

**MORLA, FEDERICO DANIEL**

*Como las especies y los pines de la familia de las coníferas se generan de modo cíclico:*

75213

2016

**75218**



*Universidad Nacional de Río Cuarto  
Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales.*

Tesis para acceder al título de  
Doctor en Ciencias Biológicas

**Dinámica espacial y temporal de la partición de biomasa en genotipos  
de maní de diferente porte y patrón de ramificación**

Ing. Agr. Federico Daniel Morla

Director: Ing. Agr. MSc. Oscar Giayetto

Co-Directora: Ing. Agr. Dra. Elena M. Fernandez


*Río Cuarto, Córdoba, Argentina  
Junio de 2016*

T-1041	
Classif:	
MFN:	


75215

## COMISIÓN ASESORA Y JURADO


Dra. Adriana G. Kantolic      Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA)

Firma:  ..... Aclaración: *Adriana G. Kantolic* .....

Dr. Daniel J. Collino      Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales (IFRGV) - INTA

Firma:  ..... Aclaración: *DANIEL COLLINO* .....

Dr. Roberto H. Rizzalli      Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP) y EEA-INTA Balcarce

Firma:  ..... Aclaración: *Roberto Rizzalli* .....

## DEFENSA ORAL Y PÚBLICA

**LUGAR:**      Universidad Nacional de Río Cuarto - Río Cuarto - Córdoba – Argentina

**FECHA:**      Miércoles, 22 de junio de 2016

**CALIFICACIÓN:** *Sobresaliente* .....



### Primera descripción del maní

*"Del maní q. es otra fruta y mantenimiento ordinario que tienen los indios en esta isla Española. Una fruta tienen los indios en esta ysla Española q se dize maní; la ql. ellos siembran y cojen y les es muy ordinaria planta en sus huertas; y es tamaña' como piñones con cáscara; y tienenla ellos por sana; pero los cristianos poco se curan della; sino son hombres bajos y muchachos y esclavos y gente que no perdona su gusto a cosa alguna. Es de mediocre sabor y no de substancia; pero es muy ordinaria a los indios; y ayta en grande cantidad en esta ysla y otras."*

Gonzalo Hernández de Oviedo y Valdés (1478-1557), en su *"Historia General y Natural de las Indias, Islas y Tierra Firme del Mar Océano"*, Oviedo menciona expresamente al maní en el Libro 7 *"De la agricultura"*, capítulo V (fol. LXXV)

*Dedicatoria*

*A mi hija,  
Ana Sofia*

*A mi compañera,  
Cecilia*

*A mi madre,  
Susana*

## *Agradecimientos*

Quisiera agradecer, en la finalización de esta Tesis Doctoral, a todas aquellas personas que me han acompañado y facilitado su apoyo, consejo y ánimo a lo largo de este proceso, sin las cuales no hubiera sido posible lograr este anhelado objetivo.

En primer lugar agradecer a mi director de tesis Oscar Giayetto, no sólo por ofrecerme sus valiosos conocimientos y experiencia, sino también por animarme y alentarme en cada una de las fases de la elaboración de este trabajo, en mi formación como docente e investigador y principalmente por su amistad.

A mi co-directora Elena Fernandez que me dio todo su apoyo, ayuda y buena predisposición en todo momento. Aun cuando su tiempo era acotado siempre estuvo durante los años de elaboración de esta tesis.

Mi más sincero agradecimiento para mi amigo Guillermo Cerioni por abrirme las puertas de este maravilloso mundo científico académico y por toda su ayuda durante la realización de mi trabajo de tesis. Recuerdo todavía, aquellas frías tardes de julio en las que entre “pasada y pasada” de cosechadora hablábamos sobre esto.

Hago extensivos estos agradecimientos a todos los que me dieron una mano con el trabajo de campo. Por suerte fueron muchos y por mala suerte puedo llegar a olvidar alguno. A todos los compañeros y amigos de la cátedra de Cultivos Oleaginosos y Ecofisiología que se han convertido en grandes amigos con el pasar de los años Marcelo Kearney, María Belén Rosso y María Gabriela Violante quienes estuvieron mano a mano ayudándome en la realización de mi trabajo de tesis, por su valiosísima colaboración y compañerismo durante estos años.

Igualmente a los alumnos ayudantes, hoy ingenieros Diego Della Mea y Miguel Gomez, por su colaboración valiosa en la recolección de los datos durante los hermosos días de verano que pasaron junto a mí dentro del laboratorio. Gracias por su entusiasmo y buena disposición.

A los miembros de la comisión asesora de esta tesis Dra. Adriana Kantolic, Dr. Daniel Collino y Dr. Roberto Rizzalli, por el interés que han puesto en este trabajo de investigación, por todas las importantes sugerencias aportadas y la valiosa discusión que mantuvimos durante la elaboración de este trabajo de tesis. Un recuerdo especial para la Dra. Adriana Marinelli quien fuese también miembro de la comisión asesora de esta tesis.

Agradezco al CONICET y Ministerio de Ciencia y Tecnología de la provincia de Córdoba por otorgarme el financiamiento a través de la beca que me permitió realizar mi carrera de doctorado. A la Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Río Cuarto por permitirme realizar este doctorado, y a la Facultad de Agronomía y Veterinaria por brindarme el espacio físico y humano para su realización.

Además, me gustaría darles las gracias a todos los que no estuvieron directamente involucrados en la tesis, pero que me acompañaron durante toda esta etapa. Un agradecimiento especial a mis padres Susana y Franco, por su eterna entrega y porque han sido una indudable referencia y guía durante estos años. Espero continuar sus pasos. También un agradecimiento enorme a mis hermanos que siempre estuvieron y estarán a mi lado.

Por último a mi compañera de la vida, Cecilia, por su apoyo incondicional, paciencia, comprensión, cariño y sentido del humor. Por la ilusión las ganas y la paciencia con las que has esperado que terminara la “bendita” tesis. Confío poder acompañarte yo ahora en tus proyectos tal como lo has hecho conmigo. Seguimos caminando juntos.

¡Gracias!

*Resumen*

**Dinámica espacial y temporal de la partición de biomasa en genotipos de maní de diferente porte y patrón de ramificación**

El rendimiento del cultivo de maní depende de la capacidad de acumular biomasa en los órganos cosechables. El maní es de hábito de crecimiento marcadamente indeterminado, por lo que durante su ciclo reproductivo, diferentes destinos compiten por los asimilados que produce la planta. Presenta variaciones temporales y espaciales en la producción de frutos, que cambian con el porte y patrón de ramificación de los tipos botánicos de maní cultivados. El objetivo de esta tesis fue describir el proceso y cuantificar espacial y temporalmente la partición de biomasa en las distintas categorías de ramificación durante el crecimiento de cultivares de maní con diferente porte y grado de ramificación. Se realizaron ensayos experimentales a campo (3 ciclos agrícolas), donde se combinaron efectos de: (i) genotipos representativos de cada tipo botánico (Granoleico y Utre), y validación con otros cultivares, 6 runner y 8 tipo Español; (ii) fecha de siembra; y (iii) tratamientos de sombreo en diferentes momentos del periodo de definición del rendimiento. La combinación de fecha de siembra y el ciclo de los cultivares modificaron la ubicación del período crítico y la cantidad de recursos capturados, modificándose el desarrollo y crecimiento del cultivo, por cambios que suceden en respuesta a la temperatura y radiación, y que se reflejan en el patrón de producción de biomasa y su partición a los diferentes órganos de la planta. Se caracterizaron las contribuciones relativas de cada categoría de rama al rendimiento, explicadas por los distintos periodos o ventanas de generación del número y peso de frutos. Estos periodos difieren entre los tipos botánicos de maní, y las ramas de mayor contribución al rendimiento ( $n+1cot$ , otras  $n+1$  y  $n+2cot$ ) tienen, un inicio más temprano, mayores tasas de aparición y crecimiento de frutos y mayor duración de esas ventanas respecto a las ramas de menor importancia. No se encontraron diferencias en las condiciones ambientales (radiación y temperatura) a las que se expuso el cultivo durante las ventanas de generación en las diferentes categorías de ramas, ya que esos periodos, en las ramas de mayor importancia, están solapados temporalmente. Si, hubo

una partición ( $p$ ) diferencial entre las distintas ramas, definida por la fuerza de los destinos (número y peso de frutos) que, a su vez, es mayor en las ramas que definen más temprano los componentes del rendimiento. Esto, les otorga una ventaja comparativa respecto a las ramas de desarrollo posterior. Esta jerarquía de ramas queda definida desde el crecimiento de los frutos (R4). El estrés por sombreo afectó a todas las ramas de ambos cultivares, y también a nivel de planta entera, sin que se pudiese determinar un efecto diferencial sobre alguna rama en particular, tanto en el crecimiento como en la partición. Tampoco modificó la jerarquía de cada tipo de rama en su contribución al rendimiento. Contrariamente a lo esperado, todas las categorías de rama mostraron una limitación por destinos durante el periodo de formación de los frutos, al igual que lo observado para la planta entera, sin diferencias relativas al grado de indeterminación, porte y patrón de ramificación de los genotipos analizados.

**Palabras Clave:** maní, *Arachis hypogaea* L., patrón de ramificación, porte, hábito de crecimiento indeterminado, rendimiento, tipos botánicos, partición de biomasa, variación espacial y temporal.



*Summary*

**Spatial and temporal dynamics of biomass partitioning in peanut genotypes with different growth habit and branching pattern**

Peanut crop yield depends on the ability the plant has to accumulate biomass in the harvestable organs. Peanuts have a markedly indeterminate growth and as a consequence, during the reproductive stage, different sinks compete for assimilates produced by the plant. It exhibits temporal and spatial variation in pod production, which, in turn, change with the growth habit and branching pattern of the different cultivated peanuts botanical types. The objective of this thesis was to describe the process and quantify spatial and temporal biomass partitioning in the different branch categories during the growth of peanut cultivars with different growth habit and degree of branching. Experimental fields (3 growing seasons) were carried out combining: (i) genotypes representing each botanical type (Granoleico and Utre), and validation with other cultivars, 6 runner type and 8 Spanish type; (ii) sowing date; and (iii) shade treatments at different moments of the yield definition period. The combination of sowing date and cultivar cycle changed the moment of the occurrence of the critical period and the amount of resources captured, hence modifying the crop development and growth. Changes in response to temperature and radiation were reflected in the pattern adopted by biomass production and in its partition to different plant organs. The relative contribution of each branch category to yield, explained by the different periods or windows of pod number and pod weight determination, were characterized. These periods differ among peanut botanical types, thence branches with greater contribution to yield ( $n + 1cot$ , other  $n + 1$  and  $n + 2cot$ ), due to an earlier onset, have higher pod appearance rates and growth and the time lapse in which those phenomena occurred was longer compared to minor branches. No differences were found concerning the impact of the environmental conditions (radiation and temperature) to which the crop was exposed during the generation windows on the different branch categories since those periods, in the most important branches, are overlapped temporarily. There was a differential partition ( $p$ ) between different branches defined by the sink strength (pods number and weight) which, in turn, is higher in branches defining its yield components

earlier. This is a comparative advantage over branches with later development. This hierarchy of branches is defined from the pod growth stage (R4) onwards. Shade stress affected all branches of both cultivars and also had an impact at the whole plant level without any determinable differential effect on any particular branch, both in terms of growth and partition. Nor was modified the hierarchy of each branch type in its contribution to yield determination. Contrary to what was expected, all branch categories showed a sink limitation during the pod formation period, likewise was observed for the whole plant, with no differences regarding degree of indeterminacy, growth habit and branching pattern of the genotypes analyzed in the present thesis.

**Keywords:** peanut, *Arachis hypogaea* L., branching pattern, growth habits, indeterminate growth, pod yield, botanical types, biomass partitioning, temporal and spatial variation.



## *Índice General*

Dedicatoria.....	III
Agradecimientos .....	IV
Resumen.....	VI
Summary .....	VIII
Índice General.....	X
Índice de Tablas.....	XIII
Índice de Figuras.....	XVI
Publicaciones Derivadas del trabajo de tesis .....	XXIII
CAPÍTULO I .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.1 Producción e Importancia Económica del Cultivo .....	1
1.1.2 Taxonomía y Clasificación.....	2
1.1.3 Rendimiento y Partición en función del porte y patrón de ramificación.....	7
1.1.4 OBJETIVOS.....	10
CAPÍTULO II .....	13
ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE DOS CULTIVARES DE MANÍ EN FUNCIÓN DE LA FECHA DE SIEMBRA .....	13
2.1 INTRODUCCIÓN .....	13
2.2 MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
2.2.1 Descripción del sitio experimental .....	17
2.2.2 Descripción del ensayo experimental.....	18
2.2.3 Riego.....	20
2.2.4 Cultivo antecesor y labores culturales .....	20
2.2.5 Control de malezas .....	21
2.2.6 Control de insectos y enfermedades .....	21
2.2.7 Observaciones y determinaciones .....	22
2.2.8 Análisis e interpretación de los resultados .....	25
2.3 RESULTADOS.....	26

2.4 DISCUSIÓN .....	50
2.5 CONCLUSIONES .....	57
CAPÍTULO III.....	59
DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA ENTRE CATEGORÍAS DE RAMAS Y SU CONTRIBUCIÓN AL RENDIMIENTO EN GENOTIPOS DE MANÍ CON DIFERENTE PORTE Y PATRÓN DE RAMIFICACIÓN .....	59
3.1 INTRODUCCIÓN .....	59
3.2 MATERIALES y MÉTODOS .....	62
3.2.1 Descripción de los ensayos experimentales .....	62
3.2.3 Mediciones y estimaciones realizadas.....	63
3.3 RESULTADOS.....	64
3.3.1 Rendimiento de frutos .....	64
3.3.2 Partición de biomasa.....	66
3.3.3 Distribución de número y peso de frutos.....	69
3.3.4 Índice de cosecha.....	76
3.3.5 Patrón de distribución temporal de la biomasa total .....	77
3.3.6 Patrón de la partición temporal de biomasa a frutos .....	81
3.4 DISCUSIÓN .....	83
3.5 CONCLUSIONES .....	87
CAPÍTULO IV .....	90
ANÁLISIS TEMPORAL DE LA PRODUCCIÓN DE FRUTOS EN DISTINTAS CATEGORÍAS DE RAMAS EN GENOTIPOS DE MANÍ CON DIFERENTE PORTE Y PATRÓN DE RAMIFICACIÓN.....	90
4.1 INTRODUCCIÓN .....	90
4.2 MATERIALES Y MÉTODOS .....	92
4.2.1 Análisis e interpretación de los resultados .....	95
4.3 RESULTADOS.....	96
4.4 DISCUSIÓN .....	111
4.5 CONCLUSIONES .....	113
CAPITULO V.....	116
ESTRÉS POR SOMBREO EN LAS ETAPAS DE DEFINICIÓN DEL NÚMERO Y PESO DE FRUTOS EN GENOTIPOS DE MANÍ CON DIFERENTES PATRONES DE RAMIFICACIÓN .....	116

5.1 INTRODUCCIÓN .....	116
5.2 MATERIALES Y MÉTODOS .....	118
5.2.1 Descripción del Ensayo Experimental.....	118
5.2.2 Observaciones y Mediciones .....	119
5.2.3 Análisis Estadísticos .....	120
5.3 RESULTADOS.....	120
5.4 DISCUSIÓN .....	135
5.5 CONCLUSIONES .....	140
CAPÍTULO VI .....	142
RELACIONES FUENTE-DESTINO DE LAS DIFERENTES CATEGORÍAS DE RAMAS EN CULTIVARES DE MANÍ CON DIFERENTE PORTE Y PATRÓN DE RAMIFICACIÓN .....	142
6.1 INTRODUCCIÓN .....	142
6.2 MATERIALES Y MÉTODOS .....	145
6.2.1 Descripción del ensayo experimental .....	145
6.2.2 Mediciones y Determinaciones .....	146
6.2.3 Análisis Estadísticos .....	147
6.3 RESULTADOS.....	148
6.4 DISCUSIÓN .....	160
6.5 CONCLUSIONES .....	165
CAPÍTULO VII .....	167
SINTESIS DE RESULTADOS .....	167
Consideraciones Finales .....	169
CAPÍTULO VIII.....	173
BIBLIOGRAFIA.....	173

## Índice de Tablas

<b>Tabla 2.1.</b> Temperatura media del aire, radiación fotosintéticamente activa incidente (RFAinc) y cociente fotothermal (Q) durante las etapas fenológicas de siembra a floración (S-R1), floración a inicio de llenado de granos (R1-R5), llenado de granos a madurez de cosecha (R5-R8) y ciclo completo (S-R8) de los cultivares de maní (Utre y Granoleico) en las fechas de siembra y los ciclos experimentales analizados. ....	29
<b>Tabla 2.2:</b> Duración en días (D) y °Cd (TT) de las etapas de siembra a floración (S-R1), floración a inicio de llenado de grano (R1-R5), llenado de granos (R5-R8) y ciclo total (S-R8) de los cultivares Utre y Granoleico en función de la fecha de siembra y el ciclo experimental analizado. ....	31
<b>Tabla 2.3:</b> Componentes numéricos directos e indirectos del rendimiento de frutos de los cultivares de maní Granoleico y Utre en función de la fecha de siembra en los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. ....	46
<b>Tabla 3.1:</b> Componentes numéricos directos e indirectos del rendimiento de cultivares de maní tipo runner y Español (Exp.2). ....	67
<b>Tabla 3.2:</b> Número de frutos por planta distribuidos en cada categoría de rama en los cultivares Granoleico y Utre para tres fechas de siembra y dos ciclos experimentales Exp1). ....	70
<b>Tabla 3.3:</b> Peso de frutos por planta distribuidos en cada categoría de rama en los cultivares Granoleico y Utre para tres fechas de siembra y dos ciclos experimentales Exp1). ....	71
<b>Tabla 3.4:</b> Índice de cosecha promedio de los cultivares Granoleico y Utre (Exp1) y de los tipos comerciales runner y Español y sus respectivos genotipos (Exp2) para la planta entera y las categorías de ramificación estudiadas. ....	77
<b>Tabla 4.1:</b> Número de frutos totales por planta a madurez de cosecha en las diferentes categorías de ramificación, según el cultivar, la fecha de siembra y el ciclo experimental. ....	96
<b>Tabla 4.2:</b> Peso de frutos totales (g) por planta a madurez de cosecha en las diferentes categorías de ramificación según el cultivar, la fecha de siembra y el ciclo experimental. ....	97

<b>Tabla 4.3.</b> Inicio, final, duración ( $^{\circ}\text{Cd}$ ) y tasa de aparición de frutos (fruto planta-1 $^{\circ}\text{Cd}$ -1) durante el período de crecimiento lineal de cada categoría de rama y número final de frutos alcanzado en Granoleico y Utre. Valores promedio de las tres fechas de siembra en cada ciclo experimental. ....	101
<b>Tabla 4.4.</b> Inicio, final, duración ( $^{\circ}\text{Cd}$ ) y tasa de crecimiento de los frutos (g planta-1 $^{\circ}\text{Cd}$ -1) durante el período de crecimiento lineal de cada categoría de rama y peso final de frutos alcanzado en Granoleico y Utre. Valores promedio de las tres fechas de siembra en cada ciclo experimental. ....	105
<b>Tabla 4.5:</b> Correlaciones del número de total frutos con tasa, inicio, fin (tiempo térmico desde la siembra) y duración de los períodos de aparición de frutos en cada categoría de rama, cultivar y ciclo experimental. Promedio de las fechas de siembra.....	106
<b>Tabla 4.6:</b> Correlaciones del peso individual de frutos con tasa, inicio, fin (tiempo térmico desde la siembra) y duración de los períodos de crecimiento de frutos en cada categoría de rama, cultivar y ciclo experimental. Promedio de las fechas de siembra.....	106
<b>Tabla 4.7:</b> Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi), temperatura media (Temp media), tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y factor de partición (p) de cada categoría de rama durante los respectivos períodos de definición del número de frutos. ....	108
<b>Tabla 4.8:</b> Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi), temperatura media (Temp. media), tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y factor de partición (p) de cada categoría de rama durante los respectivos períodos de definición del peso de frutos. ....	109
<b>Tabla 4.9:</b> Correlación entre el número de frutos y la TCC, temperatura media, RFAi y el p durante el respectivo período de definición de ese componente del rendimiento. Promedio de las fechas de siembra.....	110
<b>Tabla 4.10:</b> Correlación entre el peso de frutos y la TCC, temperatura media, RFAi y el p durante el respectivo período de definición de ese componente del rendimiento, Promedio de las fechas de siembra.....	110

<b>Tabla 5.1.</b> Componentes directos e indirectos del rendimiento de los cultivares Granoleico y Utre, en los tratamientos de sombreado y sus respectivos controles para la 1° y 3° fecha de siembra.....	128
<b>Tabla 5.2.</b> Biomasa total del tallo <i>n</i> y las categorías de ramas de los cultivares Granoleico y Urte en los tratamientos de sombreado y control de ambas fechas de siembra. ....	128
<b>Tabla 5.3.</b> Índice de cosecha del tallo <i>n</i> y las categorías de ramas de los cultivares Granoleico y Urte en los tratamientos de sombreado y control de ambas fechas de siembra.....	128
<b>Tabla 5.4.</b> Contribucion al rendimiento del tallo <i>n</i> y las categorías de ramas de los cultivares Granoleico y Urte en los tratamientos de sombreado y control de ambas fechas de siembra. ....	128



## Índice de Figuras

<b>Figura 1-1</b> Representación de una planta de maní tipo runner <i>Arachis hypogaea</i> L. subsp. <i>hypogaea</i> cv. “Florman INTA”. En estado vegetativo (A y B), floración (C) y formación y llenado de frutos (D y E). Extraído de Kraus et al. (1996) con permiso de los autores. ....	4
<b>Figura 1-2</b> Representación de una planta de maní tipo Valencia, <i>Arachis hypogaea</i> L. subsp. <i>fastigiata</i> var. <i>vulgaris</i> cv. “Colorado Irradiado INTA”. En estado vegetativo (A y B), floración (C) y formación y llenado de frutos (D y E). Extraído de Kraus et al. (1996).....	5
<b>Figura 2.1.</b> Esquema general del ensayo experimental para ambos ciclos experimentales. Todas las dimensiones indicadas en el esquema están en metros. ....	19
<b>Figura 2.2:</b> Dinámica temporal de la radiación fotosintéticamente activa incidente (RFAinc), temperatura media del aire y cociente fototermal (Q) durante la estación de crecimiento del cultivo de maní para un año promedio de la serie histórica (1974/2013) y los ciclos experimentales (2009/10 y 2010/11). Las líneas horizontales representan el ciclo del cultivo de maní según las diferentes fechas de siembra. ....	27
<b>Figura 2.3:</b> Acumulación de biomasa aérea (peso seco por planta) y sus órganos componentes (hojas, tallos y frutos) en función del tiempo térmico desde la siembra del cultivar Utre en las tres fechas de siembra: 1º (a y d), 2º (b y e), y 3º (c y f), y los dos ciclos experimentales: 2009/10 y 2010/11. Las flechas indican el inicio del periodo crítico (comienzo de formación de frutos, etapa R3). ....	32
<b>Figura 2.4:</b> Acumulación de biomasa aérea (peso seco por planta) y sus órganos componentes (hojas, tallos y frutos) en función del tiempo térmico desde la siembra del cultivar Granoleico en las tres fechas de siembra: 1º (a y d), 2º (b y e), y 3º (c y f), y los dos ciclos experimentales: 2009/10 y 2010/11. Las flechas indican el inicio del periodo crítico (comienzo de formación de frutos, etapa R3). ....	33
<b>Figura 2.5:</b> Distribución porcentual de la materia seca en cada órgano (hoja, tallo/ramas y frutos) de la planta del cultivar Utre en función al tiempo térmico (°C día) desde la siembra, según 1º	

