MYTTON, L.R. 1977b Symbiotic variability in *Vicia faba*. 2. Genetic variation in *Vicia faba*. Euphytica. 26:377-383

EL-SHERBEENY, M.H., MYTTON, L.R. y LAWES, D.A. 1977a Symbiotic variability in *Vicia faba*. 1. Genetic variation in the *Rhizobium leguminosarum* population. Euphytica. 26:149-156

EVANS, H.J., BISHOP, P.E. y ISRAEL, D. 1976 Enzymology of symbiotic dinitrogen fixation. In: Proceeding of the 1st International Symposium on Nitrogen Fixation. (W.E. Newton and C.J. Nyman, eds.). Washington State Univ. Press. Pullman. 1: 234-247

EVANS, L.T. 1957 The broad bean. In The Experimental Control of Plant Growth. Ed. by F.W. Went. Chronica Botanica Co., Waltham, Mass., USA. :124-128

EVANS, L.T. 1959 Environmental control of flowering in *Vicia faba* L. Ann. Bot. 23:521-546

FAO. 1972 Anuario de Producción.

FAO. 1976 Anuario de Producción.

FAO. 1981 Production Yearbook. 35:

FARAH, S.M. 1981 An examination of the effects of water stress on leaf growth of crops of field beans (*Vicia*

fabas L.). 1. Crop growth and yield. J. Agric. Sci., Camb. 96:327-336

FASHEUN, A. y DENNETT, M.D. 1982 Interception of radiation and growth efficiency in field beans (*Vicia faba* L.). Agric. Meteorol. 26:221-229

FERREIRA, L.G.R. 1974 The influence of mechanical stimulation on callose formation and axial translocation in *Vicia faba* L. Diss. Abstr. Internat. B. 35:2538

FINCH-SAVAGE, W.E. y ELSTON, J. 1977 The death of leaves in crops of field beans. Ann. Appl. Biol. 85:463-465

FOURNIER, P. 1961 Les quatre flores de la France. Editions Paul Lechevalier. Paris.

FRANCO, A.A. y VINCENT, J.M. 1976 Competition amongst rhizobial strains for the colonization and nodulation of two tropical legumes. Plant Soil. 45:27-48

FRANK, 1890 In ORIVE, R. y TEMPRANO, F. 1983 Simbiosis Rhizobium-Leguminosa. In Leguminosas Grano, Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

FRASER, J. y EATON, G.W. 1983 Applications of yield component analysis to crop research. Field Crop Abstracts. 36(10):787-797

FRIEDBERG, S.H. y DAVIDSON, D. 1971 Cell population studies in developing root primordia. Ann. Bot. 35:523-533

FRITZ, E. 1973 Microautoradiographic investigations on bidirectional translocation in the phloem of *Vicia faba*. Planta. 112:169-179

FRUWIRTH. 1921 In BURKART, A. 1952 Las leguminosas argentinas, silvestres y cultivadas. ACME Agency, Soc. de Resp. Ltda. Buenos Aires.

GARCIA DEL MORAL, L.F.; RAMOS, J.N. y RECALDE, L. 1985 Relationships between vegetative growth, grain yield and grain protein content in six winter barley cultivars. Canadian J. Plant. Sci. 65:523-532

GARCIA, R.L. y HANWAY, J.J. 1976 Foliar fertilization during the seeds-filling period. Agron. J. 68:653-657

GATES, P., SMITH, M.L., WHITE, G. y BOULTER, D. 1982 Reproductive physiology and yield stability in *Vicia faba* L. In the physiology, genetics and nodulation of temperate legumes. Ed. by D.R. Davies and D.G. Jones, Pitman Books, London, in press. :

GATES, P., YARWOOD, J.N., HARRIS, N., SMITH, M.L. y BOULTER, E. 1981 Cellular changes in the pedicel and peduncle during flower abscission in *Vicia faba*. In *Vicia faba*, physiology and breeding, world crops. Ed. by R. Thompson. Martinus Nijhoff, The Hague. 4:299-316

GEHRIGER, W. 1978 Influence de la temperature et de l'ecimage sur le developpement de la feverole (*Vicia faba* L.) et etude de la nutrition des fleurs en assimilats marques au 14C. These no. 6133. Ecole Polytechnique Federale, Zurich.

GEHRIGER, W. y KELLER, E.R. 1979a Influence de l'ecimage sur le developpement de la feverole (*Vicia faba* L.). Revue Suisse Agric. 11:215-219

GEHRIGER, W. y KELLER, E.R. 1979b Einfluss der soppens der triebe auf die versorgung der bluten bei der acherbohne (*Vicia faba* L.) mit 14C. Schweiz. Landw. Frosch. 18:59-80

GEHRIGER, W. y KELLER, E.R. 1980 Influence of topping of faba beans (*Vicia faba* L.) on their growth and on the supply of the flowers with 14 C. Fabis 2:33

GEHRIGER, W., BELLUCCI, S. y KELLER, E.R. 1979 Influence of decapitation and growth regulators on yield componentes and yield of *Vicia faba* L. In Some Current Research on *Vicia faba* in Western Europe. Ed. by D.A. Bond, G.T. Scarascia-Mugnozza and M.H. Poulsen. Commission of the Eur. Comm.