(A y D), 2° (B y E), y 3° (C y F) fecha de siembra, durante los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11.....	35
<b>Figura 2.6:</b> Distribución porcentual de la materia seca en cada órgano (hoja, tallo/ramas y frutos) de la planta del cultivar Granoleico en función al tiempo térmico (°Cdía) desde la siembra, según 1° (A y D), 2° (B y E), y 3° (C y F) fecha de siembra, durante los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. ....	36
<b>Figura 2.7:</b> Factor de partición de materia seca a frutos de los cultivares Granoleico y Utre en función del tiempo térmico (°Cdía) desde la siembra, según fecha de siembra y ciclo experimental.....	37
<b>Figura 2.8:</b> Dinámica temporal de la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) de Utre en función del tiempo térmico después de la siembra (°Cd), para las tres fechas de siembra y ambos ciclos experimentales 2009/10 (A) y 2010/11 (B). ....	38
<b>Figura 2.9:</b> Dinámica temporal de la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) de Granoleico en función del tiempo térmico después de la siembra (°Cd), para las tres fechas de siembra y ambos ciclos experimentales 2009/10 (A) y 2010/11 (B). ....	38
<b>Figura 2.10:</b> Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa incidente en función del tiempo térmico después de la emergencia para los cultivares Granoleico (A y C) y Utre (B y D), sembrados en diferentes fechas de siembra durante los ciclos experimentales 2009/10 (A y B) y 2010/11 (C y D). Las flechas indican inicio del periodo crítico, comienzo de formación de frutos (R3), para cada fecha de siembra. ....	40
<b>Figura 2.11:</b> Relación entre la biomasa aérea acumulada y la RFA interceptada a lo largo del ciclo de los cultivares Utre (A y C) y Granoleico (B y D) para las campañas agrícolas 2009/10 (A y B) y 2010/11 (C y D). La pendiente de la función lineal representa la eficiencia de uso de la radiación (EUR) fotosintéticamente activa interceptada.....	41
<b>Figura 2.12.</b> Rendimiento de frutos promedio de ambos cultivares en cada fecha de siembra (A), y de cada cultivar (Granoleico y Utre) en función de las fechas de siembra evaluadas (B), para el ciclo experimental 2009/10.....	42
<b>Figura 2.13.</b> Rendimiento de frutos promedio de ambos cultivares en cada fecha de siembra (A), y de cada cultivar	



(Granoleico y Utre) en función de las fechas de siembra evaluadas (B), para el ciclo experimental 2010/11.....	43
<b>Figura 2.14.</b> Relación entre el rendimiento de frutos de ambos cultivares y sus componentes directos, número de frutos m <sup>-2</sup> y peso de 100 frutos (g), en los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. ....	45
<b>Figura 2.15.</b> Índice de cosecha promedios de ambos cultivares en cada fecha de siembra evaluada, y de las fechas de siembra de cada cultivar (Granoleico y Utre), en los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. ....	47
<b>Figura 2.16.</b> Rendimiento confitería (%) de los cultivares Granoleico y Utre en función de las fechas de siembra evaluadas en los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. ....	48
<b>Figura 2.17.</b> Composición granométrica (%) de los cultivares Granoleico y Utre en función de las fechas de siembra evaluadas en los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. ....	49
<b>Figura 3.1:</b> Rendimiento de frutos (kg ha <sup>-1</sup> ) de los cultivares tipos runner (A) y español (B) y sus respectivos valores promedios (Exp2). Las barras verticales indican el desvío estándar. ....	65
<b>Figura 3.2:</b> Distribución relativa de la materia seca al tallo <i>n</i> y las cinco categorías de ramas analizadas. Valores promedio de los cultivares tipos runner y español. Las barras verticales indican el desvío estándar. ....	68
<b>Figura 3.3:</b> Contribución relativa al rendimiento de frutos de cada categoría de rama para el cultivar Granoleico según su fecha de siembra durante los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. Para cada categoría de rama: † <i>p</i> <0,05; †† <i>p</i> <0,005 y NS no significativo según test LSD de Fisher( $\alpha$ <0,05). ....	72
<b>Figura 3.4:</b> Contribución relativa al rendimiento de frutos de cada categoría de rama para el cultivar Utre según su fecha de siembra durante los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. Para cada categoría de rama: † <i>p</i> <0,05; †† <i>p</i> <0,005 y NS no significativo según test LSD de Fisher( $\alpha$ <0,05). ....	73
<b>Figura 3.5:</b> Contribución relativa al rendimiento de frutos de cada categoría de rama para los cultivares de maní tipos runner más Granoleico (A) y Español más Utre (B). Para cada tipo botánico y categoría de rama: † <i>p</i> <0,05; †† <i>p</i> <0,005 y NS no significativo según test LSD de Fisher( $\alpha$ <0,05). ....	74

<b>Figura 3.6:</b> Contribución relativa al rendimiento de frutos de cada categoría de rama para los cultivares de maní tipo runner (Exp2) y el promedio de las diferentes FS y ciclos experimentales de Granoleico (Exp1) (A) y tipo español (Exp2) y el promedio de las diferentes FS y ciclos experimentales de Utre (Exp1) (B). Para cada tipo botánico y categoría de rama: † $p < 0,05$ ; †† $p < 0,005$ y NS no significativo según test LSD de Fisher( $\alpha < 0,05$ ). .....	75
<b>Figura 3.7:</b> Biomasa total acumulada en cada categoría de ramificación en función al tiempo térmico ( $^{\circ}\text{Cdía}$ ) desde la siembra ( $T_b=10,3^{\circ}\text{C}$ ) en el cultivar Granoleico y Utre, promedio para las tres fechas de siembra de los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. Las barras verticales indican el desvío estándar. ....	78
<b>Figura 3.8:</b> Distribución relativa de la biomasa total a cada categoría de ramificación en función del tiempo térmico ( $^{\circ}\text{Cd}$ ) desde la siembra ( $T_b=10,3^{\circ}\text{C}$ ) en el cultivar Utre, promedios de tres fechas de siembra de los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. Las flechas indican el comienzo de la formación de frutos (R3) y los números sobre ellas la fecha de siembra. Las barras verticales indican el desvío estándar. ....	79
<b>Figura 3.9:</b> Distribución relativa de la biomasa total a cada categoría de ramificación en función del tiempo térmico ( $^{\circ}\text{Cd}$ ) desde la siembra ( $T_b=10,3^{\circ}\text{C}$ ) en el cultivar Granoleico, promedios de tres fechas de siembra de los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. Las flechas indican el comienzo de la formación de frutos (R3) y los números sobre ellas la fecha de siembra. Las barras verticales indican el desvío estándar. ....	80
<b>Figura 3.10:</b> Partición de biomasa a frutos en cada categoría de ramificación en función del tiempo térmico ( $^{\circ}\text{Cdía}$ ) desde la siembra ( $T_b=10,3^{\circ}\text{C}$ ) en el cultivar Granoelico y Utre, promedio para las tres fechas de siembra de los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. Las barras verticales indican el desvío estándar. ....	82
<b>Figura 4.1:</b> Relación bilineal del número de frutos por categoría de rama en función del tiempo térmico ( $^{\circ}\text{Cd}$ ) después de la siembra ( $T_b: 10,3^{\circ}\text{C}$ ) para el cultivar Granoleico. Promedio de tres fechas de siembra para los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. ....	99

<b>Figura 4.2:</b> Relación bilineal del número de frutos por categoría de rama en función del tiempo térmico (°Cd) después de la siembra (Tb: 10,3°C) para el cultivar Utre. Promedio de tres fechas de siembra para los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. ....	100
<b>Figura 4.3:</b> Relación bilineal del peso de frutos (g) por categoría de rama en función del tiempo térmico (°Cd) después de la siembra (Tb: 10,3°C) para el cultivar Granoleico. Promedio de tres fechas de siembra para los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. ....	103
<b>Figura 4.4:</b> Relación bilineal del peso de frutos (g) por categoría de rama en función del tiempo térmico (°Cd) después de la siembra (Tb: 10,3°C) para el cultivar Utre. Promedio de tres fechas de siembra para los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. ....	104
<b>Figura 5.1a.</b> Número y peso de frutos de los cultivares Utre y Granoleico por planta y para cada categoría de ramificación en la primera fecha de siembra en función del tiempo térmico desde la siembra. Las líneas horizontales en el gráfico representan la duración de los períodos de sombreo. ....	122
<b>Figura 5.1b.</b> Número y peso de frutos de los cultivares Utre y Granoleico por planta y para cada categoría de ramificación en la tercera fecha de siembra en función del tiempo térmico desde la siembra. Las líneas horizontales en el gráfico representan la duración de los períodos de sombreo. ....	123
<b>Figura 5.2.</b> Biomasa aérea total por planta de los cultivares Utre y Granoleico en la 1° y 3° fecha de siembra, para los tratamientos control y sombreo en función del tiempo térmico (Tb=10,3°C) después de la siembra. ....	124
<b>Figura 5.3.</b> Biomasa de frutos por planta de los cultivares Utre y Granoleico para la 1° y 3° fecha de siembra, en los tratamientos control y sombreo en función del tiempo térmico (Tb=10,3°C) después de la siembra. ....	125
<b>Figura 5.4.</b> Partición de biomasa a frutos de los cultivares Utre y Granoleico sembrados en la 1° y 3° fecha de siembra para los tratamientos control y de sombreos, en función del tiempo térmico después de la siembra. ....	126

<b>Figura 5.5.</b> Rendimiento de frutos de los cultivares Granoleico y Utre en el control y los tratamientos de sombreo para ambas fechas de siembra.....	127
<b>Figura 5.6.</b> Rendimiento confitería (porcentaje de granos de tamaño superior a 7,5 mm) de los cultivares Granoleico y Utre en el control y los tratamientos de sombreo, para ambas fechas de siembra.....	1299
<b>Figura 5.7.</b> Relaciones entre el rendimiento de frutos y el número de frutos por superficie de los cultivares Granoleico y Utre en el control y los tratamientos de sombreo para ambas fechas de siembra.....	130
<b>Figura 5.8.</b> Rendimiento de frutos de los cultivares Granoleico y Utre en el control y los tratamientos de sombreo para ambas fechas de siembra en función al peso individual de un fruto (g).....	131
<b>Figura 5.9.</b> Relaciones entre el rendimiento de frutos de los cultivares Granoleico y Utre en los tratamientos de sombreo y control para ambas fechas de siembra, y la radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi) y acumulada por el cultivo durante el periodo reproductivo (R1-R8).....	132
<b>Figura 6.1:</b> Peso individual de un fruto (g) en función del número de frutos maduros por planta (frutos $pl^{-1}$ ) para los cultivares Granoleico y Utre en tres fechas de siembra y dos ciclos experimentales. Las líneas punteadas representan isocuantas de rendimiento (g $pl^{-1}$ ).....	149
<b>Figura 6.2:</b> Peso individual de un fruto (g) en función del número de frutos maduros por planta (frutos $pl^{-1}$ ) para los cultivares Granoleico y Utre en dos fechas de siembra y los tratamientos de sombreo durante el ciclo experimental 2010/11. Las líneas punteadas representan isocuantas de rendimiento (g $pl^{-1}$ ).....	150
<b>Figura 6.3:</b> Peso individual de un fruto (g) en función del número de frutos maduros por planta (frutos $pl^{-1}$ ) para los cultivares tipo runner y Español durante el ciclo experimental 2011/12. Las líneas punteadas representan isocuantas de rendimiento (g $pl^{-1}$ ).....	151
<b>Figura 6.4:</b> Peso individual de un fruto (g) en función del número de frutos maduros por planta (frutos $pl^{-1}$ ) localizadas en diferentes categorías de rama del cultivar Utre en tres fechas de siembra, dos ciclos experimentales y los tratamientos de	

sombreo (ciclo 2010/11). Las líneas punteadas representan isocuantas de rendimiento ( $\text{g pl}^{-1}$ ).....	153
<b>Figura 6.5:</b> Peso individual de un fruto (g) en función del número de frutos maduros por planta ( $\text{frutos pl}^{-1}$ ) localizadas en diferentes categorías de rama del cultivar Utre en tres fechas de siembra, dos ciclos experimentales y los tratamientos de sombreado (ciclo 2010/11). Las líneas punteadas representan isocuantas de rendimiento ( $\text{g pl}^{-1}$ ).....	154
<b>Figura 6.6:</b> Peso individual de un fruto (g) en función del número de frutos maduros por planta ( $\text{frutos pl}^{-1}$ ) localizadas en diferentes categorías de rama de los cultivares tipo runner durante el ciclo experimental 2011/12. Las líneas punteadas representan isocuantas de rendimiento ( $\text{g pl}^{-1}$ ).....	155
<b>Figura 6.7:</b> Peso individual de un fruto (g) en función del número de frutos maduros por planta ( $\text{frutos pl}^{-1}$ ) localizadas en diferentes categorías de rama de los cultivares tipo Español durante el ciclo experimental 2011/12. Las líneas punteadas representan isocuantas de rendimiento ( $\text{g pl}^{-1}$ ).....	156
<b>Figura 6.8:</b> Peso individual de un fruto (g) en función de la relación fuente-destino (RFD) entre R3/4 y R8 para los cultivares Granoleico y Utre en tres fechas de siembra en dos ciclos experimentales y los tratamientos de sombreado (ciclo 2010/11). 1° FS círculos; 2° FS triángulos; y 3° FS cuadrados. Ciclo experimental 2009/10 símbolos vacíos; 2010/11 símbolos llenos. Símbolos mitad llenos, tratamientos de sombreado.....	157
<b>Figura 6.9:</b> Peso individual de un fruto (g) en función de la relación fuente-destino (RFD) entre R3/4 y R8 para los cultivares Granoleico y Utre. Cada símbolo es la media de tres fechas de siembra, en dos ciclos experimentales y los tratamientos de sombreado (ciclo 2010/11).....	158
<b>Figura 6.10:</b> Área foliar media asignada por fruto maduro durante la fase lineal de crecimiento en las diferentes categorías de rama y la planta entera de los cultivares Utre y Granoleico en las tres fechas de siembra (durante el ciclo 2010/11).....	159

**Publicaciones Derivadas del trabajo de tesis**

En revistas con referato: 3

En revistas con referato – Resúmenes: 5

Presentaciones a reuniones Científicas Internacionales: 6

Presentaciones a reuniones Científicas Nacionales: 9

**Capítulo II**

ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE DOS CULTIVARES DE  
MANÍ EN FUNCIÓN DE LA FECHA DE SIEMBRA

En revistas con referato:

- Giayetto O., E.M. Fernandez, G.A. Cerioni, **F.D. Morla**, M.B. Rosso, M.I.T. Kearney, M.G. Violante. 2012. Cambios en el rendimiento y la calidad comercial de dos cultivares de maní debido a variaciones de la fecha de siembra, temperatura y radiación. *Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales*. 3: 237 - 243.

En revistas con referato - Resúmenes

- Cerliani C., O. Giayetto, EM. Fernandez, GA. Cerioni, **FD. Morla**, MB. Rosso, MIT. Kearney, MG. Violante. 2012. Sowing date and peanut genotypes on RUE and their variables. *Biocell*. Vol.36 (2): 51.

Presentaciones a reuniones Científicas Internacionales.

- **Morla, FD**; Giayetto, O; Cerioni, GA; Fernandez, EM y MIT Kearney. 2013. Fecha de siembra en maní: I. Intercepción, eficiencia de uso de la radiación y partición de materia seca. *II Workshop Internacional de Ecofisiología de Cultivos aplicada al estudio de la determinación del rendimiento y la calidad de los cultivos de granos*. INTA - FAUBA - UNMP Mar del Plata, Bs.As. , Argentina.
- **Morla, FD**; Giayetto, O; Cerioni, GA; Fernandez, EM y MIT Kearney. 2013. Fecha de siembra en maní: II. Tasa de crecimiento; rendimiento y calidad comercial. *II Workshop Internacional de Ecofisiología de Cultivos aplicada al estudio de la*



determinación del rendimiento y la calidad de los cultivos de granos. INTA - FAUBA - UNMP Mar del Plata, Bs. As. , Argentina.

Presentaciones a reuniones Científicas Nacionales.

- **Morla F.D.**; Cerioni G.A.; Cavigliasso M.D.; Giayetto O.; Fernandez E.M.; Kearney M.I.T. y Prack McCormick I. 2013. Fecha de siembra y temperatura del suelo, sobre la emergencia, rendimiento y calidad de maní. XXVIII Jornada Nacional del Maní. INTA - CIA Cabrera. General Cabrera, Córdoba, Argentina.
- Giayetto O., E.M. Fernandez, G.A. Cerioni, **F.D. Morla**, M.B. Rosso, M.I.T. Kearney, M.G. Violante. 2011. Efecto de la fecha de siembra sobre variables ambientales, rendimiento y calidad de dos genotipos de maní. XXVI Jornada Nacional del Maní. INTA – CIA. General Cabrera, Córdoba.
- Cerliani C., O. Giayetto, E.M. Fernandez, G.A. Cerioni, **F.D. Morla**, M.B. Rosso, M.I.T. Kearney, M.G. Violante. 2011. Fechas de siembra y genotipos de maní sobre la EUR y las variables que la definen. XXVIII Jornadas Científicas. Asociación de Biología de Tucumán. Tafí del Valle. Tucumán.
- Giayetto O., E.M. Fernandez, G.A. Cerioni, **F.D. Morla**, M.B. Rosso, M.I.T. Kearney, M.G. Violante. 2010. Efectos de fecha de siembra y ciclos de cultivares sobre rendimiento y calidad de dos genotipos de maní. XXV Jornada Nacional de Maní. CIA – INTA. General Cabrera, Córdoba.

### Capítulo III

#### DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA ENTRE CATEGORÍAS DE RAMAS Y SU CONTRIBUCIÓN AL RENDIMIENTO EN GENOTIPOS DE MANÍ CON DIFERENTE PORTE Y PATRÓN DE RAMIFICACIÓN

En revistas con referato - Resúmenes

- **Morla F.D.**, Giayetto O., Fernandez E.M., Cerioni G.A. 2011. Peanut pod production in genotypes with different growth habit and branching pattern. *Biocell*. Volumen 35 (3): 98.

Presentaciones a reuniones Científicas Internacionales.

- **Morla F.D.**; Giayetto O.; Fernandez E.M.; Cerioni G.A.; Kearney M.; Rosso M.B. y M.G. Violante. 2011. Partición de biomasa en cultivares de maní (*Arachis hypogaea* L.) de diferente porte y patrón de ramificación. *XIII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal e XIV Reunião Latinoamericana de Fisiologia Vegetal*. Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal. Búsios, RJ. Brasil.

Presentaciones a reuniones Científicas Nacionales.

- **Morla F.D.**, O. Giayetto, E.M. Fernandez, G.A. Cerioni, M.B. Rosso, M.I.T. Kearney, M.G. Violante. 2012. Distribución de biomasa en categorías de ramas según genotipos de maní. *XXVII Jornada Nacional del Maní*. INTA – CIA. General Cabrera, Córdoba Argentina.
- **Morla F.D.**, Giayetto O., Fernandez E.M., Cerioni G.A. 2011. Producción de frutos de maní de genotipos con diferentes hábitos de crecimiento y patrón de ramificación. Libro de Resúmenes. Jornada. *2º Reunión Conjunta de Sociedades de Biología de la República Argentina*. Sociedades de Biología de la República Argentina. San Juan Capital.

## Capítulo IV

### ANÁLISIS TEMPORAL DE LA PRODUCCIÓN DE FRUTOS EN DISTINTAS CATEGORÍAS DE RAMAS PARA GENOTIPOS DE MANÍ CON DIFERENTE PORTE Y PATRÓN DE RAMIFICACIÓN

En revistas con referato:

- Giayetto O., **F. D. Morla**, E. M. Fernandez, G. A. Cerioni, M. Kearney, M. B. Rosso, and M. G. Violante (2013) Temporal Analysis of Branches Pod Production in Peanut (*Arachis hypogaea*) Genotypes with Different Growth Habits and Branching Patterns. *Peanut Science*: Vol. 40, No. 1, pp. 8-14. doi: <http://dx.doi.org/10.3146/PS12-10.1>

En revistas con referato - Resúmenes

- **Morla F.D.**; Giayetto O.; Fernandez E.M.; Cerioni G.A.; Kearney M.; Rosso M.B. y M.G. Violante. 2011. Partición de biomasa en cultivares de maní (*Arachis*



hypogaea L.) de diferente porte y patrón de ramificación. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. Volumen 23. Pág. 182-183.

Presentaciones a reuniones Científicas Internacionales.

- Giayetto o., E.M. Fernandez, G.A. Cerioni, **F.D. Morla**, M.B. Rosso, M.I.T. Kearney y M.G. Violante. 2010. Análisis de crecimiento y evolución del índice de cosecha de maní (*Arachis hypogaea* L.). V Conferencia Internacional de Leguminosas; VII Encuentro Internacional de Arachis. Sociedad Argentina de Botánica. Buenos Aires, Argentina.

## Capítulo V

### ESTRÉS POR SOMBREO EN LAS ETAPAS DE DEFINICIÓN DEL NÚMERO Y PESO DE FRUTOS EN GENOTIPOS DE MANÍ CON DIFERENTES PATRONES DE RAMIFICACIÓN

En revistas con referato:

- **Morla F.D.**, O. Giayetto, E.M. Fernandez, G.A. Cerioni, M.B. Rosso, M.I.T. Kearney, M.G. Violante, C. Cerliani. 2012. Estrés lumínico en maní sobre crecimiento, partición, rendimiento y sus componentes, y la calidad comercial. *Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales*. 3: 294 - 298.

En revistas con referato - Resúmenes

- **Morla F.D.**, O. Giayetto, E.M. Fernandez, G.A. Cerioni, MB. Rosso, M. Kearney, M.G. Violante, C. Cerliani. 2012. Shade in peanut genotypes. I. Effect on growth and partitioning. *Biocell*. Volumen 36 (2): 62.
- Giayetto O., EM. Fernandez, GA. Cerioni, **FD. Morla**, MB. Rosso, MIT. Kearney, MG. Violante, C. Cerliani. 2012. Shade in peanut genotypes. II. Effects on yield components and market quality. *Biocell*. Volumen 36 (2): 63.

Presentaciones a reuniones Científicas Internacionales.

- **Morla F.D.**, O. Giayetto, G.A. Cerioni and E.M. Fernandez. 2015. Shade effects on growth and pod yield of different branch categories in peanut. 47th Annual

Meeting of the American Peanut Research and Education Society (APRES).  
Charleston, SC – USA.

Presentaciones a reuniones Científicas Nacionales.

- **F.D. Morla**, O. Giayetto, E.M. Fernandez, G.A. Cerioni, M.B. Rosso, M.I.T. Kearney, M.G. Violante, C. Cerliani. 2011. Sombreo en cultivares de maní. I Efectos sobre crecimiento y partición. XXVIII Jornadas Científicas. Asociación de Biología de Tucumán. Tañ del Valle. Tucumán.
- Giayetto O., E.M. Fernandez, G.A. Cerioni, **F.D. Morla**, M.B. Rosso, M.I.T. Kearney, M.G. Violante, C. Cerliani. 2011. Sombreo en cultivares de maní. II Efectos sobre el rendimiento, sus componentes y la calidad comercial del cultivo. XXVIII Jornadas Científicas. Asociación de Biología de Tucumán. Tañ del Valle. Tucumán.

## Capítulo VI

### RELACIONES FUENTE-DESTINO DE LAS DIFERENTES CATEGORÍAS DE RAMAS EN CULTIVARES DE MANÍ CON DIFERENTE PORTE Y PATRÓN DE RAMIFICACIÓN

Presentaciones a reuniones Científicas Internacionales.

- **Morla F.D.**, O. Giayetto, G.A. Cerioni and E.M. Fernandez. 2015. Source-Sink ratio among different branches categories in peanut. 47th Annual Meeting of the American Peanut Research and Education Society (APRES). Charleston, SC – USA.

Presentaciones a reuniones Científicas Nacionales.

- **Morla F.D.**, O. Giayetto, E.M. Fernandez, G.A. Cerioni, M.B. Rosso, M.I.T. Kearney, M.G. Violante, C. Cerliani. 2012. Relación fuente-destino de las categorías de ramas en cultivares de maní de diferente porte y patrón de ramificación. XXVII Jornada Nacional del Maní. INTA – CIA. General Cabrera, Córdoba Argentina.

# *Capítulo I*

## CAPÍTULO I

### 1.1 INTRODUCCIÓN

#### 1.1.1 Producción e Importancia Económica del Cultivo

El maní (*Arachis hypogaea* L.) es uno de los principales cultivos oleaginosos a nivel mundial. Según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, ocupa el quinto lugar en la producción de aceite vegetal entre los nueve principales cultivos de semillas oleaginosas (USDA, 2015), y es el de mayor importancia en las regiones tropicales y subtropicales del mundo.

El maní se cultiva en todas las regiones subtropicales y templadas del mundo en la franja latitudinal entre los 40° de latitud Norte y los 40° de latitud Sur (Prasad *et al.*, 2010). Se cultiva en todos los continentes, pero la mayoría de la superficie se localiza en Asia, África, América del Sur y América del Norte. Actualmente China e India representan más de la mitad de la producción mundial de maní (39 millones de toneladas métricas), China produce 16,5 MTon e India 4,8 MTon. Estados Unidos es el tercer productor mundial con 2,4 MTon, seguido por Nigeria (3 MTon), Argentina (1,2 MTon) e Indonesia (1,1 MTon) (USDA, 2015). El rendimiento de frutos varía en los diferentes países productores de maní (Dwivedi *et al.*, 2007), para el actual ciclo agrícola (2014/2015) el rango varió de 380 kg ha<sup>-1</sup> en África a 4400 kg ha<sup>-1</sup> en Estados Unidos, y el promedio mundial fue de 1,69 t ha<sup>-1</sup> (USDA, 2015). En Argentina los rendimientos para este mismo ciclo fueron de 2,86 t ha<sup>-1</sup> y el rendimiento medio del último quinquenio fue de 2,63 t ha<sup>-1</sup> (SIIA, 2015).

A diferencia de China, India, Nigeria, Brasil, Senegal y otras regiones que producen maní de baja calidad, Argentina y Estados Unidos compiten en el mercado mundial con maní de alta calidad para consumo humano (Cámara Argentina del Maní,

2013). Así, Argentina se ha consolidado como el mayor exportador mundial de maní tipo confitería en los últimos años (SIIA, 2015).

Aproximadamente, el 90% de la producción nacional se concentra en la región centro-sur de la provincia de Córdoba donde, además, se lleva a cabo su procesamiento industrial y comercialización, conformando así una cadena agroalimentaria con características de economía regional. De allí su marcada incidencia en el desarrollo socio-económico provincial.

Botánicamente el fruto de maní es una legumbre pero comercialmente se lo considera tanto un cultivo oleaginoso, por el elevado contenido de aceite de sus semillas, como una nuez en el marco del comercio internacional junto con las avellanas, castañas, pistachos y otras nueces. En Argentina se produce e industrializa maní apto para confitería (consumo directo y base para la elaboración de otros productos -*Snaks*, manteca, pasta, grana, aceite, harina de maní-) constituyendo un producto alimenticio con un importante agregado de valor; razón por la que no se lo considera estrictamente un *commodity*. Sólo los granos de baja calidad (granos pequeños o con diferentes tipos de daño) son destinados a molienda para la elaboración de aceite (Casini *et al.*, 2002).

### 1.1.2 Taxonomía y Clasificación

El maní es una planta de crecimiento anual, perteneciente al género *Arachis*, de la familia *Fabaceae*, tribu *Aeschynomeneae*, subtribu *Stylanthinae*. *Arachis hypogaea* L. es la única especie domesticada del género (Krapovickas y Gregory, 1994). El centro primario de diversidad de la especie es la región del Chaco, entre el sur de Bolivia y noroeste de Argentina (Stalker, 1997; Tillman y Stalker, 2009).

Es de hábito de crecimiento marcadamente indeterminado, cuyas subespecies *hypogaea* y *fastigiata* son las de mayor importancia en la producción del cultivo (Stalker, 1997), de tal manera que la mayoría de los cultivares que se siembran pertenecen a alguna de ellas (Bunting y Elston, 1980).

Ambas subespecies poseen ramificaciones primarias, denominadas  $n+1$ , que nacen del eje o tallo principal ( $n$ ) y se diferencian en aquellas que nacen de las axilas de los cotiledones ( $n+1$  cotiledonares) y las que provienen de yemas axilares ubicadas en los nudos por encima del nudo cotiledonar del eje principal  $n$  (otras  $n+1$ ). Las yemas

vegetativas de las ramas  $n+1$  (cotiledonares y otras) producen ramificaciones secundarias ( $n+2$ ), que se dividen también en  $n+2$  cotiledonares y otras  $n+2$ . Estas ramas también pueden, eventualmente, dar origen a ramas orden terciario ( $n+3$ ) (Bungting y Elston, 1980; Shashidhar *et al.*, 1986; Stalker, 1997).

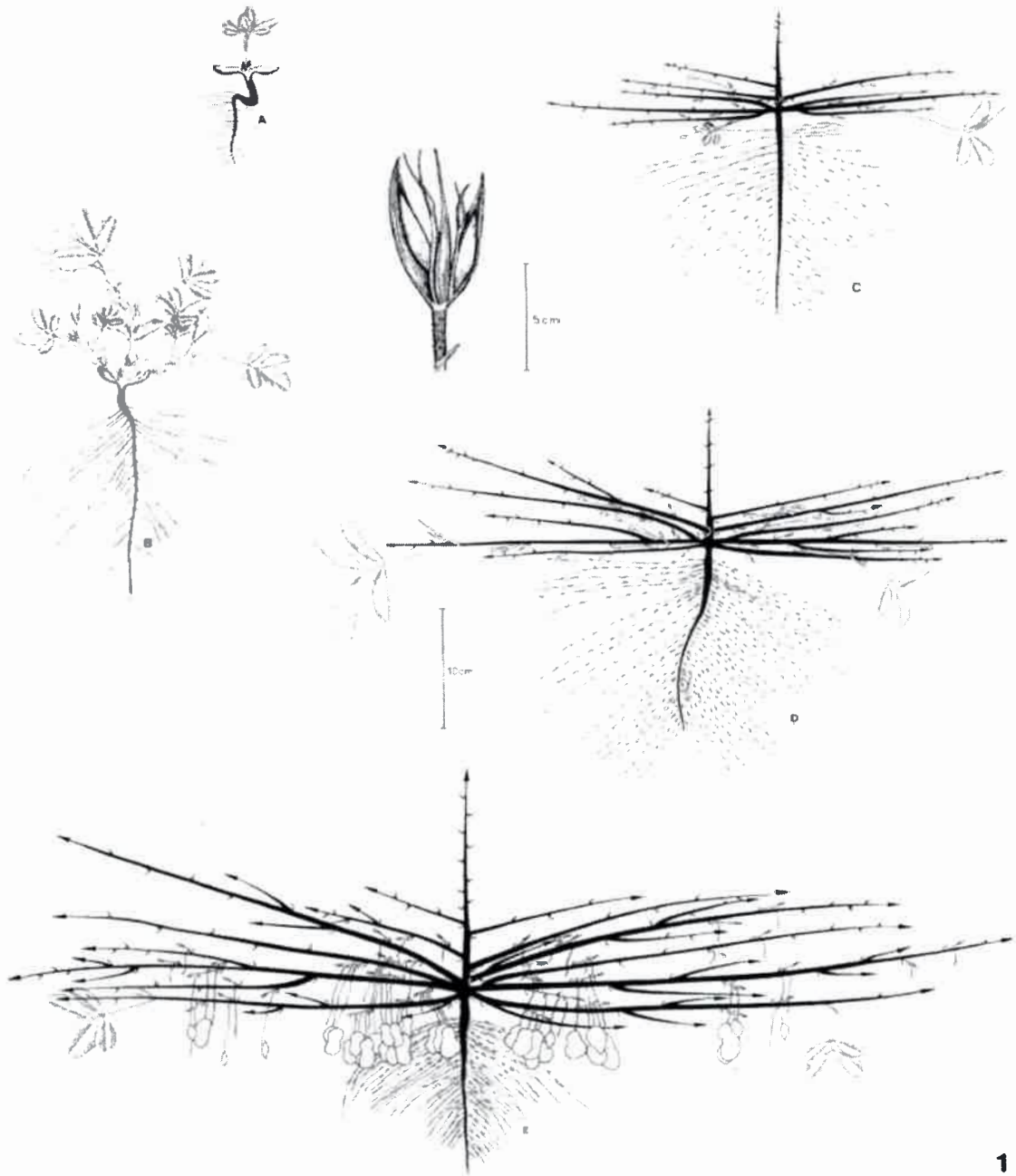
El porte de la planta, la presencia de yemas reproductivas en el tallo principal ( $n$ ) y su disposición en las ramas ( $n+1$ ,  $n+2$  y  $n+3$ ) configuran el patrón de ramificación (Sholar *et al.*, 1995). Krapovickas y Gregory (1994) proponen una distinción entre los tipos botánicos basada en el patrón de ramificación y de distribución de las yemas vegetativas y reproductivas.

El tipo botánico *hypogaea* (*A. hypogaea* subsp. *hypogaea* var. *hypogaea*) (Figura 1.1), se caracteriza por la ausencia de yemas reproductivas en el eje principal, un patrón de ramificación que alterna pares de yemas vegetativas y reproductivas y porte rastrero (como los genotipos runner cultivados en Argentina) (Haro *et al.*, 2013), semierecto o erecto (genotipos Virginia Bunch) (Sholar *et al.*, 1995). Krapovickas y Gregory (1994) describen esta subespecie como de eje central erecto, ramas laterales por lo común procumbentes, y a veces decumbentes. En las ramas laterales basales ( $n+1$  cot) alternan regularmente dos yemas vegetativas y dos reproductivas. Posee hojas medianas; folíolos con ambas caras glabras, o con algunos pelos sobre el nervio medio en el envés. Espigas simples, breves, raro hasta 5 cm de longitud. Frutos por lo común con 2 granos; pericarpio medianamente reticulado y semillas con latencia. La planta presenta un aspecto espeso debido a la abundancia de ramas sucesivas, hasta  $n+3$ .

El tipo botánico *fastigiata* (*A. hypogaea* subsp. *fastigiata* var. *vulgaris*.) (Figura 1.2), tiene menor grado de ramificación (nunca mayor a  $n+2$ ), presenta yemas reproductivas en el tallo principal y una distribución secuencial de yemas en las otras categorías de rama (secuencia de 3, 4 o 5 yemas reproductivas interrumpida por una yema vegetativa) y porte erecto (Sholar *et al.*, 1995). Eje central ( $n$ ) erecto, muy ramificado. Ramas laterales decumbentes a erectas, con inflorescencias breves, de 1-2 cm de longitud, agrupadas en los nudos basales. Hojas medianas a grandes. Folíolos con ambas caras glabras, con pelos largos en el margen y también algunos pocos pelos en el nervio medio, en el envés. Fructificación agrupada en la base de la planta. Frutos

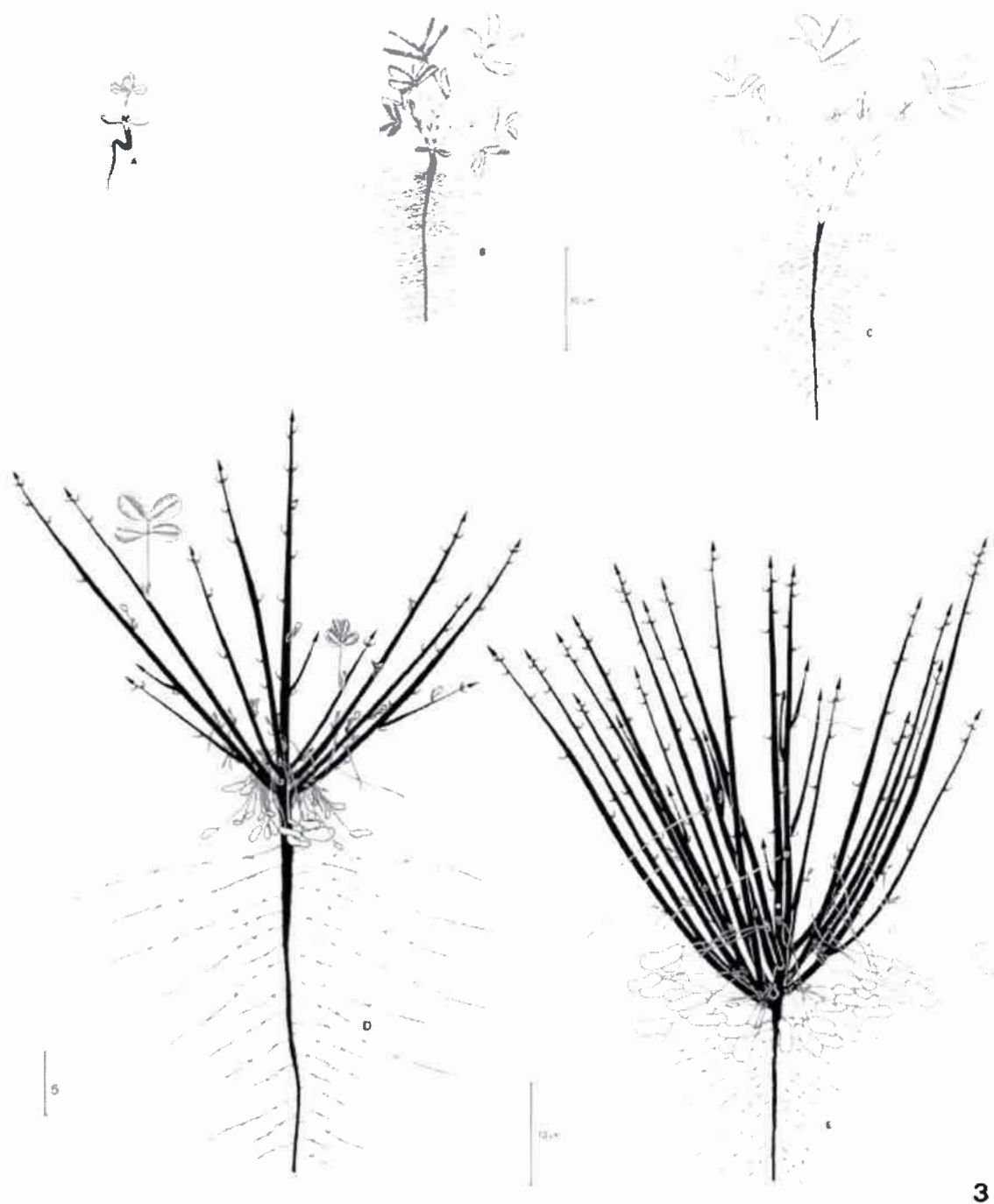


pequeños, por lo común de 2 o más semillas; pericarpio medianamente reticulado (Krapovickas y Gregory, 1994).



1

**Figura 1-1** Representación de una planta de maní tipo runner *Arachis hypogaea* L. subsp. *hypogaea* cv. "Florman INTA". En estado vegetativo (A y B), floración (C) y formación y llenado de frutos (D y E). Extraído de Kraus et al. (1996) con permiso de los autores.



3

**Figura 1-2** Representación de una planta de maní tipo Valencia, *Arachis hypogaea* L. subsp. *fastigiata* var. *vulgaris* cv. “Colorado Irradiado INTA”. En estado vegetativo (A y B), floración (C) y formación y llenado de frutos (D y E). Extraído de Kraus et al. (1996)

De manera similar a las clasificaciones botánicas (tipos botánicos de maní), en Estados Unidos el maní se divide en tipos comerciales (U.S. market clases o market



types) y, por lo general, se corresponden a las subespecies y grupos varietales. Los tipos comerciales denominados “runner” y “Virginia” pertenecen a la subespecie *hypogaea* variedad *hypogaea*. El maní tipo “Valencia” a la subespecie *fastigiata* variedad *fastigiata* y el tipo “Español” pertenece a la subespecie *fastigiata* variedad *vulgaris*. No hay tipos comerciales de la variedad *hirsuta* ya que ésta no se cultiva a nivel comercial (Tillman y Stalker, 2009).

A nivel mundial, hasta principio de los años 1970 el cultivo de maní estaba basado principalmente en cultivares de tipo Español y Virginia. Los cultivares de tipo runner se han convertido en el tipo de maní dominante debido a la introducción del cultivar Florunner, que fue el cultivar responsable de un marcado aumento de los rendimientos en el cultivo de maní (Tillman y Stalker, 2009). Tienen frutos y semillas de tamaño mediano, una longitud de ciclo de crecimiento relativamente larga, con 150 o más días necesarios para alcanzar la madurez de cosecha, y presentan un hábito de crecimiento altamente indeterminado. Los cultivares runner han ganado rápidamente una gran aceptación debido a su atractiva gama de tamaños de granos, una alta proporción de estos se utilizan para la elaboración de pasta de maní.

Los cultivares de maní tipo Virginia tienen como característica principal el mayor tamaño de frutos y semillas respecto a los otros tipos comerciales. Por lo general son plantas de gran longitud de ciclo y requieren más calcio para el desarrollo de los granos. El maní tipo Virginia se comercializa y consumen los granos en forma directa y en cajas (Sholar *et al.*, 1995).

Debido a que pertenecen a la misma subespecie y variedad, los tipos Virginia y runner pueden ser utilizados como sinónimos (nomenclatura Inglesa, que abarca China, India, Australia y Sudamérica), y se los divide según su porte en Virginia bunch y Virginia runner (Tillman y Stalker, 2009).

Los maníes tipo Español son ampliamente cultivadas en todo el mundo, especialmente donde la mecanización no está disponible. Las granos son de tamaño similar o algo inferior a los cultivares de tipo runner, pero los rendimientos son marcadamente inferiores. Las principales ventajas de este tipo son su ciclo de cultivo corto y el porte erecto con una mayor concentración de los frutos. Tiene granos más pequeños y redondeados que se utilizan principalmente en confitería, con cantidades

significativas usadas como frutos secos salados y para pasta de maní. Además, tiene mayor contenido de aceite que los otros tipos comerciales de maní resultando ventajoso para la extracción de aceite por parte de la industria aceitera. Según Krapovickas y Gregory (1994) este tipo de maní fue introducido en Virginia, U.S.A., desde Málaga, España, de ahí su nombre "Spanish" (Español).

Los cultivares tipo Valencia se caracterizan por tener, en general, tres o más granos pequeños por vaina y tegumento de color rojo. Normalmente se tuestan y se venden en caja, y son excelentes para el uso fresco (principalmente en Centroamérica). El nombre "Valencia" aparece por primera vez en 1911, cuando Beattie (citado por Krapovickas y Gregory, 1994) lo menciona como una nueva introducción desde España.

### 1.1.3 Rendimiento y Partición en función del porte y patrón de ramificación

La arquitectura de la planta de maní, determinada por la combinación del porte y patrón de ramificación, produce diferentes modelos de distribución de los frutos en el suelo (Giayetto *et al.*, 2007). También establece diferencias en el grado de indeterminación y la longitud del ciclo entre los tipos comerciales runner y Español. Los genotipos de porte erecto y ramificación secuencial (tipo Español) tienen una distribución de frutos concentrada en el tiempo y espacio alrededor del eje principal de la planta, y son de ciclo intermedio a corto; mientras que los genotipos rastreros de ramificación alternada (runner), desarrollan sus frutos a mayor distancia del eje central de la planta y con diferente grado de madurez debido a su mayor indeterminación y longitud de ciclo (Giambastiani, 2000).

El rendimiento de un cultivo depende de la capacidad de acumular biomasa en los órganos cosechables, por lo que un incremento de la biomasa destinada a tales órganos asegura un rendimiento superior. Los asimilados, producidos por la fotosíntesis en los órganos considerados "fuente" (principalmente las hojas), pueden ser almacenados o distribuidos vía floema hacia los diferentes órganos considerados "destino" de una planta (Bertin, 1995). Así, la distribución de biomasa en la planta tiene un rol fundamental en el rendimiento de un cultivo. Esta distribución de materia seca entre los diferentes órganos de la planta es el resultado final de un conjunto ordenado de

procesos metabólicos y de transporte que gobiernan el flujo de asimilados a través de un sistema fuente-destino (Gifford y Evans, 1981).

La marcada indeterminación del crecimiento y la naturaleza secuencial de la producción de flores del maní (Stalker, 1997), resulta en una población de frutos con un amplio rango de estados de desarrollo, mientras las estructuras vegetativas continúan creciendo durante el periodo reproductivo. Consecuentemente, durante el periodo de formación de frutos y semillas, hay destinos diferentes compitiendo por los asimilados que produce la planta (Huyghe, 1998). Estas variaciones temporal y espacial cambian en función del porte y patrón de ramificación de los genotipos de maní. Así, las diferentes categorías de ramas poseen una influencia diferencial sobre el rendimiento final de la planta (Shashidhar *et al.*, 1986; Rehman *et al.*, 2001). Estas diferencias entre los componentes vegetativos de la estructura aérea de la planta de maní (tallo principal y ramas de distintas categorías) refieren la existencia de distintas ventanas críticas para la definición del número y peso de los granos soportados en cada uno de ellos, y a las interacciones entre los procesos inherentes al genotipo (tasa de crecimiento y partición) (Bell *et al.*, 1993b) y los factores ambientales (temperatura y radiación) predominantes durante los mismos (Bell y Wright, 1998).