GEWAILY, E.M, KHEDER, A.K. 1985 Effect of nitrogen fertilization on symbiotic fixation and growth of broad bean. In Nitrogen fixation research progress. Edited by Evans, H.J.; Bottomley, P.J.; Newton, W.E. Martinus Nijhoff 691

GIBSON, A.H. 1971 Factors in the physical and biological environment affecting nodulation and nitrogen fixation by legumes. Plant Soil. Sp. Vol. :139-152

GIBSON, A.H. 1972 Consideration of the growing legume as a symbiotic association. Ind. Nat. Sci. Acad. Aym. New Delhi. :23-25

GIBSON, A.H. 1974 Consideration of the growing legume as a symbiotic association. Proc Ind. Natl. Sci. Acad. 40B:741-767

GIBSON, A.H. 1976a Recovery and compensation by nodulated legumes to environmental stress. In: Nutman PS (ed). Symbiotic nitrogen fixation in plants. Cambridge Univ. Press. Cambridge.

GIBSON, A.H. 1976b Limitation to dinitrogen fixation by legumes. In: Newton. W.E., Nyman, C.J. (eds). Proc 1st Int. Symp Nitrogen Fixation. Washington State Univ Press. Pullman.

GIBSON, A.H. 1977 The influence of the environment and managerial practices on the legume-Rhizobium symbiosis. In A Treatise on Dinitrogen Fixation. Section IV. Agronomy and Ecology. Ed. by R.W.F. Hardy and A.H. Gibson. John Wiley and Sons. New York. 393-450

GRAFIUS, J.E. 1978 Multiple characters and correlated response. Crop Sci.18:931-934

GRAMAN, J. 1972 The apical development of the broad bean from emergence to the beginning of flowering. Rostlinna Vyroba. 18:431-441

GRAMAN, J. 1981 The effect of reducing the number of flowers on yield formation in faba bean. Vysoké Skoly



Zemedelske v Praze Provozne Ekonomicke Fakulty v  
Ceskych Budejovicích. Rada Biologická. 19(1):71-86

GRASHOFF, C. 1981 De invloed van watestress op groei en  
ontwikkeling bij veldbonen. Onderzoeksrapport Centrum  
voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO). Wageningen. :31

GREENWOOD, H.N. 1959 Investigations into field beans by  
the NIAB. J1 R. agric. Soc. 120:70:77

GUINEA, E. 1953 Estudio botánico de las vezas y arvejas  
españolas. Instituto Nacional de Investigaciones  
Agronómicas. Ministerio de Agricultura. Madrid.

GUPTA, M. y MURTY, Y.S. 1985 Viability and longevity of  
pollen in *Vicia faba* L. Acta Botanica Indica.  
13(2):292-294

HALL, E.J., LATHJA, L.G. y CLOWES, F.A.L. 1962 The role  
of the quiescent centre in the recovery of *Vicia faba*  
roots from radiation. Radiat. Bot. 2:189-194

HAMISSA, M.R., ABDEL-SAMIE, M.E., EL-BANNA, E.A.,  
ABDEL-AZIZ, M.S., ABDEL-BARY, S. y ABDEL-MONEIM, M.I.  
1975 Response of bean plant (*Vicia faba*) to N, P y K.  
Agric. Res. Rev. 53:155-166

HANELT, P. 1972a Zur geschichte des anbaues von *Vicia  
faba* und ihrer verschiedenen formen. Die Kulturpflanze.  
20:209-223

HANELT, P. 1972b Die infraspezifische variabilitat von  
*Vicia faba* L. und ihrer gliederung. Die Kulturpflanze.  
20:75-128

HANWAY, J.J. y WEBER, C.R. 1971 Accumulation of N. P.  
and K by soybean (*Glycine max* L. merrill) plants.  
Agron. J. 63:406-408

HARDY, R.W.F. y HAVELKA, U.D. 1976 Photosynthate as a  
major factor limiting nitrogen-fixation by field-grown  
legumes with emphasis on soybeans. Symbiotic Nitrogen  
Fixation in Plants. :421-439



HARPER, J.L. y BENTON, R.A. 1966 The behaviour of seeds in soil. II. the germination of seeds on the surface of a water supplying substrate. J. Ecol. 54:151-166

HAVELKA, U.D. y HARDY, R.W.F. 1976 Legume N<sub>2</sub> fixation as problem in carbon nutrition. In: Proc. Inst. Int. Symp. on Nitrogen Fixation. (W.E. Newton and C.J. Nyman eds). Washington State University Press. 2:456-475

HEBBLETHWAITE, P.D. 1979 Production, marketing and utilization of the field bean (*Vicia faba* L.). MSc thesis, University College of North Wales.

HEBBLETHWAITE, P.D. y DAVIES, G.M. 1969 The production, marketing and utilization of the field bean (*Vicia faba* L.). RHM Publication, Dunmow.

HEBBLETHWAITE, P.D., HAWTIN, G.C. y LUTMAN, P.J.W. 1983 The husbandry of establishment and maintenance. In the Faba Bean - Hebblethwaite P.D. Edit. Butterworths. London 271-312

HEGI. 1506 In GUINEA, E. 1953 Estudio botánico de las vezas y arvejas españolas. Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas. Ministerio de Agricultura. Madrid.

HELLRIEGEL, H. y WILFARTH, H. 1888 Untersuchungen über die stickstoffnahrung der gramineen und leguminosen. Beilageheft Ztsch. r.f.a. Rubenzucker-Industrie.