Así, la producción de las ramas ha sido estudiada en la mayoría de las leguminosas de grano (Huyghe, 1998), rasgo que, como este autor señala, se ve afectado tanto por la genética como por las condiciones ambientales durante el crecimiento.

Por otro lado, a escala de cultivo, Duncan *et al.* (1978) destacan que el proceso fisiológico que mejor explica las variaciones en el rendimiento del cultivo de maní es la partición de fotoasimilados entre estructuras vegetativas y reproductivas, o dicho de otra manera el índice de cosecha (IC), definido como la fracción de biomasa total que el mismo destina al componente cosechable o de importancia económica (Unkovich *et al.*, 2010).

El IC de los cultivos varía con el genotipo, el ambiente y la interacción genotipo x ambiente, pero estas variaciones son de menor magnitud que las experimentadas por la producción de biomasa (Carcova *et al.*, 2003).

Actualmente, la mayor parte del aumento en el rendimiento de las especies cultivadas ha estado asociada con incrementos del IC (Koester *et al.*, 2014). En tal

sentido, los nuevos genotipos de maní tendieron hacia una masa vegetativa más pequeña, tallo principal ( $n$ ) de menor longitud y aumentos en la asignación reproductiva (Rehman *et al.*, 2001).

Por otra parte, la partición de fotoasimilados a órganos de cosecha varía según algunos factores como la temperatura (Prasad *et al.*, 2000, Craufurd *et al.*, 2002; Prasad *et al.*, 2003; Padmalatha *et al.*, 2006), fotoperíodo (Fernandez *et al.*, 2006), genotipos (Collino *et al.*, 2000; Fernandez *et al.*, 2006), el momento, duración e intensidad de un estrés hídrico (Collino *et al.*, 2001; Cerioni 2003; Fernandez *et al.*, 2006), o nutricional (Cerioni *et al.*, 2007).

Aboagye *et al.* (1994) atribuyen el menor IC en genotipos runner a la mayor producción de ramas respecto a cultivares tipo Español y Valencia, y a un comienzo temprano de la floración (determinación de los destinos reproductivos) en estos dos tipos botánicos respecto a los cultivares tipo runner. Sin embargo, a nivel local, Giayetto *et al.* (2007) encontraron valores de IC (>40%) y superiores en los materiales tipo runner, superando significativamente al material de tipo Español.

Es por eso, que algunos autores encontraron una correlación significativa entre el número y longitud de ramas primarias con el rendimiento del cultivo (Baydar, 1992; Awal e Ikeda, 2003a; Canavar y Kaynak, 2010).

El patrón de la partición de asimilados entre la biomasa vegetativa y reproductiva se modifica por diferentes rasgos arquitectónicos de la planta (Huyghe, 1998). Este autor señala que el hábito de crecimiento muestra un impacto importante en esta función. De hecho, el hábito de crecimiento indeterminado induce una competencia más prolongada entre el crecimiento vegetativo y reproductivo (Stalker, 1997; Cholaky *et al.*, 1998); mientras que el hábito de crecimiento determinado, en un momento dado del ciclo de crecimiento, induce a la asignación de todos los asimilados al crecimiento reproductivo (Huyghe, 1998).

De igual manera, existen modificaciones en la partición de asimilados dadas por estrés lumínico realizados a travez de tratamientos de sombreos (Williams, 1979; Hang *et al.*, 1984; Stirling *et al.*, 1990) y defoliación (Santos y Sutton, 1982;). Y se observa una interacción entre este estrés y el momento de ocurrencia del mismo (Wilkerson *et al.*, 1984; Hang *et al.*, 1984).

A fin de aportar nuevos conocimientos sobre la generación del rendimiento de este cultivo, es importante conocer cómo los asimilados producidos por el canopeo son particionados entre los diferentes destinos durante el ciclo de crecimiento. Si bien están ampliamente estudiadas estas variables a nivel de planta o de cultivo en general, son escasos los estudios que hacen referencia a la arquitectura interna de la planta de maní en referencia a su hábito de crecimiento, porte y patrón de ramificación.

#### 1.1.4 OBJETIVOS

##### 1.1.4.1 Objetivo General:

Describir el proceso y cuantificar espacial y temporalmente la partición de biomasa en las distintas categorías de ramificación durante el crecimiento reproductivo de cultivares de maní con diferente porte y grado de ramificación.

##### 1.1.4.2 Objetivos Específicos:

- Determinar influencias genotípicas y ambientales, debidas a las fechas de siembra y longitud de ciclo del cultivo, sobre el crecimiento y desarrollo de distintos cultivares de maní en condiciones locales de producción.
- Cuantificar la relación entre número y peso de frutos y variables ambientales y del cultivo durante las ventanas críticas de su respectiva determinación.
- Explorar si los hábitos de crecimiento y patrones de ramificación están asociados a algún patrón diferencial de partición de biomasa.
- Cuantificar la contribución relativa de cada categoría de ramas al rendimiento del cultivo en genotipos de diferente hábito de crecimiento y patrón de ramificación.



- Definir la oportunidad de ocurrencia y duración de las ventanas de generación del número y peso de frutos en el tallo principal y cada categoría de rama.
- Validar la utilización de los cultivares Granoleico y Utre como materiales representativos de las subespecies *hypogaea* y *fastigiata* (cultivares de los tipos comerciales runner y Español, respectivamente).
- Evaluar el efecto del estrés por sombreado en la etapa de formación de frutos y granos en los diferentes patrones de ramificación del maní.
- Determinar las relaciones fuente-destino de las diferentes categorías de ramas para cada genotipo de maní.

## *Capítulo II*



## CAPÍTULO II

### ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE DOS CULTIVARES DE MANÍ EN FUNCIÓN DE LA FECHA DE SIEMBRA

#### 2.1 INTRODUCCIÓN

Las prácticas de manejo en el sistema de producción primaria del cultivo de maní tales como la elección del cultivar, la duración de su ciclo y la fecha de siembra (FS) tienen influencia sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de las semillas del maní, siendo la FS una práctica muy importante porque permite evitar/contrarrestar los efectos adversos del estrés ambiental (como sequías, temperaturas extremas, entre otros) en momentos críticos del desarrollo fenológico. Por ello, con la elección de la FS y el cultivar adecuados para cada ambiente se procura configurar el mejor escenario ambiental para las etapas claves del crecimiento del cultivo, en particular las relativas a la definición de los componentes del rendimiento (número y peso de frutos o granos) (Bell *et al.*, 1986). Adicionalmente, se han constatado interacciones (FS x año, FS x cultivar y FS x localidad) que hacen compleja la determinación de la mejor fecha de siembra (Nanja Reddy *et al.*, 1995; Sholar *et al.*, 1995; Ahmad *et al.*, 2007).

En la región manisera de Córdoba son escasos los estudios sobre fechas de siembra de maní y su influencia sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo, probablemente debido a la utilización generalizada de genotipos tipo *runner* (de ciclos >150 días) desde 1980 (Giandana, 2006) y al requerimiento de temperatura para germinar de este cultivo. Ambos aspectos combinados, dejaban poco margen para la elección de distintas FS. A ello debe agregarse la ocurrencia frecuente de precipitaciones en el otoño y un descenso concomitante de la radiación incidente y la temperatura, que afectan negativamente el llenado de frutos y dificultan las tareas de recolección (arrancado y descapotado) con pérdida de la calidad comercial del producto.

Estas restricciones ambientales generan la necesidad de elucidar en detalle las interacciones genotipo x FS que expliciten las ventajas y los riesgos de las combinaciones posibles de esta práctica de manejo. En este sentido, recientemente se incorporaron al mercado un conjunto de cultivares que podrían tener comportamientos diferentes tanto por sus requerimientos de temperatura para germinar como de longitud de ciclo (Soave *et al.*, 2004; Fernandez *et al.*, 2009).

En la actual zona manisera argentina (centro y sur de la provincia de Córdoba) el período primavero-estival ofrece a los cultivos de verano distintos escenarios ambientales configurados según cada FS. Así, para un cultivo de maní, el tiempo térmico para tres fechas de siembra posibles (1/10, 1/11 y 1/12), hasta la fecha media de primera helada (25 de mayo  $\pm 14,3$  días) calculado para una serie climática de 20 años (Seiler *et al.*, 1995) y con una temperatura base ( $T_b$ ) de 10°C, es de 2194, 1987 y 1721 °Cd, respectivamente. Asumiendo ausencia de restricciones hídricas severas y la no ocurrencia de heladas tempranas, esa oferta térmica se corresponde adecuadamente con el rango de tiempo térmico para maní (1456-1672 °Cd) indicado por Fernandez *et al.* (2006) y (1646 °Cd) por Haro *et al.* (2007). Por lo que es esperable que cultivares como el referido completen su ciclo en siembras desde principios de octubre hasta mediados de diciembre. Sin embargo, para esos mismos escenarios la radiación fotosintéticamente activa incidente acumulada es de 1829, 1660 y 1525 MJ m<sup>-2</sup>. Es decir, que si bien los tiempos térmicos son similares, la cantidad de radiación disminuye sensiblemente en la siembra tardía en coincidencia con los períodos de definición de los componentes del rendimiento (número y peso de los granos).

La siembra de maní en esta región se realiza en la primavera y recomendándose comenzar cuando el suelo tiene, como mínimo, 18°C a 10 cm de profundidad durante tres días consecutivos (Pedelini, 2014). Según registros meteorológicos históricos en la zona de Río Cuarto, esa condición se produce en la tercera década del mes de octubre (Giayetto *et al.*, 2006). Sin embargo, últimamente existe una tendencia a adelantar la fecha de siembra por razones operativas (siembras de grandes superficies, necesidad de coordinar las operaciones de arrancado y descapotado) hacia la primera década de octubre, siempre y cuando el suelo presente humedad adecuada para la imbibición y una temperatura a 5 cm de profundidad de 12°C medida a las 8-9 hs (Giayetto *et al.*, 2006; Pedelini, 2014). Giambastiani (2000) señala que en años con buenas condiciones



hidrológicas hay una tendencia a sembrar temprano con el riesgo de que las condiciones ambientales cambien (por descensos bruscos de temperatura asociados a frentes fríos) y se malogre el establecimiento del cultivo (emergencia demorada y pérdida de plantas). Este mismo autor evaluó, en la región central de Córdoba durante dos años, tres FS temprana (1° década de octubre), intermedia (1° década de noviembre) y tardía (1° década de diciembre) y obtuvo menor rendimiento en la siembra tardía respecto a la temprana e intermedia pero sin diferencias entre éstas.

Haro *et al.* (2007a) evaluaron dos fechas de siembra, 27/10/06 (temprana) y 6/12/06 (tardía) en Manfredi (Córdoba) con el cv. Florman INTA (tipo runner). En la fecha temprana el cultivo recibió menos radiación y temperatura durante las etapas iniciales del ciclo las que aumentaron desde el comienzo de llenado de granos a la cosecha (R5 a R8) (Boote, 1982). Además, tuvo mayor duración de ciclo, producción de biomasa, rendimiento y calidad confitería que en la siembra tardía. Ese mayor rendimiento se debió principalmente al aumento del componente número de granos y en menor medida a cambios en el peso de los mismos.

En otro estudio similar, Haro *et al.* (2007b) involucrando otros ambientes y dos genotipos tipo runner (ASEM 485 y Florman INTA), corroboraron la relación estrecha entre número de granos y rendimiento; componente que, a su vez, depende de las tasas de crecimiento del cultivo (TCC) y de los frutos (TCF) durante el período crítico de su determinación (R3-R6,5). Además, ambas tasas de crecimiento se relacionaron con la radiación interceptada. Las distintas fechas de siembra condicionaron la dinámica de la radiación respecto de las etapas fenológicas del cultivo, siendo las siembras tardías (21/12) las que recibieron menos radiación durante el período reproductivo. También, encontraron que en esas siembras disminuyó la eficiencia de uso de la radiación (EUR) debido a un cambio en la relación fuente-destino causado por un menor número de frutos y no a cambios en la temperatura.

En otras condiciones ambientales, un estudio de dos años realizado en Turquía (Caliskan *et al.*, 2008) con los cultivares NC 7 y Com, mostraron que las fechas de siembra entre el 15 de mayo y 1 de junio tuvieron mayor rendimiento (número y peso de granos) que las siembras muy tempranas o más tardías. En esas fechas intermedias el cultivo estuvo expuesto a un régimen de temperaturas adecuado durante el crecimiento

vegetativo y reproductivo, recibió más radiación solar y experimentó más horas de luz en todo el ciclo.

La FS también afecta la calidad del aceite que se acumula en las semillas (Andersen y Gorbet, 2002). A nivel local, Chialvo *et al.* (2006) evaluaron tres fechas de siembra 10/10/05, 6/11/05 y 02/12/05 y hallaron que el porcentaje de ácido oleico disminuyó, el de linoleico aumentó y, en consecuencia, la relación O/L también disminuyó en la siembra tardía. También encontraron que las semillas de mayor tamaño (más maduras) tuvieron mayor contenido de ácido oleico.

Un marco teórico para el análisis de la respuesta del cultivo a la fecha de siembra lo ofrece un modelo ecofisiológico simple del rendimiento  $R = TCC \times D \times p$ , donde: R es el rendimiento de frutos, TCC el crecimiento medio del cultivo (producción de biomasa por unidad de superficie y tiempo), D la duración y *p* el coeficiente de partición de la biomasa producida a estructuras reproductivas. La producción de biomasa (TCC) está controlada por la luz interceptada (Duncan *et al.* 1978; Monteith, 1990, Aboagye *et al.*, 1994), D está influenciada por la temperatura (Ong, 1984) y por el fotoperíodo (Bell *et al.*, 1991; Nigam *et al.*, 1998) y *p* por el genotipo y la interacción genotipo x ambiente (Duncan *et al.*, 1978; Williams, 1992).

Resulta entonces relevante analizar las respuestas de genotipos con atributos diferentes (temperatura umbral para germinación, longitud de ciclo, estructura de la planta) en los escenarios locales que ofrece la región de Río Cuarto empleando el modelo fisiológico propuesto por Duncan *et al.* (1978).

El objetivo del presente capítulo fue evaluar la interacción genotipo x ambiente, determinada por diferentes fechas de siembra (temprana, intermedia y tardía), sobre el crecimiento y desarrollo de distintos cultivares de maní en la región manisera del departamento Río Cuarto en la provincia de Córdoba.



## 2.2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.2.1 Descripción del sitio experimental

Los ensayos experimentales del presente trabajo se realizaron en las campañas agrícolas 2009/10 y 2010/11, en el Campo de Docencia y Experimentación (CAMDOCEX) perteneciente a la Facultad de Agronomía y Veterinaria (FAV) de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC) (33° 07' de LS, 64° 14' de LW y una altitud de 421 m sobre el nivel del mar).

El clima de la región de Río Cuarto es templado subhúmedo, con un régimen de precipitaciones de tipo monzónico (80% de las lluvias se concentran en el semestre más cálido, Octubre a Marzo) con una precipitación media anual de 801 mm (Seiler *et al.*, 1995). Las fechas medias de primera y última heladas meteorológicas (temperaturas iguales o menores a 0°C registradas en la casilla meteorológica a 1,5m de altura) para el periodo 1974-1993 corresponden al 25 de mayo ( $\pm 14,3$  días) y 12 de septiembre ( $\pm 20,3$  días), respectivamente. Para ese mismo período, las fechas extremas de primera y última helada fueron el 29 de abril y el 4 de noviembre, respectivamente. El periodo medio libre de heladas meteorológicas resultante es de 255 días. Durante ese lapso el rango normal de temperaturas máximas varía de 22,1 a 29,1 °C (media= 26,7°C) y el de las mínimas de 9,5 a 17,1°C (media= 14,5°C), con una temperatura media anual de 16,4°C (Seiler *et al.*, 1995).

El suelo donde se realizaron los ensayos es un Haplustol típico (Taxonomía de Suelos del USDA), presenta relieve normal, es profundo, bien drenado, de bajo contenido de materia orgánica, desarrollado a partir de material loésico de textura franca arenosa muy fina, con baja diferenciación horizontal y características de buen suelo agrícola (Uberto, 2008).

A continuación se muestran los datos analíticos del perfil de Haplustol típico utilizado para el ensayo.

Horizonte	Profundidad (cm)	MO (%)	pH	DAP (Mg m <sup>-3</sup> )	Ca (g Mg <sup>-1</sup> )	CE (dS/m)	NO <sub>3</sub> (g Mg <sup>-1</sup> )	NT (%)	P (g Mg <sup>-1</sup> )	K (g Mg <sup>-1</sup> )
Ap	0-18	3,4	6,67	1,18	8,89	0,1	27	0,11	24	15,60
Bw1	18-35	1,8	6,95	1,19	9,96	0,1	18	0,06	42	11,60
Bw2	35-57	1,2	7,39	1,29	7,58	0,1	5	0,04	14	8,40
Bw3	57-80	0,7	7,69	1,29	8,60	0,1	5	0,03	17	7,20
BC	80-105	0,6	8,04	1,29	6,90	0,1	5	0,03	17	8,00
C	105-163	0,5	8,29	1,29	13,47	0,1	5	0,02	16	8,40
Ck	163-200	3,4	8,50	1,29	20,37	0,1	5	0,02	12	10,00

MO: materia orgánica (%). pH: nivel de acidez de suelo. DAP: densidad aparente (Mg m<sup>-3</sup>). Ca: contenido de Calcio (g Mg<sup>-1</sup>). CE: conductividad eléctrica extracto de saturación (dS/m). NO<sub>3</sub>: contenido de nitratos (g Mg<sup>-1</sup>). NT: Nitrógeno total (%). P: Fósforo de suelo (g Mg<sup>-1</sup>). K: Potasio de suelo (g Mg<sup>-1</sup>). Fuente: Uberto (2008).

### 2.2.2 Descripción del ensayo experimental

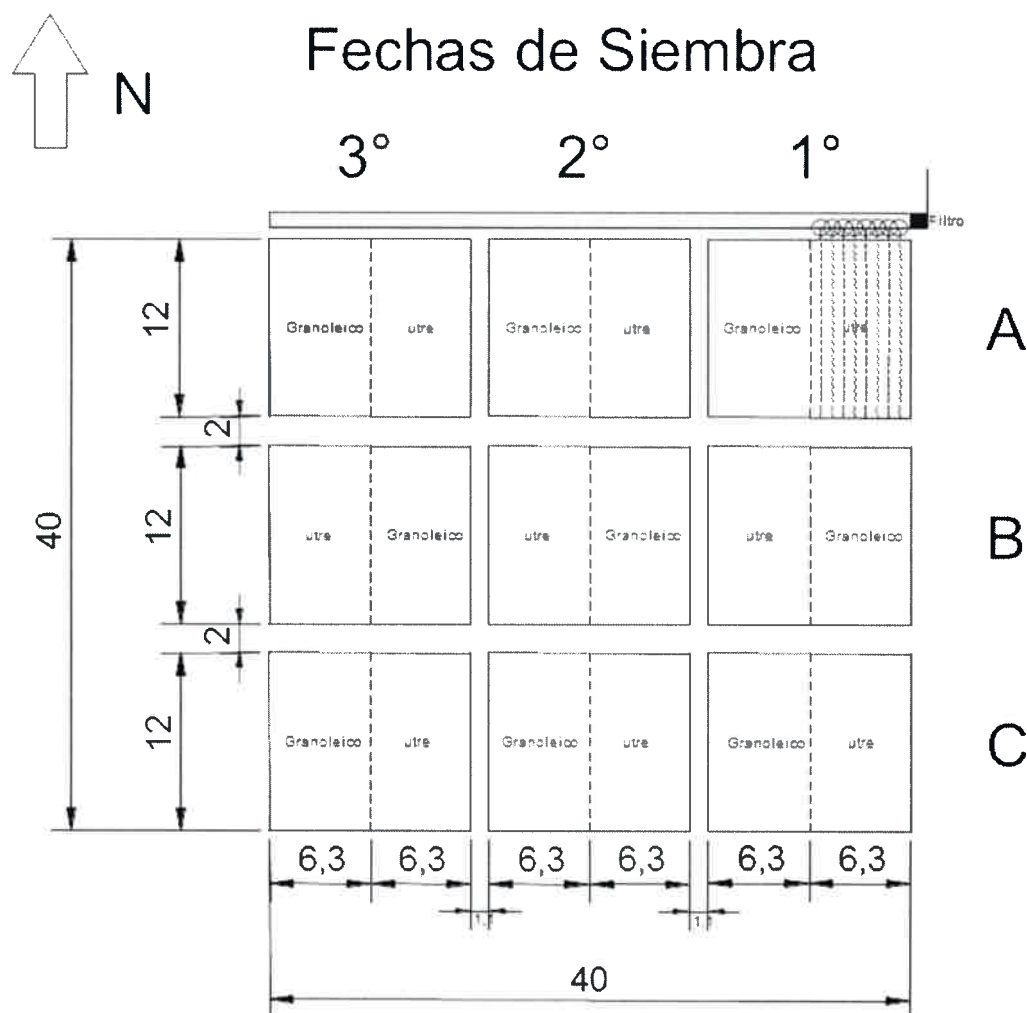
El diseño experimental utilizado en este trabajo fue de bloques completos aleatorios, con un arreglo factorial de parcelas divididas (Di Rienzo *et al.*, 2005) y tres repeticiones espaciales por tratamiento, siendo el factor principal la fecha de siembra con 3 niveles:

- Temprana (Te), primera década de octubre,
- Media (Me), primera década de noviembre, y
- Tardía (Ta), primera década de diciembre,

y el factor secundario genotipos de diferente porte y patrón de ramificación con 2 niveles, Utre-UNRC (en adelante Utre) y Granoleico.

Utre es un cultivar obtenido del programa de mejoramiento genético de maní de la Facultad de Agronomía y Veterinaria (UNRC) mediante el cruzamiento de los genotipos MF407 x FM y posterior selección. Según su porte y patrón de ramificación Utre posee los atributos de un maní de tipo Español (*A. hypogaea* subsp. *fastigiata*), es decir presenta porte erecto, yemas reproductivas en el tallo principal (*n*), una distribución secuencial de 3 o 4 yemas reproductivas interrumpida por una vegetativa en las otras categorías de rama, y una longitud de ciclo de 130-150 días (Fernandez *et al.*, 2009; Peiretti *et al.*, 2011).

Granoleico es de tipo comercial runner (*A. hypogaea* subsp. *hypogaea*), obtenido a partir de un cruzamiento entre los cultivares “Tegua” e I.J.S.95-1 (línea alto oleico). No posee flores en el eje central ( $n$ ) y presenta una abundante ramificación (hasta  $n+3$ ), siendo su disposición de yemas reproductivas de tipo alternada de a pares. La longitud del ciclo de emergencia a madurez es de alrededor de 157 días (Soave *et al.*, 2004).



**Figura 2.1.** Esquema general del ensayo experimental para ambos ciclos experimentales. Todas las dimensiones indicadas en el esquema están en metros.