HILL-COTTINGHAM, D.G. y LLOYD-JONES, C.P. 1979 The influence of nitrate supply on nitrogen fixation during growth of the field bean *Vicia faba* in sand. Physiologia Plant. 48:116-120

HODGESON, G.L. y BLACKMAN, G.E. 1957 An analysis of the influence of plant density on the growth of *Vicia faba*. II. The significance of competition for light in relation to plant development at different densities. J. Exp. Bot. 8:195-219

HOLL, F.B. y LA RUE, T.A. 1976 Genetic of legume plant hots. Int. Symp. Nitrogen Fixation. Washington.

HSU, P. y WALTON, P.D. 1971 Relationships between yield and its components and structures above the flag leaf node in spring wheat. *Crop Science*. 11:190:193

HUDD, G.A., LLOYD-JONES, C.P. y HILL-COTTINGHAM, D.G. 1980 Comparison of acetylene reduction and nitrogen-15 techniques for the determination of nitrogen fixation by field bean (*Vicia faba*) nodules. *Physiologia Plant* 48:111-115

HUFF, A. y DYBING, C.D. 1980 Factors affecting shedding of flowers in soybean (*Glycine max* (L). Merrill). *J. Exp. Bot.* 31:751-762

HUXLEY, D.M., BRINK, V.C. EATON, G.W. 1979 Seed yield components in white clover. *Canadian Journal of Plant Science*. 59:713-715

IBRAHIM, A.A., NASSIB, A.M. y EL-SHERBEENY, M. 1979 Production and improvement of grain legumes in Egypt. In food legume improvement and development. Ed by G.C. Hawtin and G.J. Chancellor. ICARDA-IDRC, IDRC-126e, Ottawa. :39-46

INGRAM, J. 1972 The effect of variety and plant spacing on the yield components of *Vicia faba* L. MPhil thesis, University of Nottingham.

INGRAM, J. 1976 The effects of plant density on varieties of winter beans (*Vicia faba*). *J. Natm. Inst. Agric. Bot.* 14:29-38

INGRAM, J. 1977 The effects of plant density on varieties of winter beans (*Vicia faba*). *J. natn. Inst. Agric. Bot.* 14:29-38

INGRAM, J. y HEBBLETHWAITE, P.D. 1976 Optimum economic seedrates in spring and autumn sown field beans. *Agric. Progress*. 51:27-32

ISHAG, H.M. 1973a Physiology of seed yield in field beans (*Vicia faba* L.). I. Yield and yield components. *J. agric. Sci., Camb.* 80:181-189

ISHAG, HM. 1973b Physiology of seed yield in field

beans (*Vicia faba* L.). II. Dry matter production. J. agric. Sci., Camb. 80:191-199

ISLAM, R. 1981 Screening of several strains of faba bean *Rhizobium* tolerant to moisture stress conditions. *Fabis*. 3:32-33

JACQUIERY, R. 1977 Etude de la chute des fruits chez la feverole (*Vicia faba* L.). Relations avec la disponibilite en assimilats marques au 14C. These no. 5893. L, Ecole Polytechnique Federale, Zurich. :

JACQUIERY, R. y KELLER, E.R. 1978a La chute des fruits chez la feverole (*Vicia faba* L.) en relation avec la disponibilite en assimilats marques au 14 C. *Revue Suisse Agric.* 10:123-127

JACQUIERY, R. y KELLER, E.R. 1978b Influence of the distribution of assimilates on pod set in field beans, *Vicia faba* L. Part I. *Angew. Bot.* 50:261-276

JACQUIERY, R. y KELLER, E.R. 1980 Influence of the distribution of assimilates on pod set in field beans *Vicia faba* L. Part II. *Angew. Bot.* 54:29-39

JANCZAR, W. 1983 Effect of number of stems and some other yield components on the seeds yields of two populations of horse beans (*Vicia faba* L. var. minor Beck). *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roslin.* 15:209-212

KAMBAL, A.E. 1969a Flower drop and fruit set in field beans. J. agric. Sci., Camb. 72:131-138

KAMBAL, A.E. 1969b Components of yield in field beans. J. agric. Sci., Camb. 72:359-363

KARAMANOS, A.J. 1978 Water stress and leaf growth of fieldbeans (*Vicia faba* L.) in the field: leaf number and total leaf area. *Ann. Bot.* 42:1393-1402

KARAMANOS, A.J., ELSTON, J. y WADWORTH, R.M. 1982 Water stress and leaf growth of field beans (*Vicia faba* L.) in the field: water potential and laminar expansio. *Ann. Bot.* 49:815-826

KELLER, E.R. y BURKHARD, J. 1981 Relationship between plant density and structure of yield in different growth types of *Vicia faba* L. In *Vicia faba: Physiology and breeding, world crops*. Ed. by R. Thompson. Martinus Nijhoff, The Hague. 4:244-255

KENDALL, M. 1975 Multivariate analysis. Charles Griffin and Co. London.