La siembra se realizó en forma manual en surcos distanciados a 0,70 m entre sí y a 0,08 m entre plantas. Las parcelas experimentales constaban de 9 surcos de 12 m de largo y un espacio para el tránsito entre parcelas de 1,1 m en ambos extremos de todos



los surcos (Figura 2.1). Se colocaron dos semillas por golpe a una profundidad de 3-4 cm desinfectadas previamente con Carboxim + Tiram (VitavaxFlo®), en dosis de 2,5 cm<sup>3</sup> de producto comercial disueltos en 10 cm<sup>3</sup> de agua por kilogramo de semilla. A los 15 días de la siembra y luego de producida la emergencia, se efectuó un raleo manual dejando una planta por golpe lo que correspondió con una densidad de 178.570 plantas ha<sup>-1</sup> en ambos cultivares.

Las fechas de siembra fueron el 08 de octubre, 10 de noviembre y 09 de diciembre del año 2009 y el 08 de octubre, 10 de noviembre y 10 de diciembre del 2010, y se denominaron 1°, 2° y 3° fecha de siembra para cada ciclo experimental, respectivamente.

### 2.2.3 Riego

El cultivo se condujo sin restricciones hídricas, para lo cual se aplicaron periódicamente riegos complementarios mediante un sistema por goteo, con el objeto de mantener el nivel de agua útil en el suelo (0-100 cm) por encima del 60% entre la siembra y la madurez de cosecha. Las necesidades de riego del cultivo se estimaron semanalmente mediante el procedimiento propuesto por FAO Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998) con el programa de cálculo ETo Calculator (Raes, 2009). Las etapas en este procedimiento fueron: 1) cálculo de la evapotranspiración de referencia (*ETo*) mediante registros meteorológicos diarios; 2) cálculo de la evapotranspiración del cultivo (*ETc*) mediante la utilización del coeficiente del cultivo (*Kc*) (Allen *et al.*, 1998); y 3) cálculo de las necesidades de riego semanal en base a un balance de agua en el suelo.

### 2.2.4 Cultivo antecesor y labores culturales

En el ciclo experimental 2009/10, el cultivo antecesor fue soja y las labores para la preparación del suelo y cama de siembra fueron dos pasadas de rastra de discos de doble acción, una el 30 de septiembre de 2009 y otra con rolo desterronador el 07 de octubre de 2009. Por su parte, el ciclo experimental 2010/11 tuvo como cultivo antecesor una pastura de gramíneas y las labores de preparación del suelo fueron una pasada de arado de reja y vertedera el 10 de septiembre de 2010 y una pasada de rastra de discos de doble acción con rolo desterronador el 01 de octubre de 2010.

Con el fin de asegurar la correcta nutrición nitrogenada del cultivo, durante la siembra se procedió a inocular la semilla con *Rizobium sp.* Con una concentración de  $1 \times 10^9$  ufc ml<sup>-1</sup> (unidades formadoras de colonias por mililitro de inoculante), Nitragin LIFT® en dosis comercial, a razón de 1,5 l ha<sup>-1</sup> aplicado en un volumen final de 40 l ha<sup>-1</sup> de caldo.

#### 2.2.5 Control de malezas

El control de malezas del ensayo se realizó luego de la siembra y antes de la emergencia del cultivo (14/10/2009 para la 1° FS, 13/11/2009 para la 2° FS y 11/12/2009 para la 3° FS del primer ciclo experimental; y el 08/10/2010 para la 1° FS, 10/11/2010 para la 2° FS y 10/12/2010 para la 3° FS del segundo ciclo) con una aplicación de herbicidas preemergentes, sobre el suelo preparado y libre de malezas, Diclosulam (Spider®) y S-Metolaclo-ro (Dual Gold®) en dosis de 24 g y 1000 cc de producto comercial ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En ambos ciclos experimentales, para la 2° FS y 3° FS se aplicó Glifosato (Rundup Ultra Max®) en dosis 1,3 kg de producto comercial ha<sup>-1</sup> antes de la siembra del cultivo con el objetivo de mantener la parcela experimental libre de malezas. En postemergencia temprana del cultivo se aplicó Imazapic (Cadre 70 DG®) en dosis de 72 g de producto comercial ha<sup>-1</sup> (3/11/2009, 1/12/2009 y 30/12/2009; y 30/11/2010, 30/12/2010 y 30/12/2010 para la 1° FS, 2° FS y 3° FS de ambos años, respectivamente). El control de las malezas se complementó con la aplicación puntual de Haloxifop R Metil (Galant R®) en dosis de 500 cc de producto comercial ha<sup>-1</sup> cuando se produjo algún “escape” de gramíneas y un control manual mediante carpida para evitar el escape de malezas de hoja ancha.

#### 2.2.6 Control de insectos y enfermedades

El control de insectos, principalmente del grupo denominado habitantes del suelo, se realizó unos días después de la siembra de la 1° FS (14/10/2009) mediante la aplicación al suelo de Gammacialotrina (Fighter Plus®) y Imidacloprid (Guapo 60 FS®) en dosis de 17 cc y 750 g de producto comercial ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Para el segundo ciclo experimental no se realizaron controles de insectos de suelo. Sin

embargo, se realizó un control de Arañuela roja (*Tetranychus spp.*) con Abamectina (Voliam Targo®) en dosis de 100 cm<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de producto comercial, el 13/01/2011.

Para el control preventivo de enfermedades foliares de ocurrencia común en el cultivo, viruela temprana y tardía causadas por *Cercospora arachidicola* (Hori) y *Cercosporidium personatum* (Beck y Curtis), se aplicó Pyraclostrobin + Epoxiconazole (Opera®) en dosis de 750 cc de producto comercial ha<sup>-1</sup> una vez detectados los primeros síntomas (08/01/2010 para el ciclo 2009/10 y el 30/12/2010 para el ciclo 2010/11) realizando aplicaciones posteriores a intervalos de aproximadamente 28 días o menos (29/01/2010, 24/02/2010 y 23/03/2010 para el primer ciclo; y 04/02/2011, 28/02/2011 y 22/03/2011 para el segundo ciclo experimental).

### 2.2.7 Observaciones y determinaciones

#### 2.2.7.1 Del clima:

Los registros diarios de las variables meteorológicas se obtuvieron de una estación automatizada de la FAV, UNRC, situada en las proximidades del ensayo.

Se consideraron los datos diarios de:

- Precipitaciones (mm).
- Temperatura del aire, máxima, mínima y media en abrigo meteorológico (°C).
- Radiación solar incidente (MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>).
- Velocidad media del viento (m seg<sup>-1</sup>).
- Humedad relativa ambiente (%).

#### 2.2.7.2. Del cultivo:

##### **Etapas ontogénicas:**

El seguimiento temporal de la fenología del cultivo en las distintas fechas de siembra se realizó *in situ*, mediante el registro de la fecha de ocurrencia en días calendario de las principales etapas fenológicas del cultivo, según la clave de estadios de desarrollo propuesta por Boote (1982). Dichas etapas fueron, además, referenciadas cronológicamente en grados día (°Cd), calculados con la ecuación lineal de tiempo térmico (TT) en base a la temperatura máxima (T<sub>máx</sub>) y mínima (T<sub>mín</sub>) del aire y una

temperatura base ( $T_b$ ) de 10,3°C propuesta para el cultivo de maní por Leong y Ong (1983):

$$TT = \sum_{i=1}^n \left[ \left( \frac{T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{i}n}}{2} \right) - T_b \right] \quad [1]$$

### Producción temporal y distribución de la materia seca entre los diferentes órganos:

Durante la etapa reproductiva del cultivo, iniciada en floración (etapa R1), se tomaron muestras de 10 plantas en competencia perfecta durante el ciclo experimental 2009/10, y de 5 plantas cada una en el 2010/11, por tratamiento y repetición a intervalos regulares de 10 a 13 días. En cada muestreo, las plantas fueron identificadas en su etapa fenológica (Boote, 1982) y luego separadas en sus órganos componentes (tallo/ramas, hojas, frutos y semillas) y secados en estufa con circulación de aire forzado a 70°C hasta peso constante. La biomasa reproductiva (frutos) fue corregida por un coeficiente de ajuste energético de 1,65 (Duncan *et al.*, 1978).

Con los datos de biomasa discriminada por órganos se construyeron las curvas de crecimiento acumulado total y para los componentes vegetativo (hojas y tallo/ramas) y reproductivo (frutos), se calcularon las respectivas tasas de crecimiento y con ellas se determinó el factor de partición. Para la determinación de la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) se utilizó la siguiente ecuación:

$$TCC(g\ m^{-2}\ d\acute{a}a^{-1}) = \frac{p_2 - p_1}{t_2 - t_1} \quad [2]$$

dónde:  $p_1$ = peso seco (g) de hojas, tallo, ramas y frutos en el tiempo 1,  $p_2$ = peso seco (g) de hojas, tallo, ramas y frutos en el tiempo 2,  $t_1$ = tiempo (días después de la siembra: DDS) al realizar el muestreo 1,  $t_2$ = tiempo (DDS) al realizar el muestreo 2. La misma ecuación se utilizó para la determinación de la tasa de crecimiento de los frutos (TCF). El coeficiente de partición a frutos [3] e índice de cosecha [4] se calcularon como:

$$\text{Coeficiente de Partición} = \frac{TCF}{TCC} \quad [3]$$

$$\text{Índice de Cosecha (g g}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Biomasa de frutos (g)}}{\text{Biomasa total (g)}} \quad [4]$$

Por su parte, la partición a los diferentes órganos componentes de la planta fue calculada como un porcentaje del peso seco de la planta entera (Marcelis, 1996).

#### **Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi):**

En cada fecha de muestreo para la medición de biomasa, se registró la radiación fotosintéticamente activa incidente (RFAinc) (sobre) y no interceptada (debajo del cultivo) en cada tratamiento y repetición mediante LI-191SA (Line Quantum Sensor LICOR, Lincoln, NE, USA) y Data Logger LI-1400 (Li-Cor, Inc. Lincoln, NE, USA). Luego, la cantidad de radiación interceptada (IR, %) por el dosel fue calculada como:

$$IR(\%) = \left[ 1 - \left( \frac{I}{I_0} \right) \right] \times 100 \quad [5]$$

dónde:  $I_0$  es la RFAinc inmediatamente por encima del canopeo ( $\mu\text{m m}^{-2} \text{s}^{-1}$ );  $I$  es la RFA transmitida a la parte inferior del canopeo, a nivel del suelo ( $\mu\text{m m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

Para determinar el tiempo que el cultivo tardó en interceptar el 95% de la radiación incidente, se realizaron las curvas de evolución de intercepción para cada cultivar y fecha de siembra. La cantidad de RFAinc diaria interceptada fue calculada multiplicando la radiación fotosintéticamente activa diaria (registrada en la estación automática) por la fracción interceptada, obtenida por interpolación lineal entre dos mediciones sucesivas. Los valores de radiación global fueron convertidos en radiación fotosintéticamente activa (RFA), asumiendo que el 48% de la radiación global es RFA (Monteith, 1972).



La EUR del cultivo fue calculada mediante regresiones lineales entre los valores de materia seca producida y acumulada a lo largo del ciclo y los de RFA interceptada y acumulada por el cultivo.

#### **Análisis de los componentes del rendimiento y la calidad comercial:**

Al momento de cosecha (etapa R8) se tomaron muestras de 1 m<sup>2</sup> por cultivar, fecha de siembra y repetición para evaluar: número y peso de frutos maduros e inmaduros, número de granos por vaina, peso medio de un fruto, peso de semillas y peso de la parte vegetativa. Además, se midió el porcentaje de maní apto para selección tipo confitería, la relación grano/caja y granometría: para ello se procesaron muestras de frutos de cada tratamiento empleando la metodología utilizada en las plantas industrializadoras de maní confitería instaladas en la región productora de Córdoba. Para determinar la granometría, se usaron zarandas de tajo de 10; 9; 8; 7,5; 7; 6,5; y 6 mm de ancho, con las que se obtuvieron las diferentes categorías de tamaños granométricos que fueron expresadas en porcentaje.

#### 2.2.8 Análisis e interpretación de los resultados:

Todas las variables fueron sometidas a análisis estadísticos para detectar diferencias significativas mediante ANAVA y comparaciones múltiples de los promedios mediante test de mínima diferencia significativa LSD de Fisher ( $\alpha=0,05$ ). También se realizaron pruebas de homogeneidad de pendientes y correlaciones entre las variables analizadas (Coeficientes de correlación de Pearson), con el programa estadístico Infostat Versión 2014 (Di Rienzo *et al.*, 2014) y el programa GraphPad Prism versión 5.00 para Windows, (GraphPad Software, San Diego California USA).

## 2.3 RESULTADOS

### 2.3.1 Condiciones meteorológicas durante el estudio

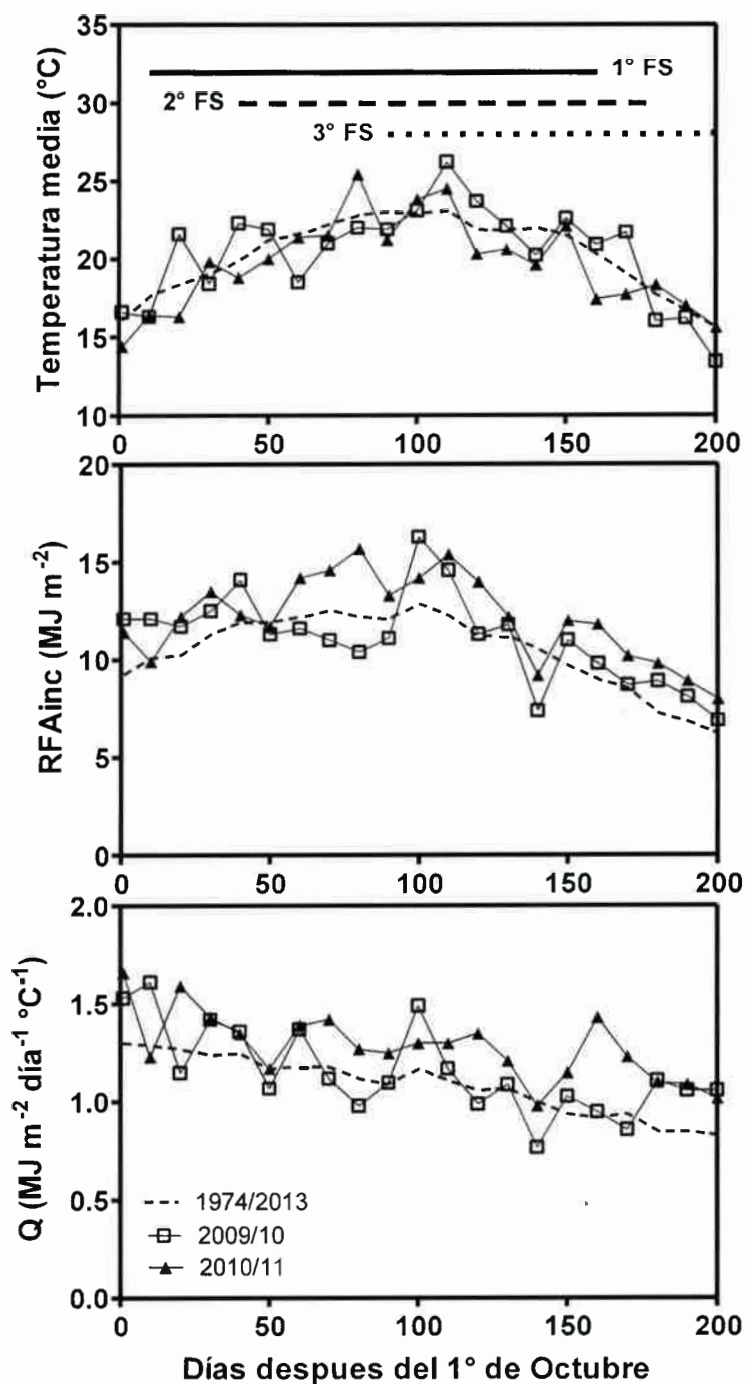
Los promedios decádicos de temperatura media del aire ( $^{\circ}\text{C}$ ), radiación fotosintéticamente activa incidente (RFAinc,  $\text{MJ m}^{-2}$ ) y cociente fototermal ( $Q$ ,  $\text{MJ m}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ), para los periodos de realización de los ensayos experimentales (2009/10 y 2010/11) y los datos promedio de una serie histórica de 40 años (periodo 1974-2013) son presentados en la figura 2.2 para un análisis comparativo.

Durante el ciclo experimental 2009/10, la temperatura media estuvo cercana o fue levemente superior al promedio de la serie histórica y con mayores fluctuaciones. En cambio, en el ciclo 2010/11 la temperatura media fue inferior, en promedio, a la serie de tiempo 1974-2013.

La radiación fotosintéticamente activa incidente (RFAinc), en ambas campañas, fue superior a los valores normales durante todo el periodo experimental analizado, excepto a fines de noviembre y todo el mes de diciembre de 2009/10 que tuvo valores de RFA inferiores a la normal. A su vez, en el ciclo 2010/11 se registraron valores mayores que en 2009/10.

El cociente fototermal ( $Q$ ) de ambas campañas también fue superior al valor normal, aunque durante 2009/10  $Q$  mostró mayor variabilidad y valores más cercanos a los normales. En cambio, la menor temperatura y mayor RFAinc registradas en 2010/11, determinaron valores de  $Q$  marcadamente superiores a los registros normales para la estación de crecimiento del cultivo.





**Figura 2.2:** Dinámica temporal de la radiación fotosintéticamente activa incidente (RFAinc), temperatura media del aire y cociente fototermal (Q) durante la estación de crecimiento del cultivo de maní para un año promedio de la serie histórica (1974/2013) y los ciclos experimentales (2009/10 y 2010/11). Las líneas horizontales representan el ciclo del cultivo de maní según las diferentes fechas de siembra.

Con el fin de facilitar la posterior discusión de las dinámicas de desarrollo y crecimiento, en la tabla 2.1 se incluyen los promedios de temperatura, RFAinc y cociente fotothermal correspondientes a las etapas fenológicas siembra a floración (S-R1), floración a inicio de llenado de granos (R1-R5), llenado de granos a madurez de cosecha (R5-R8) y ciclo completo (S-R8) del cultivo discriminados por cultivar (Granoleico y Utre), fecha de siembra (1°, 2° y 3° FS) y ciclo experimental (2009/10 y 2010/11).

La temperatura media mostró diferencias entre las fechas de siembra para las etapas fenológicas del cultivo analizadas. En la etapa S-R1 la temperatura media aumentó entre 1,9 °C (Utre 2009/10) y 4,9°C (Utre 2010/11) con el atraso de la siembra entre la 1° y 3° fecha (Tabla 2.1); mientras que la 2° fecha de siembra tuvo temperaturas intermedias entre la 1° y 3° FS. Por su parte, el ciclo experimental 2010/11 mostró mayores diferencias de temperatura durante la fase vegetativa del cultivo (4,6 y 4,9°C para Granoleico y Utre, respectivamente). Contrariamente, la temperatura media de la etapa reproductiva final del ciclo (R5-R8), disminuyó entre la 1° y 3° fecha de siembra de 2,8°C (Granoleico 2010/11) a 4,2°C (Granoleico 2009/10) y al igual que durante el periodo vegetativo, en esta etapa la temperatura de la 2°FS se mantuvo con valores intermedios entre las otras dos fechas de siembra.

La temperatura media a la que estuvieron expuestos los genotipos durante la etapa R1-R5 se mantuvo estable alrededor de 22,4±0,8°C en promedio de ambos cultivares y campañas, sin diferencias entre las FS.

Sólo la temperatura media en la etapa final del ciclo (R5-R8) se diferenció entre genotipos. Utre estuvo expuesto a temperaturas medias diarias mayores (20,3°C) ya que su menor longitud de ciclo posicionó esta etapa en momentos de temperatura más alta respecto a Granoleico (19,2°C), cuyo ciclo es 30 días más largo.

Estas diferencias de temperatura en las etapas iniciales y finales del ciclo del cultivo determinaron que, al considerar el ciclo completo de los cultivares, no se manifestaran diferencias entre las FS. Así, la temperatura media del ciclo total varió entre 20,3 y 21,9°C con un promedio de 21,03°C. Por su parte, el ciclo experimental 2009/10 presentó temperaturas medias a lo largo del ciclo de los cultivares mayores que las del ciclo 2010/11 (21,5 vs 20,6°C, respectivamente).

**Tabla 2.1.** Temperatura media del aire, radiación fotosintéticamente activa incidente (RFAinc) y cociente fototermal (Q) durante las etapas fenológicas de siembra a floración (S-R1), floración a inicio de llenado de granos (R1-R5), llenado de granos a madurez de cosecha (R5-R8) y ciclo completo (S-R8) de los cultivares de maní (Utre y Granoleico) en las fechas de siembra y los ciclos experimentales analizados.

Cultivar	Fecha de Siembra	Temperatura				RFAinc				Q			
		S-R1	R1-R5	R5-R8	S-R8	S-R1	R1-R5	R5-R8	S-R8	S-R1	R1-R5	R5-R8	S-R8
		°C				MJ m <sup>-2</sup>				MJ m <sup>-2</sup> °C <sup>-1</sup>			
<b>2009/10</b>													
<b>Granoleico</b>													
	1°	19,9	22,6	22,0	21,5	732	716	445	1893	1,33	1,18	0,94	1,17
	2°	21,2	23,2	19,7	21,4	727	593	439	1759	1,17	1,09	1,03	1,10
	3°	22,0	22,9	17,8	21,4	520	603	321	1445	1,18	0,98	1,04	1,06
<b>Utre-UNRC</b>													
	1°	20,0	20,9	23,2	21,4	598	587	574	1759	1,34	1,19	1,03	1,18
	2°	21,2	23,6	20,9	21,9	577	605	485	1667	1,19	1,17	0,96	1,10
	3°	21,9	21,2	19,2	21,4	488	509	435	1433	1,17	1,02	1,01	1,06
<b>2010/11</b>													
<b>Granoleico</b>													
	1°	18,5	23,3	19,8	20,4	734	749	694	2177	1,36	1,31	1,23	1,30
	2°	20,8	22,8	18,9	20,7	593	690	710	1995	1,34	1,28	1,18	1,25
	3°	23,1	20,8	17,0	20,3	611	689	401	1701	1,32	1,23	1,11	1,22
<b>Utre-UNRC</b>													
	1°	18,0	22,3	21,3	20,6	588	741	688	2017	1,39	1,30	1,21	1,30
	2°	20,4	23,6	19,3	21,0	528	675	655	1859	1,33	1,30	1,20	1,27
	3°	22,9	21,7	17,9	20,4	499	616	583	1698	1,30	1,24	1,16	1,22

La localización temporal del ciclo de los cultivares (S-R8) en la estación estival según la fecha de siembra (Figura 2.2), determinó que los cultivos sembrados temprano (1° y 2° FS) recibieran, en promedio, mayor cantidad de radiación solar (1961 y 1820 MJ m<sup>-2</sup>, respectivamente), que la 3° FS con 1319 MJ m<sup>-2</sup> de RFAinc (Tabla 2.1). Estas diferencias en RFAinc estuvieron a favor de la 1° FS en casi todas las etapas fenológicas del cultivo evaluadas. También se detectaron diferencias entre los cultivares donde Granoleico, debido a su mayor longitud de ciclo, recibió más RFAinc que Utre (1828 y 1738, respectivamente). Por su parte, el ciclo experimental 2010/11 mostró mayores valores de RFAinc (1957 y 1858 MJ m<sup>-2</sup> para Granoleico y Utre, respectivamente) que el 2009/10 (1699 y 1619 MJ m<sup>-2</sup> para Granoleico y Utre, respectivamente).

En los cultivares y fechas de siembra analizadas en este estudio, se observó una tendencia decreciente del Q con el atraso de la FS para cultivares y las etapas del ciclo. Así, para el ciclo completo (S-R8) de los cultivares, se observó una disminución de 1,17-1,18 a 1,06 y de 1,30 a 1,22 MJ m<sup>-2</sup> °Cd<sup>-1</sup> entre la 1° y 3° FS de ambos cultivares en el ciclo 2009/10 y 2010/11, respectivamente. Por último, no se detectaron diferencias debidas a los cultivares (Tabla 2.1).

### 2.3.2 Fenología

A medida que se atrasó la fecha de siembra, se produjo un acortamiento de la duración del ciclo total del cultivo en días (Tabla 2.2). El ciclo siembra (S) a madurez (R8) tuvo una extensión, en promedio de ambas campañas y cultivares, de 159, 152 y 137 días para la 1°, 2° y 3° fecha de siembra, respectivamente. La mayor proporción (~65%) de ese acortamiento se produjo en la etapa S-R1 y el resto entre R1-R5 y R5-R8, con porcentajes de reducción similares en ambas etapas.

Esa disminución del ciclo fue coincidente con el aumento progresivo de la temperatura media diaria durante las etapas iniciales del cultivo, asociado al avance de la estación estival, hasta mediados del mes de enero. Así, el aumento de la temperatura media durante la etapa S-R1 entre la 1° y 3° FS (ver Tabla 2.1), aceleró la tasa de desarrollo del cultivo y resultó en una duración 14 días menor en la 3° FS respecto a la 1° FS.

Contrariamente, la temperatura media de la etapa final del ciclo (R5-R8) disminuyó entre la 1° y 3° FS; aunque la duración de esa etapa también se redujo.

**Tabla 2.2:** Duración en días (D) y °Cd (TT) de las etapas de siembra a floración (S-R1), floración a inicio de llenado de grano (R1-R5), llenado de granos (R5-R8) y ciclo total (S-R8) de los cultivares Utre y Granoleico en función de la fecha de siembra y el ciclo experimental analizado.

Cultivar	Granoleico						Utre					
	1°		2°		3°		1°		2°		3°	
FS	D	TT	D	TT	D	TT	D	TT	D	TT	D	TT
<b>2009/10</b>												
S-R1	60	578	62	686	42	490	48	315	49	536	40	462
R1-R5	56	695	49	630	56	703	50	533	46	663	45	578
R5-R8	45	525	46	429	37 *	278	50	645	51	482	48	429
S-R8	161	1798	157	1745	135 *	1471	148	1647	146	1682	133	1470
<b>2010/11</b>												
S-R1	60	498	44	475	42	519	48	378	40	413	35	455
R1-R5	51	664	49	613	56	609	53	637	46	613	47	535
R5-R8	60	569	67	580	44*	311	56	677	59	532	59	449
S-R8	171	1731	160	1668	142*	1440	157	1692	145	1558	141	1439

\* Daño por heladas.

Con respecto a la respuesta fenológica de los genotipos, el ciclo (S-R8) del cultivar Granoleico tuvo una duración media de 154 días y superó, en nueve (9) días a Utre (145 días). Esta diferencia se explica por los cambios ocurridos en las etapas S-R1, R1-R5 y R5-R8, todas de duración mayor en Granoleico.

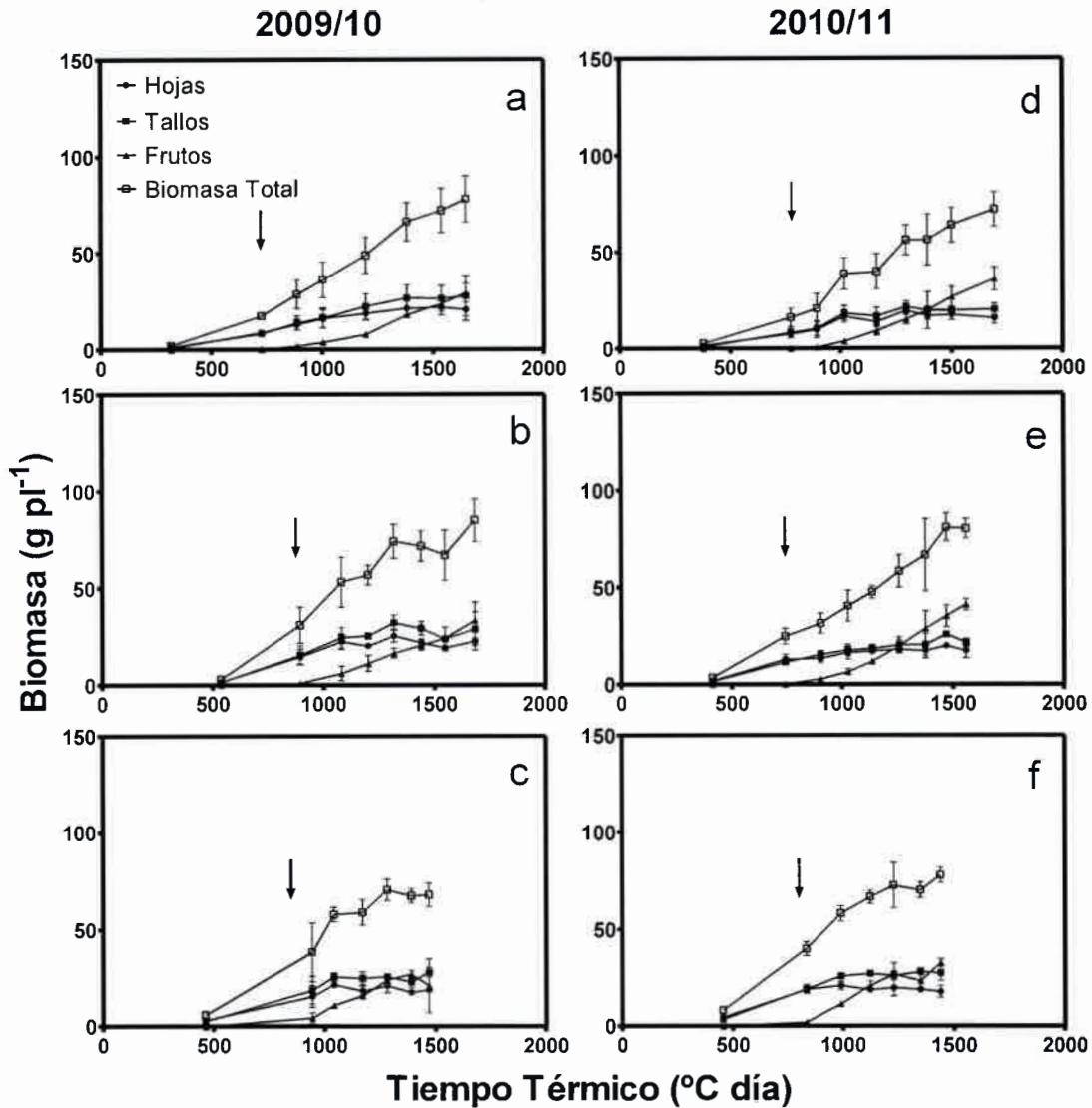
En general, la fenología expresada en tiempo térmico, mostró una menor variación. El cultivar Granoleico tuvo una duración mayor ( $1735 \pm 53$  °Cd) que Utre con  $1645 \pm 61$  °Cd, en promedio.

### 2.3.3 Crecimiento

Las Figuras 2.3 y 2.4 describen la evolución temporal de la biomasa total por planta (excluido el sistema radical) y de las distintas fracciones (hojas, tallos y frutos) de los cultivares Utre y Granoleico, respectivamente, en las diferentes fechas de siembra y estaciones de cultivo, en función del tiempo térmico acumulado.

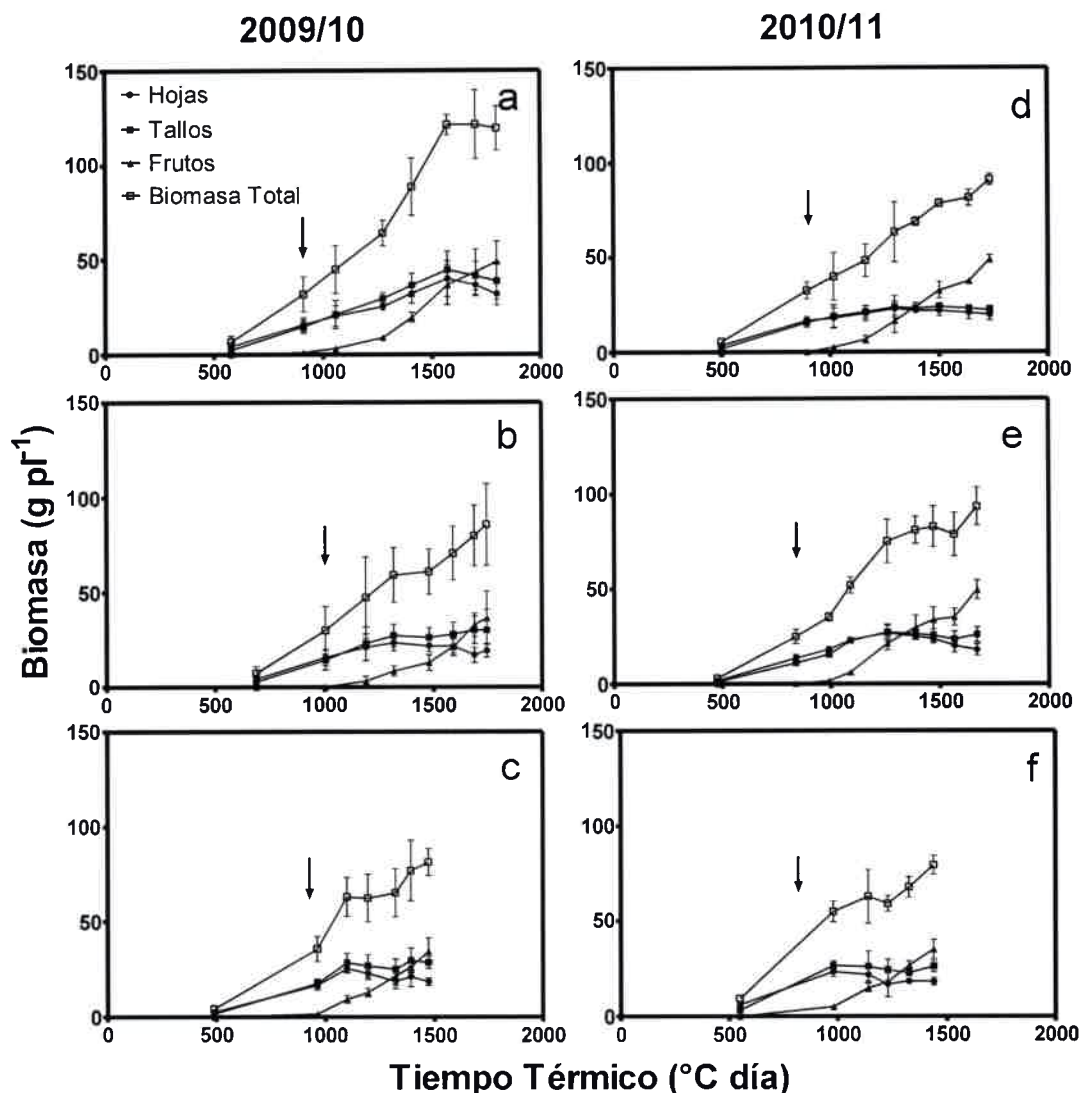
Utre produjo un máximo de  $85 \text{ g pl}^{-1}$  de biomasa total acumulada en la 2° FS del ciclo 2009/10, mientras que Granoleico, de mayor longitud de ciclo, produjo hasta  $119 \text{ g pl}^{-1}$  de materia seca en la 1° FS del mismo ciclo experimental. Esta tendencia, de altos valores de

biomasa de Granoleico en la 1° FS y Utre en la 2° FS, también se produjo en el ciclo experimental 2010/11.



**Figura 2.3:** Acumulación de biomasa aérea (peso seco por planta) y sus órganos componentes (hojas, tallos y frutos) en función del tiempo térmico desde la siembra del cultivar Utre en las tres fechas de siembra: 1° (a y d), 2° (b y e), y 3° (c y f) y los dos ciclos experimentales: 2009/10 y 2010/11. Las flechas indican el inicio del periodo crítico (comienzo de formación de frutos, etapa R3).





**Figura 2.4:** Acumulación de biomasa aérea (peso seco por planta) y sus órganos componentes (hojas, tallos y frutos) en función del tiempo térmico desde la siembra del cultivar Granoleico en las tres fechas de siembra: 1° (a y d), 2° (b y e), y 3° (c y f), y los dos ciclos experimentales: 2009/10 y 2010/11. Las flechas indican el inicio del periodo crítico (comienzo de formación de frutos, etapa R3).

Los menores valores de biomasa aérea total se registraron en la 3° FS en ambos cultivares y ciclos agrícolas. Sin embargo, Granoleico tuvo una tendencia decreciente de biomasa total con el atraso de la fecha de siembra con valores promedio de 93,4; 81,1; y 72,6 g pl<sup>-1</sup> para la 1°, 2° y 3° FS, respectivamente. Utre, en cambio, produjo, en promedio, mayor cantidad de biomasa aérea en la 2° FS con 82,8 g pl<sup>-1</sup>, y valores menores (75,1 y 73,0 g pl<sup>-1</sup>) en la 1° y 3° FS, respectivamente.

El crecimiento inicial de ambos cultivares, fechas de siembra y ciclos experimentales fue bajo, y en floración (R1) el cultivo sólo había acumulado entre 5 y 7% del peso total,



cuantificado a cosecha (R8). La biomasa total en floración aumentó a medida que se atrasó la fecha de siembra con valores medios de cultivares y ciclos experimentales de 3,77; 4,69 y 6,86 g pl<sup>-1</sup> para la 1°, 2° y 3° FS, respectivamente. Este patrón de respuesta se mantuvo hasta el inicio de la formación de frutos (R3), siendo la 3° FS la que presentó mayor biomasa aérea acumulada respecto de las otras dos, con valores de 27,0; 29,9 y 44,7 g pl<sup>-1</sup> para la 1°, 2° y 3° FS, respectivamente.

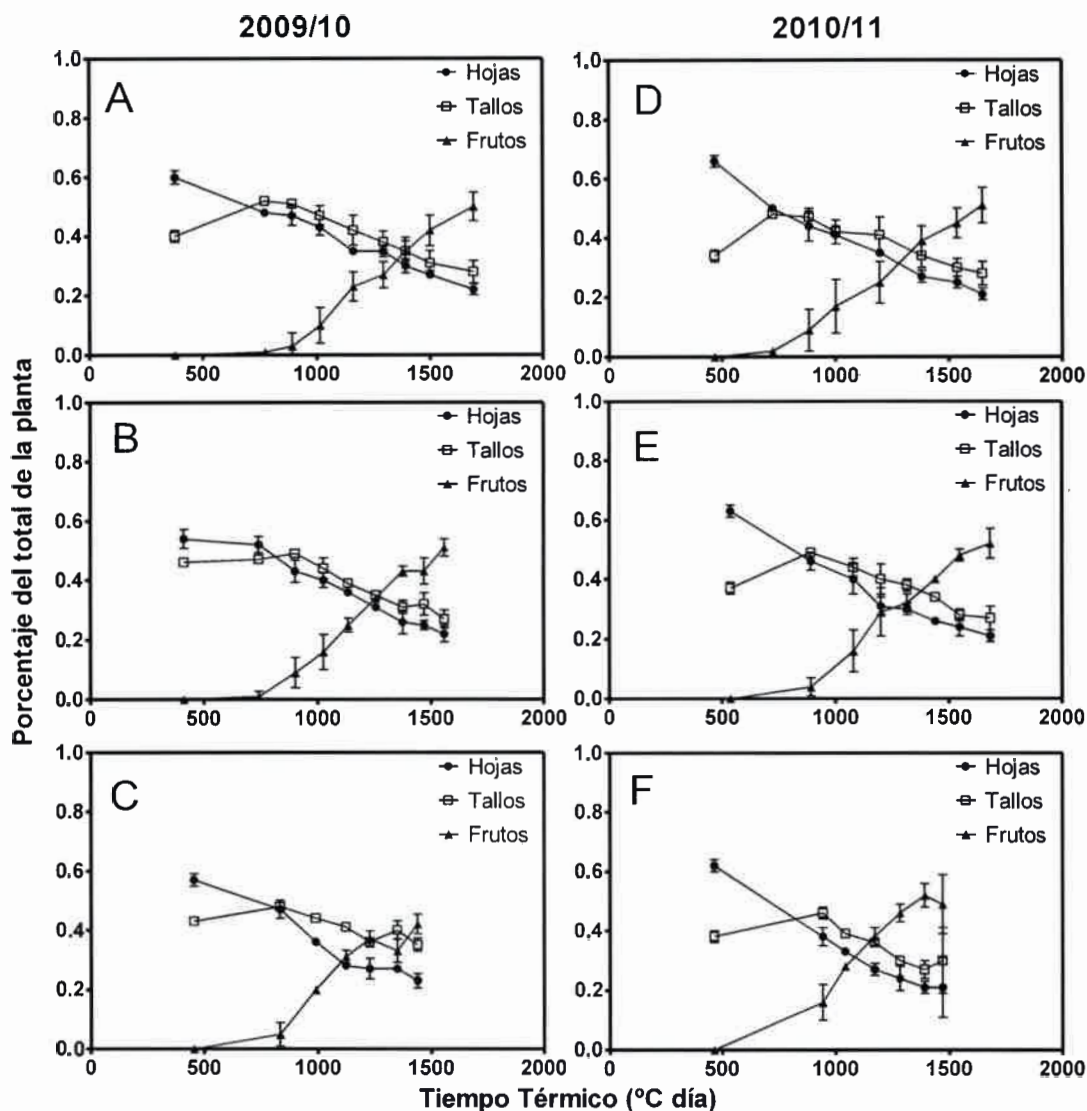
A continuación, se presenta y analiza la variación temporal de los patrones de distribución de biomasa aérea total en los órganos componentes (hojas, tallo/ramas y frutos) durante los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11 para los dos cultivares (Figuras 2.5 y 2.6).

En general, se observó un mayor índice de reparto hacia las hojas (entre 0,54 y 0,66) que a tallos (entre 0,34 a 0,46), hasta la etapa de floración (R1). Luego, entre R1 y el inicio de formación de frutos (R3-R4), la partición de biomasa fue similar entre esos órganos y comenzó un aumento progresivo del reparto hacia los frutos, que prosiguió hasta el final del ciclo del cultivo. En ese momento, se computaron índices de reparto hacia los frutos de hasta 58% de la biomasa producida por el cultivo. Paralelamente, durante este periodo la partición a hojas disminuyó proporcionalmente más que a tallos, y las Figuras 2.5 y 2.6 muestran una declinación, con ligero cambio de pendiente, en la acumulación de biomasa en ambos órganos.

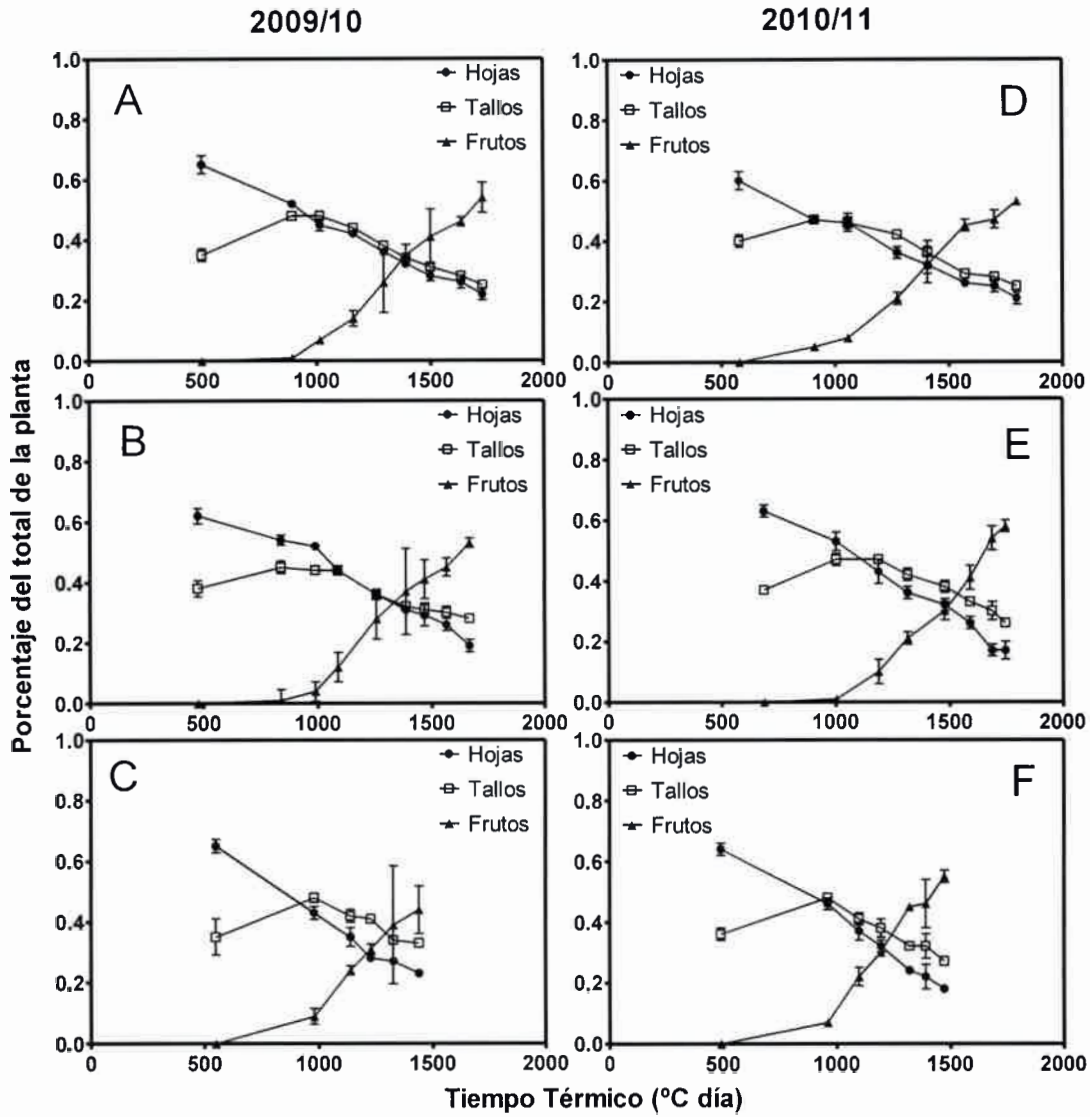
La fecha de siembra no modificó el patrón de reparto de biomasa entre los órganos vegetativos (hojas y tallos) en ninguna de las etapas analizadas. En floración (R1), la partición a hojas y tallos para las diferentes fechas de siembra fue similar ( $p=0,70$  y  $p=0,71$ , respectivamente). Respuestas semejantes se encontraron en R3 ( $p=0,07$  y  $p=0,33$ ) y R8 ( $p=0,14$  y  $p=0,22$ ) para hojas y tallos, respectivamente. Sin embargo, se hallaron diferencias estadísticamente significativas en el patrón de reparto a frutos. En R3, la 3° FS presentó mayor partición a frutos que las dos primeras (1° FS= 0,02; 2° FS= 0,02 y 3° FS= 0,09;  $p=0,04$ ); mientras que a cosecha (R8) el patrón de reparto fue inverso, con valores mayores en la primera y segunda fecha de siembra respecto a la tercera (1° FS= 0,52; 2° FS= 0,54 y 3° FS= 0,48;  $p=0,02$ ).