KIPPS, A.E. y BOULTER, D. 1973 Carbon transfer from the bloom node leaf to the fruit of *Vicia faba* L. *New Phytol.* 72:1292-1297

KIPPS, A.E. y BOULTER, D. 1974 Origins of the amino acids in pods and seeds of *Vicia faba* L. *New Phytol.* 73:675-684

KISLEV, M.E. 1985 Early Neolithic horse bean from Yiftah'el, Israel. *Science, USA.* 228(4697):319-320

KOGURE, K., NAKA, J. y ASANUMA, K. 1978 Behaviour of <sup>14</sup>C photosynthetic products during the reproductive growth in broad bean plant. *Tech. Bull. Fac. Agr. Kagawa Univ.* 30:1-8

KOLLÖFFEL, C. y STROBAND, H.J.W. 1973 Ornithine carbamyl transferase activity from the cotyledons of developing and germinating seeds of *Vicia faba*. *Phytochem.* 12:2635-2638

KRARUP, H.A. 1983 Dates of sowing and nitrogen application on yield of faba beans (*Vicia faba* L.). *Agro Sur.* 11(2):105-109

KUZNETSOV, V.S. y BEBIN, S.I. 1965 Agrobiological basis of topping in fodder beans. *Izv. timiryzev. sel'.-khov. Akad.* 1:100-109

LAWES, D.A. 1980 Recent developments in the understanding, improvement and use of *Vicia faba*. In *Advances in legume science*. Ed. by R.J. Summerfield and A.H. Bunting. HMSO, London. :625-636

LI, C.C. 1956 The concept of path coefficient and its impact on population genetics. *Biometrics*. 12:190-210

LIE, T.A. 1974 Environmental effects on nodulation and symbiotic nitrogen fixation. In *The biology of nitrogen fixation*. Ed. by A. Quispel. North Holland Publishing Co., Amsterdam. :555-582

LINNEO, 1753 In GUINEA, E. 1953 Estudio botánico de las vezas y arvejas españolas. Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas. Ministerio de Agricultura. Madrid.

LORD, E.M., HESLOP-HARRISON, Y. 1984 Pollen-stigma interaction in the Leguminosae: stigma organization and the breeding system in *Vicia faba* L. *Annals of Botany* 54(6):827-836

LUXOVA, M. y MURIN, A. 1973 The extent and differences in mitotic activity of the root tip of *Vicia faba* L. *Biol. Plant.* 15:37-43

LLUCH, C., LIGERO, F. y OLIVARES, J. 1984 Effect of nitrogen and sulphur application on ethylene evolution, nodulation rate and nitrogenase activity in alfalfa (*Medicago sativa* L.), plants inoculated with *Rhizobium meliloti*. In: 4th Congress of FESPP. Strasbourg, Abstracts books, Comun. P328 pp. 675-676

MAFF. 1966 A Report on Crop Husbandry Experiments 1965. Regional Experiments Committee (Agriculture) Working Party "A"-Crops and Grassland. NAAS, South East Region.

MAFF. 1967 A Report on Experiments, Studies and Surveys in Connection with Arable Crop Production in the South-East. Arable Crops Commodity Group. Regional Experiments Committee (Agriculture). NAAS South East Region.

MAGYAROSI, T. y SJODIN, J. 1976 Investigations of yield and yield components in field bean (*Vicia faba* L.) varieties with different ripening time. *Z. Pflanzenzuchth.* 77:13

MALSTROM, H.L. y SPARKS, D. 1973 Analysis of yield

components in mature trees of "Schley" pecan, *Carya illinoensis* Koch. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 98:496-500

MASON, D.T. y RATH, N. 1980 The relative importance of some yield components in East of Scotland stawberry plantations. *Annals of Applied Biology*. 95:399-405

Mc EWEN, J. 1970a Fertilizer nitrogen and growth regulators for field beans (*Vicia faba* L.). I. The effects of seed bed applications of large dressings of fertilizer nitrogen and the residual effects on following winter wheat. *J. Agric. Sci. Camb.* 74:61-66

Mc EWEN, J. 1970b Fertilizer nitrogen and growth regulators for fiel beans (*Vicia faba* L.). II. The effects of large dressings of fertilizer nitrogen, single and split applications and growth regulators. *J. Agric. Sci. Camb.* 74:67-72

Mc EWEN, J. 1972 Effect of defoliating different zones on the plants in field beans (*Vicia faba* L.) *J. Agric. Sci., Camb.* 78:487-490

Mc EWEN, J., BARDNER, R., BRIGGS, G.G., BROMILOW, R.H., COCKBAIN, J. DAY, J.M., FLETCHER, K.E., LEGG, B.J., ROUGHLEY, R.J., SALT, G.A., SIMPSON, H.R., WEBB, R.M., WITTY, J.F. y YEOMAN, D.P. 1981 The effects of irrigation, nitrogen fertiliser and the control of pests and pathogens on spring-sown field beans (*Vicia faba* L.) and residual effects on tio following winter wheat crops. *J. agric. Sci., Camb.* 96:129-150

Mc LEOD, R.D. 1976a The development of lateral root primordia in *Vicia faba* L. and their response to colchicine. *Ann. Bot.* 40:551-562

Mc LEOD, R.D. 1976b An analysis of cell proliferation in the apical meristem of lateral roots of *Vicia faba* L. *Ann. Bot.* 40:865-875

Mc LEOD, R.D. 1976c Growth of lateral root primordia in *Vicia faba* L. *New Phytol.* 76:143-151

Mc LEOD, R.D. 1976d Cell proliferation in, and

- development of, the apical meristem in elongating lateral roots of *Vicia faba* L. *New Phytol.* 77:747-755
- MILLERD, A. y WHITFIELD, P.R. 1973 DNA and RNA synthesis during the cell expansion phase of cotyledon development in *Vicia faba* L. *Plant Physiol.*, Lancaster. 51:1005-1010
- MILLET, B. 1974 Internode growth in broad bean (*Vicia faba* var. The Sutton): morphological and physiological aspects. *Physiologie Vegetale.* 12:435-448
- MINCHIN, F.R. y PATE, J.S. 1974 Diurnal functioning of the legume root nodule. *J. Exp. Bot.* 25:295-308
- MINCHIN, F.R., SUMMERFIELD, R.J., HADLEY, P., ROBERTS, E.G., y RAWSTHORNE, S. 1981 Carbon and nitrogen nutrition of nodulated roots of grain legumes. *Plant, Cell Env.* 4:5-26
- MOHAMED, A.K. 1985 Effect of sowing date, vidge direction, plant orientation and population on faba bean grain yield. *Fabis Newsletter.* 12:11-12
- MORENO, M.T. 1983 Las leguminosas de grano: una visión de conjunto. *Leguminosas grano.* In Cubero y Moreno. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- MUCHOW, R.C. 1979 Effects of plant population and season on kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) grown under irrigation in tropical Australia. I. Influence on the components of yield. *Field Crops Research.* 2:55-66
- MUNNS, D.N. 1968a Nodulation of *Medicago sativa* in solution culture II. Compensating effects of nitrate of prior nodulation. *Plant Soil.* 28:246-257
- MUNNS, D.N. 1968b Nodulation of *Medicago sativa* in solution culture. III. Effects of nitrate on root hairs and infection. *Plant Soil.* 29:33-47
- MUNNS, D.N. 1968c Nodulation of *Medicago sativa* in solution culture. I. Acid sensitive steps. *Plant Soil.* 28:129-146

- MUNNS, D.N. 1968d Nodulation of *Medicago sativa* in solution culture. IV. Effects of indole-3-acetate in relation to acidity and nitrate. *Plant Soil* 29:257-262
- MUNNS, D.N. 1977 Heterovalent cation exchange equilibria in soils with variable and heterogeneous charge. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40:841-845
- MUNTZ, K. 1973 The function of the pod in protein accumulation in seeds of *Vicia faba* L. 2. Occurrence of some hydrolases during pod development in *Vicia faba* L. *Biochem. Physiol. Pflanzen.* 164:370-382
- MUNTZ, K., SHALLDACH, I. y MANTEUFFEL, R. 1976 The function of the pod for protein storage in seeds of *Vicia faba* L. 4. Seed-dependent reactivation of stored starch from the pods. *Biochem. Physiol. Pflanzen.* 170:465-477
- MURATOVA, V.S. 1931 Common beans (*Vicia faba* L.). *Bull. appl. Bot. Genet. Pl. Breed. Suppl.* 50:285-298
- NAVARRO, G., GUERRA, L.M., CORPAS, T.F. y MAYORDOMO, R.A. 1985a Beans. Sowing density and row spacing. *Agricultura, Spain.* 54(631):122-124
- NICHIPOROVICH, A.A., NGUYEN, T.T. y ANDREEVA, T.F. 1972 Correlations between photosynthesis and some features of N metabolism in maize and *Vicia faba*. *Fiziologiya Rast.* 19:1066-1073
- NIEWIADOMSKI, W. y ZAWISLAK, K. 1983 The production of field beans in rotation and in monoculture in the light of 12-year experiments. *Roczniki Nauk Rolniczych, A (Produkcja Róslinna).* 105(4):145-160
- NUTMAN, P.S. 1952 Studies on the physiology of nodule formation III. Experiments on the excision of root tips and nodules. *Ann. Bot.* 16:79-101
- NUTMAN, P.S. 1959 Utilisation of nitrogen and its compounds by plants. Academic Press. New York. :42-58
- NUTMAN, P.S. 1965 Origin and development physiology of root nodules. In: *Encyclopedie of Plant Physiology.* (W.



Ruhland ed.) Springer-Verlag. Berlin and New York.  
:1355-1379

OGHOGHORIE, C.G.O. y PATE, J.S. 1971 The nitrate stress syndrome of the nodulated field pea (*Pisum arvense* L.). In: Lie, T.A., Mulder, E.G. (eds). Biological nitrogen fixation in natural and agricultural habitats. Martinus Nijhoff. The Hague.

OHWAKI, Y. y TSURUMI, S. 1976 Auxin transport and growth in intact roots of *Vicia faba*. *Plant Cell Physiol.*, Tokyo. 17:1329-1342

OLIVARES, J. 1977 Algunos aspectos de la asociación *Rhizobium*-leguminosa: Especificidad e Infectividad. In: Aspectos actuales de las relaciones huésped-parásito e intermicrobianas. Ed. A. Portolés y F. Baquero. *Sp. Es. Microbiol.* :305-314

OLIVARES, J., MARTIN, E. y RECALDE, L. 1982 The use of *Rhizobium*, sulphur and nitrogen in field experiments with *Vicia faba*. *Fabis* 4:29-30

OUTLAW, W.H.Jr. y FISHER, D.B. 1975 Compartmentation in *Vicia faba* leaves. 1. Kinetics of <sup>14</sup>C in the tissues following pulse labelling. *Plant Physiol.*, Lancaster. 55:699-703