Esa respuesta también se presenta en la figura 2.7, donde el factor de partición a frutos de la 3° FS mostró un adelanto, en tiempo térmico pero no en relación a las etapas fenológicas, respecto a las dos primeras fechas de siembra en ambos cultivares y ciclos experimentales. Así mismo, los mayores valores de partición a fruto se produjeron en la 1° y

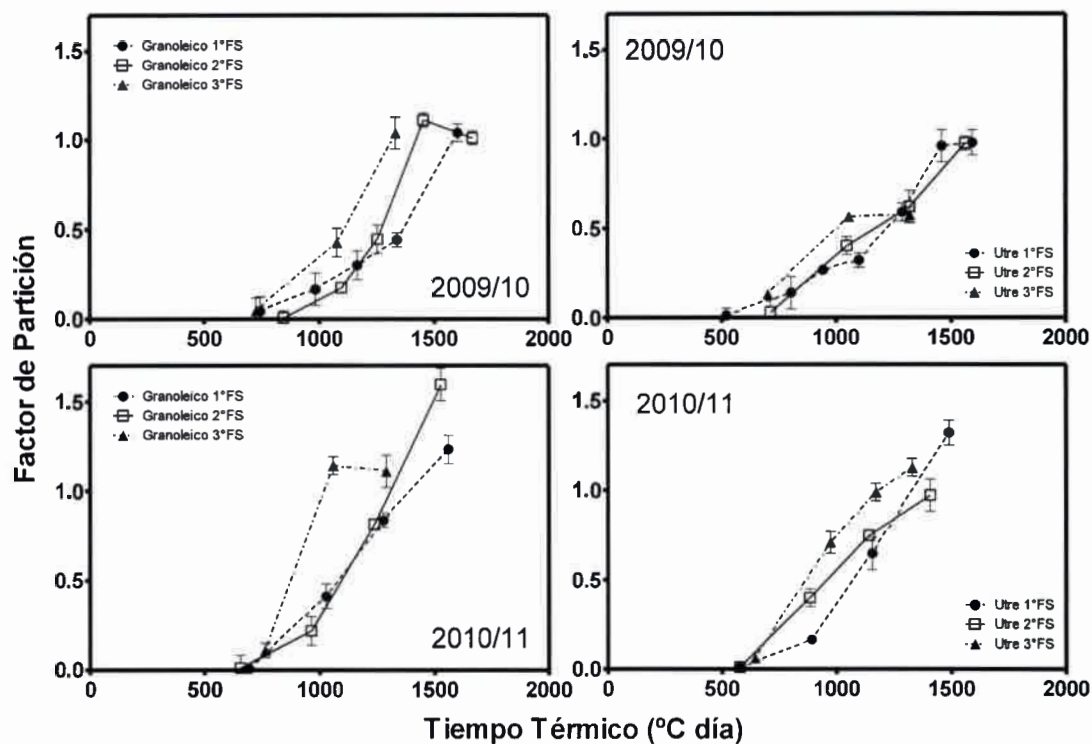
2° FS de Granoleico (1,16 y 1,35, respectivamente) y de Utre (1,14 y 0,97, respectivamente) respecto a la 3° FS (1,07 y 0,84 para Granoleico y Utre, respectivamente). Además, Granoleico (1,19 en promedio) presentó mayor partición a frutos que Utre (0,98).



**Figura 2.5:** Distribución porcentual de la materia seca en cada órgano (hoja, tallo/ramas y frutos) de la planta del cultivar Utre en función al tiempo térmico (°C día) desde la siembra, según 1° (A y D), 2° (B y E), y 3° (C y F) fecha de siembra, durante los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11.

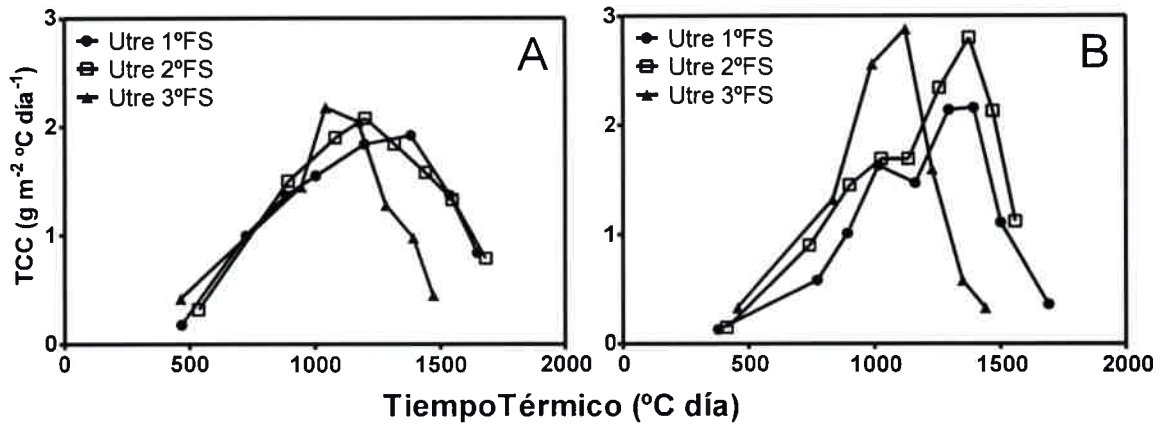


**Figura 2.6:** Distribución porcentual de la materia seca en cada órgano (hoja, tallo/ramas y frutos) de la planta del cultivar Granoleico en función al tiempo térmico (°Cdía) desde la siembra, según 1° (A y D), 2° (B y E), y 3° (C y F) fecha de siembra, durante los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11.



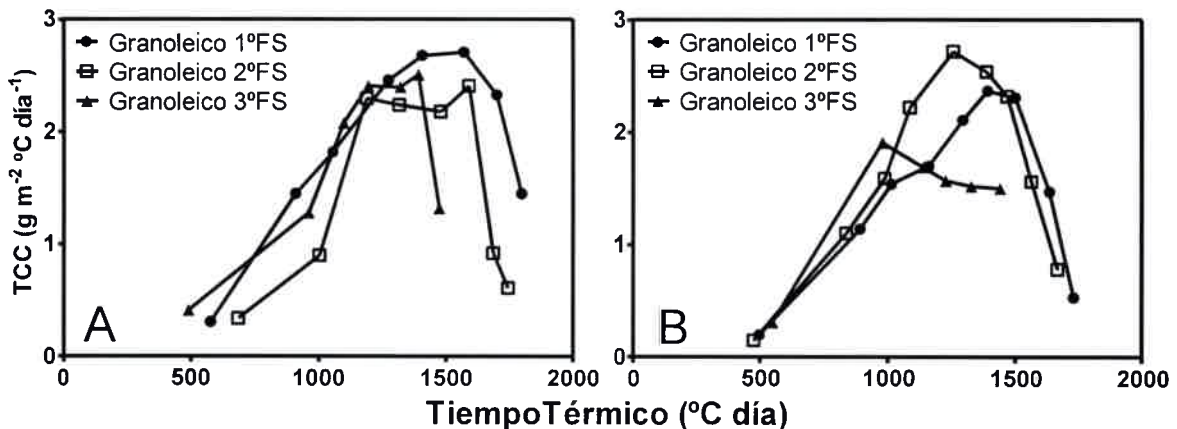
**Figura 2.7:** Factor de partición de materia seca a frutos de los cultivares Granoleico y Utre en función del tiempo térmico (°Cdía) desde la siembra, según fecha de siembra y ciclo experimental.

Las Figuras 2.8 y 2.9 muestran la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) en función del tiempo térmico, para los dos cultivares, las tres fechas de siembra y los dos ciclos experimentales. Los valores de TCC más altos se alcanzaron, en ambos cultivares, durante la fase de crecimiento lineal del cultivo y los valores de TCC iniciales fueron mayores a medida que se retrasó la fecha de siembra.



**Figura 2.8:** Dinámica temporal de la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) de Utré en función del tiempo térmico después de la siembra (°Cd), para las tres fechas de siembra y ambos ciclos experimentales 2009/10 (A) y 2010/11 (B).

La dinámica temporal de la TCC mostró un adelanto de los valores máximos en la 3° FS de ambos cultivares y ciclos experimentales. En promedio, de ambos ciclos experimentales, para Utré dichos valores ocurrieron a los 1386, 1287 y 1085 °Cd en la 1°, 2° y 3° FS, respectivamente. Por su parte, para el cultivar Granoleico, los valores máximos de TCC presentaron una ocurrencia temporal similar registrándose a los 1481, 1225 y 1084 °Cd en la 1°, 2° y 3° FS, respectivamente.



**Figura 2.9:** Dinámica temporal de la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) de Granoleico en función del tiempo térmico después de la siembra (°Cd), para las tres fechas de siembra y ambos ciclos experimentales 2009/10 (A) y 2010/11 (B).

Los mayores valores de TCC del cultivar Utre se produjeron en la 3° FS del ciclo 2010/11 ( $2,88 \text{ g m}^{-2} \text{ °Cd}^{-1}$ ), seguida por la 2° FS del mismo ciclo ( $2,80 \text{ g m}^{-2} \text{ °Cd}^{-1}$ ) y luego la 3°FS del ciclo 2009/10 ( $1,67 \text{ g m}^{-2} \text{ °Cd}^{-1}$ ), por último se ubicaron la 1° FS del ciclo 2010/11 ( $2,16 \text{ g m}^{-2} \text{ °Cd}^{-1}$ ) y la 2° y 1° FS del ciclo 2009/10 ( $2,08$  y  $1,92 \text{ g m}^{-2} \text{ °Cd}^{-1}$ ). Este cultivar mostró mayores diferencias entre ciclos experimentales. Granoleico, en cambio, no tuvo grandes diferencias entre ciclos experimentales. Los mayores valores se dieron en la 2° FS del ciclo 2010/11 ( $2,72 \text{ g m}^{-2} \text{ °Cd}^{-1}$ ), en la 1° y 3° FS del ciclo 2009/10 ( $2,71$  y  $2,51 \text{ g m}^{-2} \text{ °Cd}^{-1}$ , respectivamente) seguidos por la 2° FS del mismo ciclo ( $2,41 \text{ g m}^{-2} \text{ °Cd}^{-1}$ ) y la 1° y 3° FS del ciclo 2010/11 ( $2,37$  y  $1,69 \text{ g m}^{-2} \text{ °Cd}^{-1}$ , respectivamente).

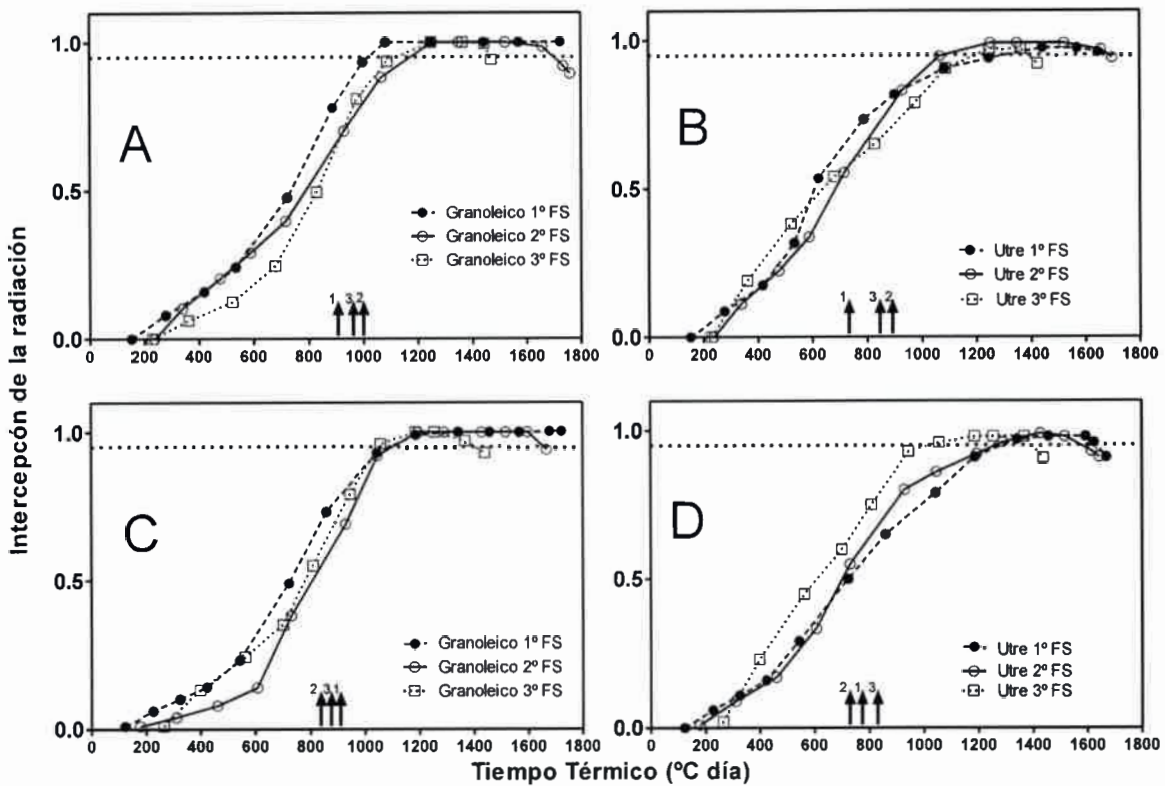
### 2.3.4 Intercepción de la radiación solar

Los cultivares utilizados en este estudio lograron superar el 95% de intercepción de la RFAinc en las 3 fechas de siembra y los dos ciclos experimentales evaluados (Figura 2.10). Esto sucedió, en promedio, alrededor del periodo de inicio de formación de frutos, en R4 en Granoleico (entre  $938$  y  $1172 \text{ °Cd}$  para el ciclo 2009/10 y entre  $1058$  y  $1082 \text{ °Cd}$  para el ciclo 2010/11) y en R5-R6 en Utre (entre  $1067$  y  $1298 \text{ °Cd}$  para el ciclo 2009/10 y entre  $1019$  y  $1285 \text{ °Cd}$  para el ciclo 2010/11).

Durante el ciclo experimental 2009/10, se observó el mismo patrón de llegada de ambos cultivares al 95% de intercepción de la radiación en la 1° FS, seguida por la 3° y 2° FS con poca diferencia entre ellas. En cambio, en el ciclo 2010/11 la 2° FS fue la que alcanzó más rápidamente el 95% de intercepción en ambos cultivares, con diferencias entre ellos en el momento de ocurrencia de esa condición para la 3° FS, que fue anterior en Granoleico, para la 1° FS fue en Utre (Figura 2.10).

El periodo del ciclo del cultivo (expresado en  $\text{°Cd}$ ) con una intercepción de la RFA superior al 95% fue diferente entre cultivares y fechas de siembra. En Utre, ese período fue menor con duraciones entre  $321$  y  $469 \text{ °Cd}$ . En general, la 2° FS fue la que presentó la mayor duración ( $469$  y  $381 \text{ °Cd}$ ) seguida por la 1° FS, en el ciclo 2009/10 ( $360 \text{ °Cd}$ ), y la 3° FS en el ciclo 2010/11 ( $335 \text{ °Cd}$ ). Por su parte, Granoleico mostró períodos de mayor duración con un rango entre  $347$  y  $787 \text{ °Cd}$ , donde se observó además una tendencia decreciente según la fecha de siembra para ambos ciclos experimentales de  $787$  y  $633 \text{ °Cd}$  para la 1° FS, de  $535$  y  $546 \text{ °Cd}$  para la 2° FS y de  $353$  y  $347 \text{ °Cd}$  para la 3° FS en los ciclos 2009/10 y 2010/11, respectivamente.



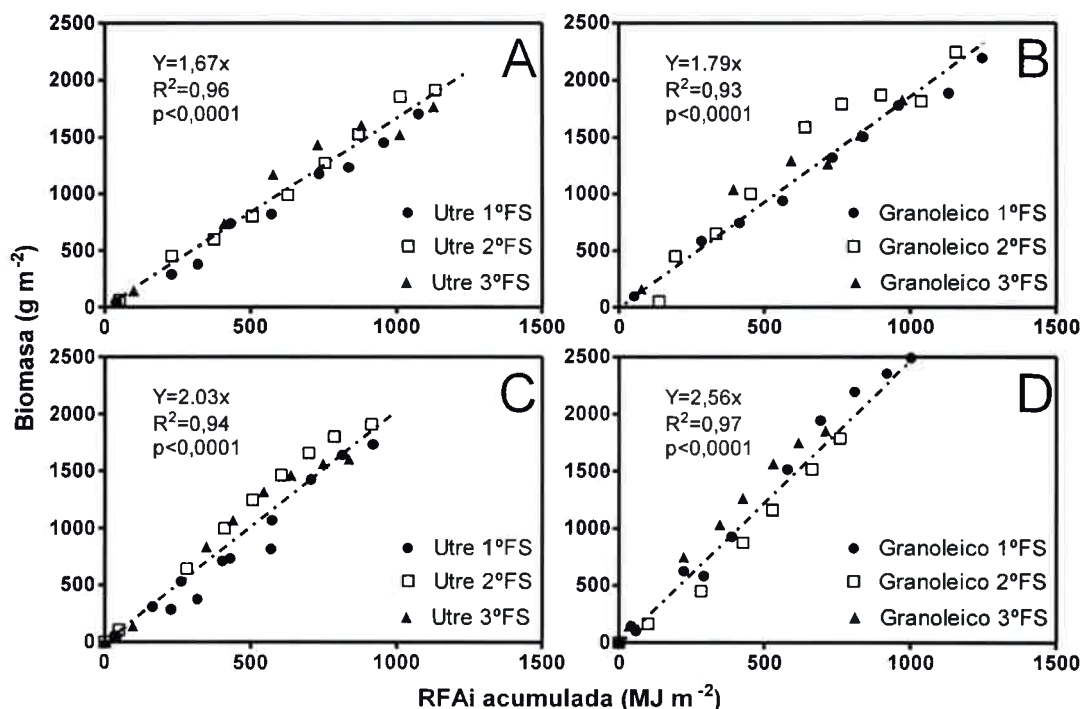


**Figura 2.10:** Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa incidente en función del tiempo térmico después de la emergencia para los cultivares Granoleico (A y C) y Utre (B y D), sembrados en diferentes fechas de siembra durante los ciclos 2009/10 (A y B) y 2010/11 (C y D). Las flechas indican inicio del periodo crítico, comienzo de formación de frutos (R3), para cada fecha de siembra, indicado como 1, 2 y 3.

Así, teniendo en cuenta la cantidad de RFA incidente (Figura 2.2 y Tabla 2.1) y la eficiencia de intercepción de esa radiación (Figura 2.10), Utre interceptó  $1132 \text{ MJ m}^{-2}$  durante la 2ª FS del ciclo 2010/11 como valor máximo y en promedio esta fecha de siembra logró la mayor cantidad de RFA interceptada ( $1024 \text{ MJ m}^{-2}$ ) seguida por la 1ª y 3ª FS (con  $997$  y  $980 \text{ MJ m}^{-2}$ , respectivamente). En Granoleico, la mayor RFA interceptada fue durante la 1ª FS ( $1123 \text{ MJ m}^{-2}$ ) -con un registro máximo de  $1244 \text{ MJ m}^{-2}$  durante el ciclo 2010/11- disminuyendo con el atraso de la fecha de siembra ( $1037$  y  $839 \text{ MJ m}^{-2}$  de RFA interceptada para la 2ª y 3ª FS, respectivamente).

Los valores promedio de EUR encontrados en este estudio variaron entre  $1,54 - 2,23$  y entre  $1,71 - 2,68 \text{ g MJ}^{-1}$  (RFAi) en Utre y Granoleico, respectivamente. En todos los casos, el cultivar Granoleico presentó mayores valores de EUR que Utre. El test de homogeneidad de pendientes mostró que la EUR de las diferentes fechas de siembra no presentaron diferencias

significativas tanto en Utre 2009/10 ( $p=0,31$ ) y 2010/11 ( $p=0,33$ ) como en Granoleico 2009/10 ( $p=0,36$ ) y 2010/11 ( $p=0,26$ ); por lo que fue posible calcular una única pendiente para el conjunto de datos (Figura 2.11).

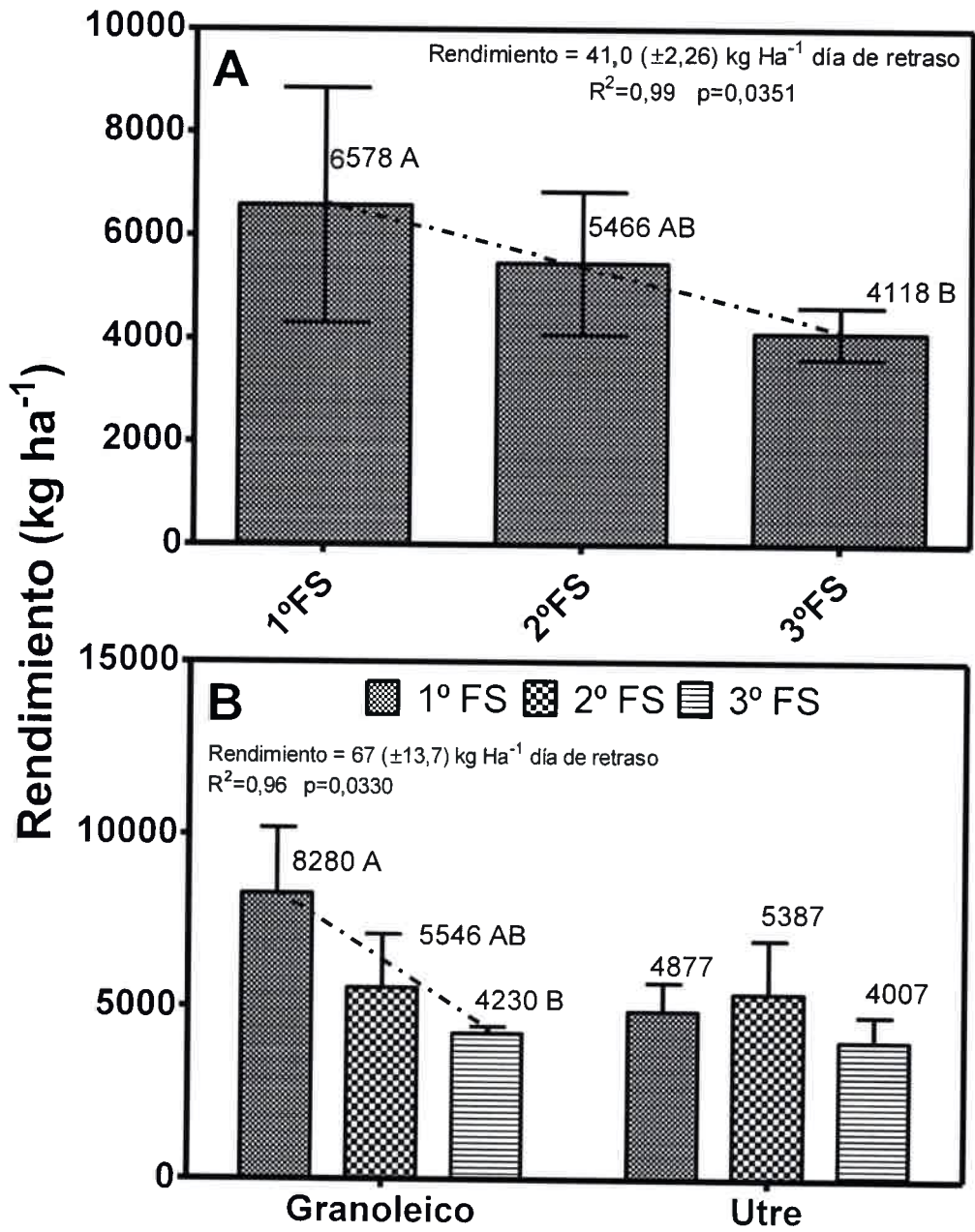


**Figura 2.11:** Relación entre la biomasa aérea acumulada y la RFA interceptada a lo largo del ciclo de los cultivares Utre (A y C) y Granoleico (B y D) para las campañas agrícolas 2009/10 (A y B) y 2010/11 (C y D). La pendiente de la función lineal representa la eficiencia de uso de la radiación (EUR) fotosintéticamente activa interceptada.