OUTLAW, W.H.Jr., FISHER, D.B. y CHRISTY, A.L. 1975 Compartmentation in *Vicia faba* leaves. 2. Kinetics of <sup>14</sup>C-sucrose redistribution among individual tissues following pulse labelling. *Plant Physiol.*, Lancaster. 55:704-711

PACE, C. DE, GENG, S., FILIPPETTI, A. y RICCIARDI, L. 1985 Optimum time of day for maximum flower opening of faba bean. *Agronomy Journal*. 77(4):646-649

PANDEY, J. P. y TORRIE, J.H. 1973 Path coefficient analysis of seed yield components analysis of seed yield components in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). *Crop Science*. 13:505-507

PANIGRAHI, B.M. y AUDUS, J.L. 1966 Apical dominance in *Vicia faba*. *Ann. Bot.* 30:457-474

PATE, J.S. 1980 Transport and partitioning of nitrogenous solutos. Ann. Rev. Plant Physiol. 31:313-340

PATE, J.S. y DART, P.J. 1961 Nodulation studies in legumes. IV. The influence of inoculum strain and time of application of ammonium nitrate on symbiotic response. Plant Soil. 15:329-346

PEARSON, C.J. 1974 Daily changes in carbon-dioxide exchange and photosynthate translocation of leaves of *Vicia faba*. Planta. 119:59-70

PEARSON, K. 1905 Mathematical contribution to the theory of evolution - XIV on the general theory of skew correlation and non-linear regression. Draper's Co. Research Mem., Biom. Ser. 2:54

PEREZ PUJALTE, A. 1979 Mapa de suelos de la provincia de Granada. CSIC. Estación Experimental del Zaidin.

PEREZ PUJALTE, A. y PRIETO FERNANDEZ, P. 1980 Memoria explicativa de los mapas de suelos y vegetación de la provincia de Granada. Estación Experimental del Zaidín.

PHILLIPS, D.A. 1980 Efficiency of symbiotic nitrogen fixation in legumes. Ann. Rev. Plant Physiol. 31:29-49

PLANCQUAERT, P. 1978 Culture du pois et de la feverole Perspectives Agricoles. 13:24-35

POLHILL, R.M., VAN DER MAESEN, L.J.G. 1985 Taxonomy of grain legumes. Grain Legume Crops. Ed by R.J. Summerfield and E.H. Roberts. Collins Professional and Technical Books. London.

POMMER, G., BREUCH-MORITZ, M. y FINK, K. 1984 Effects of an improvement in light penetration in faba bean canopies through leaf removal on pod survival and yield. Zeitschrift für Acker'und Pflanzenbau 153(5):352-365

PORTER, N.G. 1977 The role of abscisic acid in flower abscission in *Lupinus luteus* L. Physiol. Plant 40:50-54

POULSEN, M.H. 1975 Pollination, seed setting, cross fertilisation and imbreeding in *Vicia faba* L. Z. Pflanzenzuchth. 74:97-118

POULSEN, M.H. y KNUDSEN, J.C.N. 1980 Fabis 2:26-28

QUI, C.Y. 1984 A preliminary study on factors affecting podding of *Vicia faba*. Zhejiang Agricultural Science 6:312-314

RICHARDS, J.E. y SOPER, R.J. 1979 Effect of N fertilizer on yield, protein content and symbiotic nitrogen fixation in faba beans. Agron. J. 71:807-811

RICHARDS, J.E. y SOPER, R.J. 1982 N fertilization of field-grown faba beans in Manitoba. Can. J. Soil Sci. 62:21-30

ROGAN, P.G. y SIMON, E.W. 1975 Root growth and the onset of mitosis in germinating *Vicia faba*. New Phytol. 74:273-275

ROTHAMSTED EXPERIMENTAL STATION. 1964 Spring bans, row spacing, seed rates and methods of fertilizer application. Numerical results of field experiments. 64/BC/1.1, 1.2.

ROUGHLEY, R.J., DART, P.J., NUTMAN, P.S. y RODRIGUEZ-BARRUECO, C. 1970 The influence of root temperature on root hair infection of *Trifolium subterraneum* L. by *Rhizobium trifolii* Dang. In: Proc. 11th. Int. Grassl Congr. Surfers Paradise. :

ROUGHLEY, R.J., SPRENT, J.I. y DAY, J.M. 1983 Nitrogen Fixation. In Faba bean (*Vicia faba* L.). Ed. P.D.Hebblethwaite. Butterworths. London.

ROWLAND, G.G. y GUSTA, L.V. 1977 Effects of soaking, seed moisture content, temperature and seed leakage on germination of faba beans (*Vicia faba*) and peas (*Pisum sativum*). Can. J. Plant Sci. 57:401-406

ROWLAND, G.G., BOND, D.A. y PARKER, M.L. 1983 Estimates of frequency of fertilisation in faba beans (*Vicia faba*

L.). J. Agric. Sci., Camb. 100:25-33

RYLE, G.J.A., ARNOTT, R.A. y POWELL, C.E. 1981 Distribution of dry weight between root and shoot in white clover dependent on N<sub>2</sub> fixation or utilizing abundant nitrate nitrogen. Plant and Soil. 60:29-39

RYLE, G.J.A., POWELL, C.E. y GORDON, A.J. 1978 Effect of source of nitrogen on the growth of Fiskeby soybean: the carbon economy of whole plants. Ann. Bot. 42:637-648

SALE, P.J.M. 1977 Net carbon exchange rates of field-grown crops in relation to irradiance and dry weight accumulation. Aust. J. Plant Physiol. 4:555-569

SALIH, F.A. 1981a Effect of nitrogen and phosphorus fertilization on faba bean in the northern part of Sudan. Fabis 3:41-42

SALIH, F.A. 1981b A review of the effects of seed rate and plant population on grain yield of faba bean in Sudan. Fabis. 3:44-46

SALIH, F.A. 1985 The effect of plant population and plant orientation on faba bean yield at Shambat area of the Sudan. Fabis Newsletter. 13:28-29

SAXENA, M. y WASSIMI, N. 1980 A fertilizer response study of faba beans in Northern Syria. Fabis. 2:31-32

SAXENA, M.C. 1982 Physiological aspects of adaptation in *Vicia faba*. In Faba Bean Improvement Proceedings of the International Faba Bean Conference, Cairo, March 7-11. 1981. pp 145-159. Ed by Geoffrey Hawtin and Colin Webb. International Center for Agricultural Research in Dry Areas (ICARDA). Aleppo. Syria. Published by Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk, for the ICARDA/IFAD Nile Valley Project.

SCHRÖDER, P. 1985 Influence of climate and soil suction pressure on water consumption, growth and yield of faba beans. II. Experiments in growth chambers under controlled environments. Zeitschrift für Acker-und Planzēnbau. 154(4):232-242

SCHLESIER, G. y MUNTZ, K. 1974 The function of the pod at protein storage in seeds of *Vicia faba* L. 3. Nitrate reductase in developing pods and seeds of Leguminosae. *Biochem. Physiol. Pflanzen.* 166:87-93

SCHWINGHAMER, E.A. 1977 Genetic aspects of nodulation and nitrogen fixation by legumes: the microsymbiont. In: A treatise on dinitrogen fixation. R.W.F. Hardy and W.S. Silver eds. Section III. Wiley. New York. :577-622

SEBOK, P.M. y NAGY, Z. 1969 An irrigating regime for *Vicia faba* cultures. *Field Crop Abs.no.*4999 24:

SHAFSHAK, S.E., EL-DEBABY, A.S., SALEM, M.S., ROSHDY, A. y GOMMAA, M.R. 1984 Effect of preceding summer crops on the succeeding winter legume crops: clover, field bean and lentil. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor.* 21(1):187-200

SHAWA, A., EATON, G.W. y BOWEN, P.A. 1981 Cranberry yield components in Washington and British Columbia. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 106:474-477

SINCLAIR, T.R. y DE WIT, C.T. 1975 Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. *Science, N.Y.* 189:565-567

SINCLAIR, T.R. y DE WIT, C.T. 1976 Analysis of the carbon and nitrogen limitations to soybean yield. *Agron. J.* 68:319-324

SIRKS 1932. In BURKART, A. 1952 Las leguminosas argentinas, silvestres y cultivadas. ACME Agency, Soc. de Resp. Ltda. Buenos Aires.

SJÖDIN, J. 1971 Induced morphological variation in *Vicia faba* L. *Hereditas* 67: 155-180

SJÖDIN, J., LOFQVIST, B., MUNCK, L. y HOLMBERG, E. 1972 Experiments on cultivation technique in field beans (*Vicia faba* L.). *Sveriges Utsadesforenings Tidskr.* 82:37-47

SLOGER, C., BEZDICEK, D., MILBERG, R. y BOOKERD, N. 1975 Seasonal and diurnal variations in  $N_2$  ( $C_2H_2$ )-fixing activity in field soybeans. In: Nitrogen fixation by free living microorganism. Stewart, W.D.P. ed.. London. Cambridge. Univ. Press. :271-284

SMALL, J.G. y LEONARD, O.A. 1969 Translocation of  $C^{14}$  labelled photosynthate in nodulated legumes as influenced by nitrate nitrogen. Am. J. Bot. 56:187-194

SMITH, M.L. 1982 Factors affecting flower abscission in field beans (*Vicia faba* L. minor). PhD thesis, University of Durham.

SPRENT, J.I. 1971 The effects of water stress on nitrogen-fixing root nodules I. Effects on the physiology of detached soybean nodules. New Phytol. 70:9-17

SPRENT, J.I. y BRADFORD, A.M. 1977 Nitrogen fixation in field beans (*Vicia faba*) as affected by population density, shading and its relationship with soil moisture. J. Agric. Sci. 88:303-310

SPRENT, J.I., BRADFORD, A.M. y NORTON, C. 1977 Seasonal growth patterns in field beans (*Vicia faba*) as affected by population density, shading and its relationship with soil moisture. J. Agric. Sci., Camb. 88:293-301

SPRENT, J.I. y MINCHIN, F.R. 1985 Rhizobium, nodulation and nitrogen fixation. In Grain Legume Crops. Ed. by R.J. Summerfield and E.h. Roberts. Collins Professional and Technical Books. London.

STEPHENSON, A.G. 1981 Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. A. Rev. Ecol. Systemat. 12:253-279

STODDARD, F.L. 1986a Pollination and fertilization in comercial crops of field beans (*Vicia faba* L.). Journal of Agricultural Science, U.K. 106(1):89-97

STODDARD, F.L. 1986b Autofertility and bee visitation in winter and spring genotypes of faba beans (*Vicia faba* L.). Plant Breeding 97(2):171-182

STODDARD, F.L. 1986c Effects of irrigation, plant density and genotype on pollination, fertilization and seed development in spring field beans (*Vicia faba* L.). *Journal of Agricultural Science, U.K.* 107(2):347-355

STREETER, J.G. 1974 Growth of two soybean shoots on a single root. *J. Exp. Bot.* 25:189-198

TAKHTAJAN, A.L. 1980 Outline of the classification of flowering plants (Magnoliophyta). *Bot. Rev. New York.* 46:225-359

TAMAKI, K. y NAKA, J. 1958 Physiological studies of the growing process of broad bean plants. II. On the relations between the variations of chemical components in the tops and roots. *Proc. Crop Sci. Soc., Japan.* 27:97-98

TAMAKI, K. y NAKA, J. 1959 Physiological studies of the growing process of broad bean plants. I. On the variations of chemical components in various organs of the tops during the growing period. *Tech. Bull. Fac. Agric. Kagawa Univ.* 11:13-18

TAMAKI, K. y NAKA, J. 1972 Physiological studies of the growing process of broad bean plants. V. Effects of shading on the growth and the chemical components in the various organs. *Tech. Bull. Fac. Agric. Kagawa Univ.* 23:157-166

TANNER, J.W. y ANDERSON, I.C. 1964 External effect of combined nitrogen on nodulation. *Plant Physiol.* 39:1039-1043

TAO, Z.X. 1981 Faba bean production and research in China. *Fabis* 3:24-25

TAYLOR, J.D., DAY, J.M. y DUDLEY, C.L. 1981 Rhizobium inoculation of dwarf beans. In *Plant Breeding Institute Annual Report for 1980.* :77-78

THOMPSON, R. 1979 Crop growth and partition of assimilates in field bean (*Vicia faba*): responses to elimination of some major constraints. In some current

research on *Vicia faba* in Western Europe. Commission of the Eur. Comm., EUR 6244 EN. :407  
420

THOMPSON, R. y TAYLOR, H. 1977 Yield components and cultivar sowing date and density in field beans (*Vicia faba*). Ann. Appl. Biol. 86:313-320

THOMPSON, R. y TAYLOR, H. 1981 Factors limiting growth and yield of *Vicia faba*. In Proceedings: EEC Seminar, *Vicia faba*: Physiology and Breeding, 1981, Wageningen. Ed. by R. Thompson. Martinus Nijhoff and Commission of Eur. Comm. :34-45

THOMPSON, R. y TAYLOR, H. 1982 Prospects for *Vicia faba* L. in northern Europe. Outlook on Agriculture. 11:127-133

VIGUE, J.T., HARPER, J.E., HAGEMAN, R.H. y PETERS, D.B. 1977 Nodulation of soybean grown by hydroponically on urea. Corp. Sci. 71:169-172

VINCENT, J.M. 1974 Root-nodule symbiosis with *Rhizobium*. In: The biology of nitrogen fixation. Ed. A. Quispel-North-Holland Pbl., Amsterdam. :265-341

WALTON, P.D. 1971 The use of factor analysis in determining characters for yield selection in wheat. Euphytica. 20:416-421

WATSON, A.M. 1980 Food Legumes in Marocco. ICARDA, mimeo. :49

WHEELER, C.T. y BOULTER, D. 1967 Nucleic acids of developing seeds of *Vicia faba* L. J. Exp. Bot. 18:229-240

WHITE, J. 1979 The plant as a metapopulation. Am. Rev. Ecol System. 10:109-145

WILSON, P.W., FRED, E.B. y SALMON, M.R. 1933 Relation between carbon dioxide and elemental nitrogen assimilation in leguminous plants. Soil Sc. 35:145-163



WITTY, J.F. DAY, J.M. y EWENS MARGOT, M. 1981 Foliar feed experiments. In Rothamsted Experimental Station Annual Report for 1980. Pt. 1. :207

WITTY, J.F., ROUGHLEY, R.J. y DAY, J.M. 1980a Effect of plant spacing and soil application of aldicab on nitrogen fixation by spring-sown field beans (*Vicia faba* L.). *J. Agric. Sci. Camb.* 94:203-208

WITTY, J.F., ROUGHLEY, R.J. y DAY, J.M. 1980b Reduction of yield of *Vicia faba* by foliar fertilization during the seed-filling period. *J. Agric. Sci. Camb.* 94:741-743

WONG, P.P. 1980 Nitrate and carbohydrate effect on nodulation and nitrogen fixation (acetylene reduction) activity of lentils (*Lens sculenta* Moencn). *Plant Physiol.* 66:78-81

WORLEY, S., CULP, T.W. y HARRELL, D.C. 1974 The relative contributions of yield components to lint yield of upland cotton, *Gossypium hirsutum* L. *Euphytica.* 23:399-403

WRIGHT, S. 1921 Correlation and causation *J. Agric. Res.* 20:557-558

WRIGHT, S. 1923 Theory of path coefficients. *Genetics.* 8:239-255

YAS, A.M. y EATON, G.W. 1982 Effect of cotton-grass on the yield components of cranberry. *Scientia Horticulturae,* 18:125-129