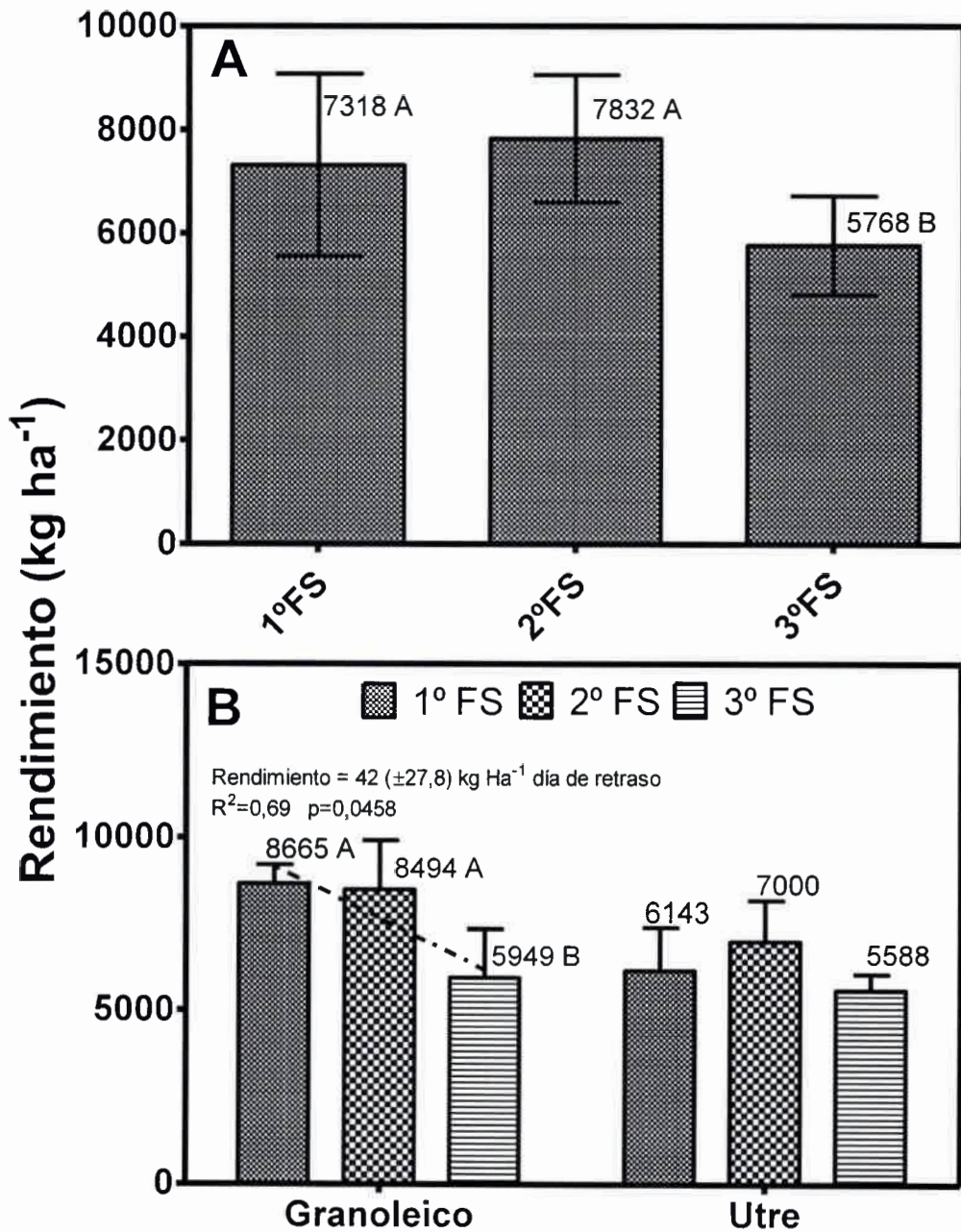
Por otro lado, el segundo ciclo experimental (2010/11) presentó, en ambos cultivares, mayores valores de EUR (2,03 y 2,56 g MJ<sup>-1</sup> para Utre y Granoleico, respectivamente) que las registradas en el ciclo 2009/10 (1,67 g MJ<sup>-1</sup> en Utre y 1,79 g MJ<sup>-1</sup> en Granoleico).

### 2.3.5 Rendimiento de frutos y sus componentes

El rendimiento de frutos de ambos cultivares en los dos ciclos experimentales, mostró cambios con el atraso de la fecha de siembra (Figura 2.12A y 2.13A).



**Figura 2.12.** Rendimiento de frutos promedio de ambos cultivares en cada fecha de siembra (A), y de cada cultivar (Granoleico y Utre) en función de las fechas de siembra evaluadas (B), en el ciclo experimental 2009/10.



**Figura 2.13.** Rendimiento de frutos promedio de ambos cultivares en cada fecha de siembra (A) y de cada cultivar (Granoleico y Utre) en función de las fechas de siembra evaluadas (B), en el ciclo experimental 2010/11.

El ajuste lineal de la figura 2.12A muestra una disminución promedio de ambos cultivares de 41 kg ha<sup>-1</sup> por cada día de atraso desde la primera fecha de siembra en el ciclo 2009/10, con diferencias estadísticamente significativas entre las fechas de siembra (p=0,0351). Una respuesta similar se observó en Granoleico cuando se analizaron los



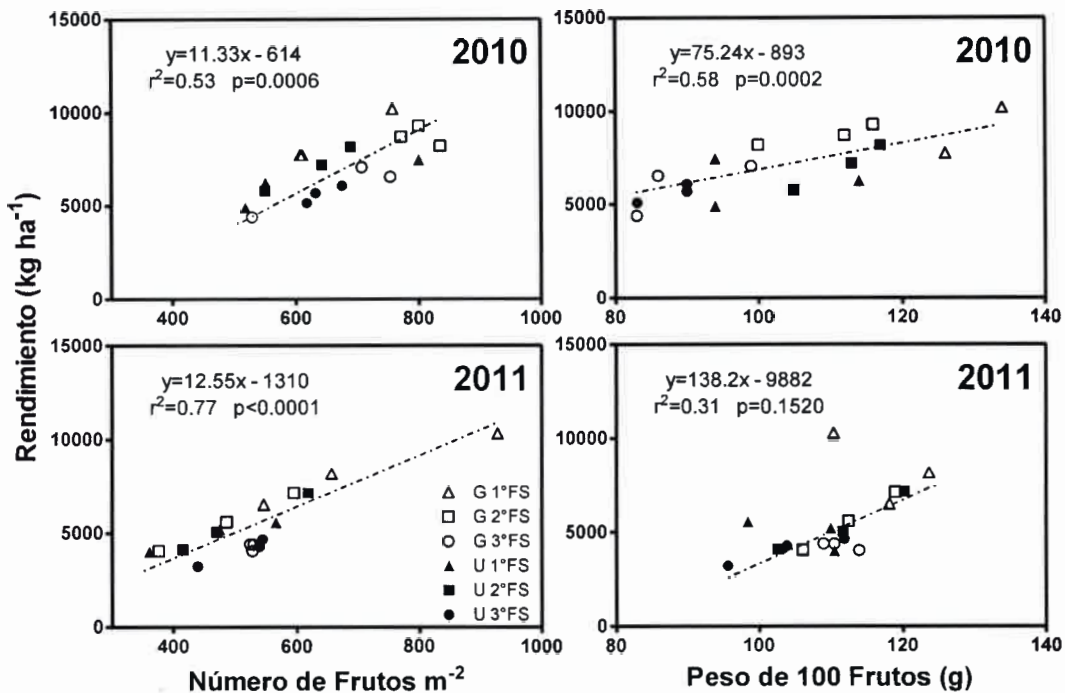
cultivares individualmente, con una disminución de  $67 \text{ kg ha}^{-1}$  por cada día de atraso desde la primera fecha de siembra (Figura 2.12B). Sin embargo, este patrón no se observó en Utre, donde la 2° FS fue la que produjo los mayores rindes sin diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,3044$ ).

Durante el ciclo 2010/11, el promedio de ambos cultivares arrojó el mayor rendimiento de frutos en la 2° FS sin diferencia con la 1° FS y sí entre ambas y la 3° FS ( $p=0,0426$ ) (Figura 2.13A). En este ciclo, Granoleico presentó diferencias entre la 1° y 2° FS respecto a la 3°FS ( $p=0,0161$ ) y se observó una disminución de  $42 \text{ kg ha}^{-1}$  por cada día de atraso desde la primera fecha de siembra. Mientras que Utre, al igual que en el ciclo anterior, no presentó diferencias entre las fechas de siembra ( $p=0,3140$ ) y los mayores rendimientos se produjeron en la 2° FS (Figura 2.13B).

Granoleico produjo un rendimiento de frutos mayor en todas las fechas de siembra ( $p=0,0063$ ), con un valor, promedio de fechas de siembra y ciclos experimentales, de  $6860 \text{ kg ha}^{-1}$  vs  $5500 \text{ kg ha}^{-1}$  de Utre. El segundo ciclo experimental presentó mayores rendimientos medios que el primero ( $5387$  vs  $6972 \text{ kg ha}^{-1}$  en 2009/10 y 2010/11, respectivamente).

El rendimiento de frutos del cultivo de maní presentó una correlación positiva y significativa con sus componentes numéricos directos: número y peso medio de frutos (Figura 2.14).

El retraso de la fecha de siembra produjo una disminución significativa de los pesos individuales de frutos maduros y semillas, a excepción del peso individual de frutos en 2009/10 (Tabla 2.3); así, la 2° y 3° FS tuvieron frutos con peso medio menores (1,7 y 13,3%) a los de la 1° FS, en promedio de ambos cultivares y ciclos experimentales. Similar tendencia se observó en el peso medio de las semillas con disminuciones, respecto a la 1° FS, de 7,0 y 19,3% en la 2° y 3° FS, respectivamente.



**Figura 2.14.** Relación entre el rendimiento de frutos de ambos cultivares y sus componentes directos, número de frutos m<sup>-2</sup> y peso de 100 frutos (g), en los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11.

Por otro lado, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas del número de frutos por unidad de superficie entre FS, factor de manejo que tampoco afectó el número de frutos maduros y totales por planta. Pero el porcentaje de frutos maduros fue superior en la 3° FS del ciclo 2009/10 (p=0,0391), así como el número de semillas por fruto (p=0,0003); diferencias que no se produjeron en el ciclo 2010/11 (p=0,1108 y p=0,0892, respectivamente).

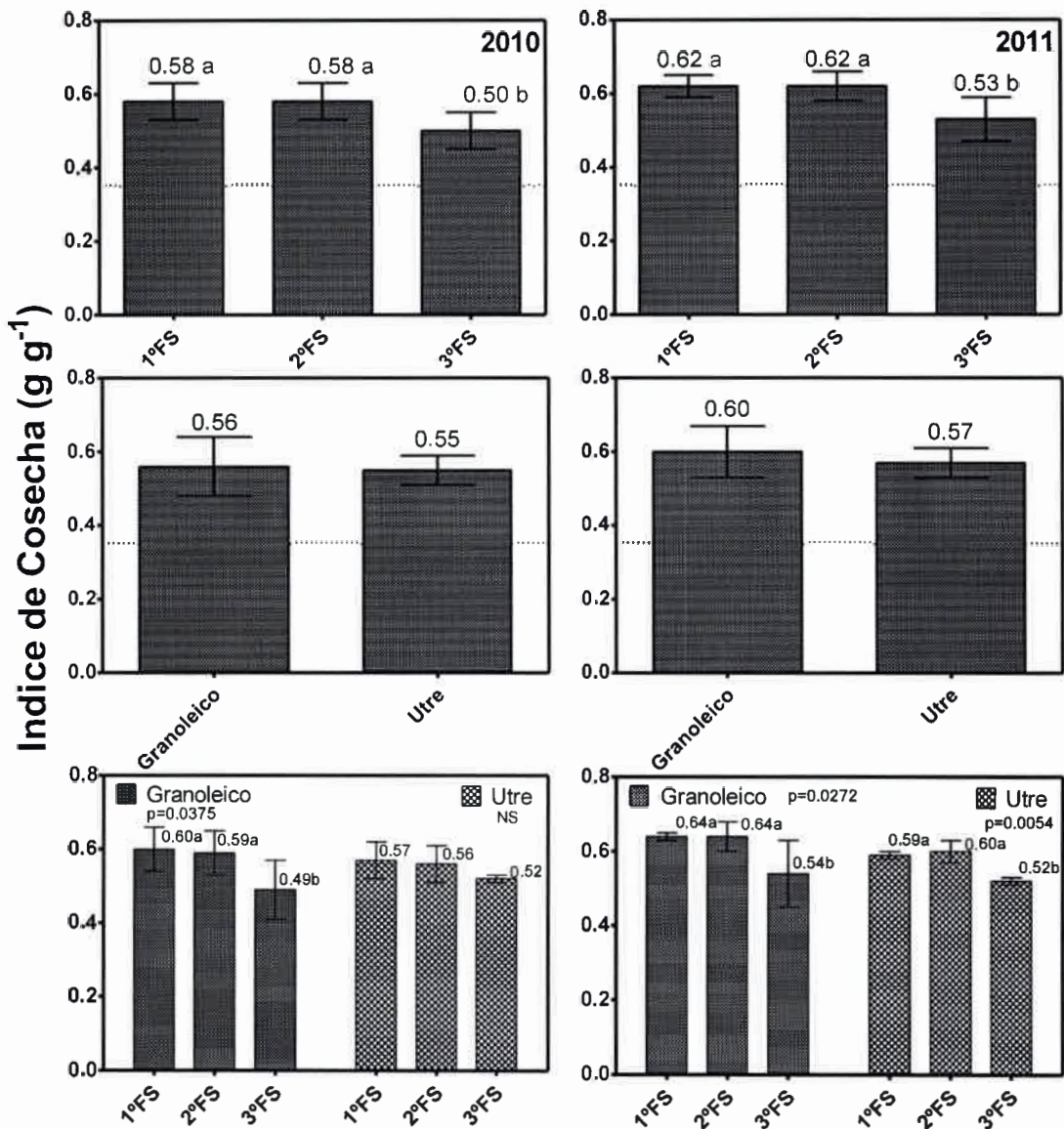
Cuando se analizaron los cultivares de manera independiente se observó diferencias en el comportamiento de los genotipos según el ciclo, aunque siempre Granoleico superó significativamente a Utre. En el ciclo 2009/10, fue mayor en el porcentaje de frutos maduros (15%; p=0,0382) y el número de semillas por fruto (23%; p<0,0001). En el ciclo experimental 2010/11 lo superó en porcentaje de maduros (12%; p<0,0001), número de semillas por fruto (7%; p<0,0001), peso individual de frutos maduros (9%; p=0,0264) y el número de frutos por unidad de superficie (12%; p=0,0440).



**Tabla 2.3:** Componentes numéricos directos e indirectos del rendimiento de frutos de los cultivares de maní Granoleico y Utre en función de la fecha de siembra en los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11.

	Frutos pl <sup>-1</sup>	Frutos Maduros pl <sup>-1</sup>	Porcentaje de Maduros	Semillas fruto <sup>-1</sup>	Peso 100 frutos (g)	Peso 100 semillas (g)	Frutos m <sup>-2</sup>
<b>2009/10</b>							
<b>Cvar</b>							
Granoleico	43,3	32,2	75 a	1,71 a	114	53	574
Utre-UNRC	40	27,57	65 b	1,39 b	107	54	492
<b>Fecha de Siembra</b>							
1°	48,8 A	32,99	67 B	1,56 B	112	57 A	589
2°	39,4 B	27,68	62 B	1,43 C	112	54 AB	494
3°	36,8 B	28,99	81 A	1,66 A	108	51 B	517
<b>ANAVA*</b>							
Cultivar	NS	NS	†	†††	NS	NS	NS
Fecha de Siembra	†	NS	††	††	NS	††	NS
Int. Cv x FS	NS	NS	NS	†	NS	NS	NS
<b>2010/11</b>							
<b>Cvar</b>							
Granoleico	53,2	39,64	74 a	1,74 a	109 a	50	708 a
Utre-UNRC	53,6	35,31	66 b	1,62 b	100 b	48	631 b
<b>Fecha de Siembra</b>							
1°	52,3	35,87	69	1,64	115 A	57 A	653
2°	55,3	40,03	73	1,72	111 B	51 B	715
3°	52,7	36,53	70	1,68	89 C	40 C	641
<b>ANAVA*</b>							
Cultivar	NS	NS	†††	†††	†	NS	†
Fecha de Siembra	NS	NS	NS	NS	†††	†††	NS
Int. Cv x FS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

\*††† p<0,001; †† p<0,01; † p<0,05; NS no significativo (test LSD de Fisher). En cada columna y ciclo experimental, letras mayúsculas (para fecha de siembra) y minúsculas (para cultivar) indican diferencias estadísticamente significativas.



**Figura 2.15.** Índice de cosecha promedios de fecha de siembra, cultivares (Granoleico y Utre) y su combinación, en los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11.

El índice de cosecha, promedio de ambos cultivares, fue similar en las dos primeras fechas de siembra (0,58 y 0,62 en el ciclo 2009/10 y 2010/11, respectivamente) y disminuyó significativamente un 14% ( $p=0,0302$ ) y 15% ( $p=0,0036$ ) en la 3ª FS en el ciclo 2009/10 y 2010/11, respectivamente (Figura 2.15). No hubo diferencias en el índice de cosecha en respuesta a los cultivares en ninguno de los ciclos (2009/10  $p=0,6333$  y 2010/11  $p=0,2395$ ), ni interacciones significativas entre fechas de siembra y cultivar ( $p=0,49$ ; datos no mostrados).

2.3.6 Calidad comercial

El rendimiento confitería mostró diferencias entre cultivares, los mayores valores se obtuvieron en la 1ªFS con valores de 85 y 82% para Granoleico y Utre en el primer ciclo experimental y de 87 y 78% en el segundo, respectivamente.

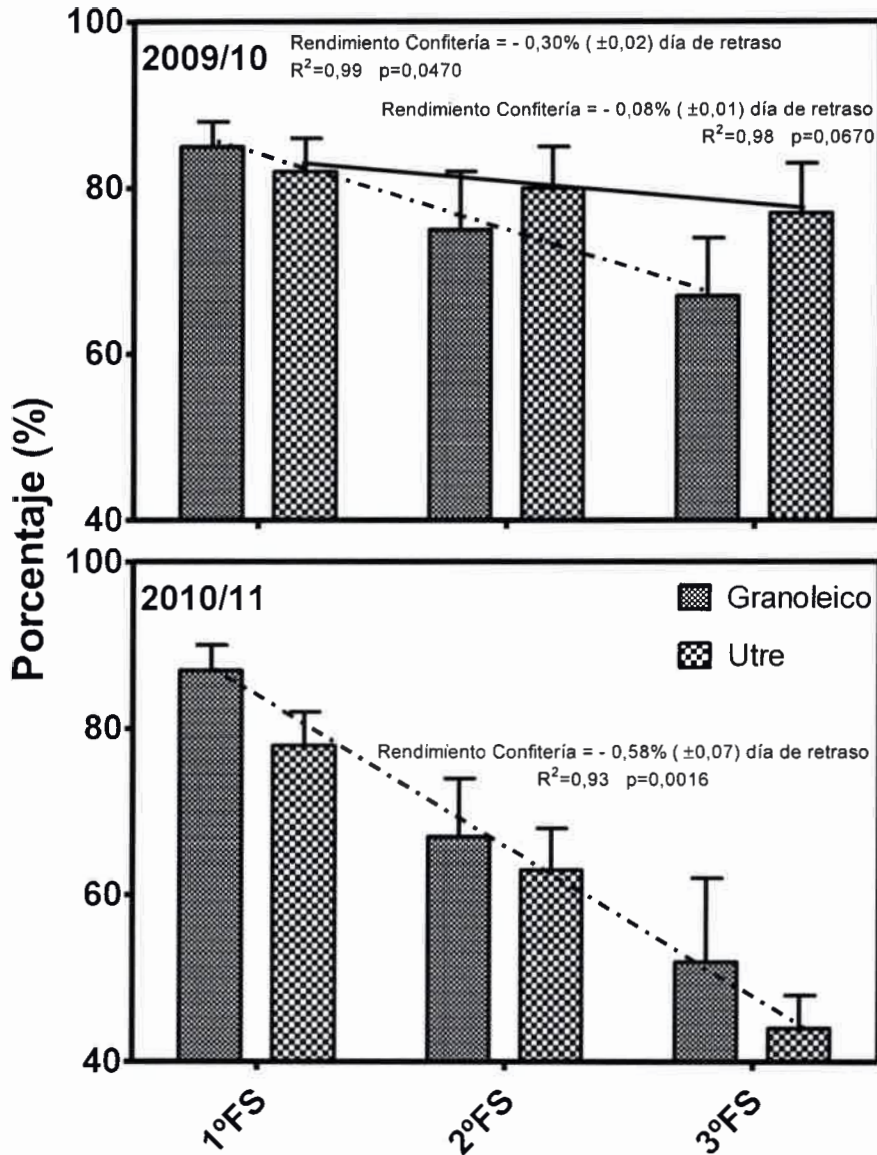
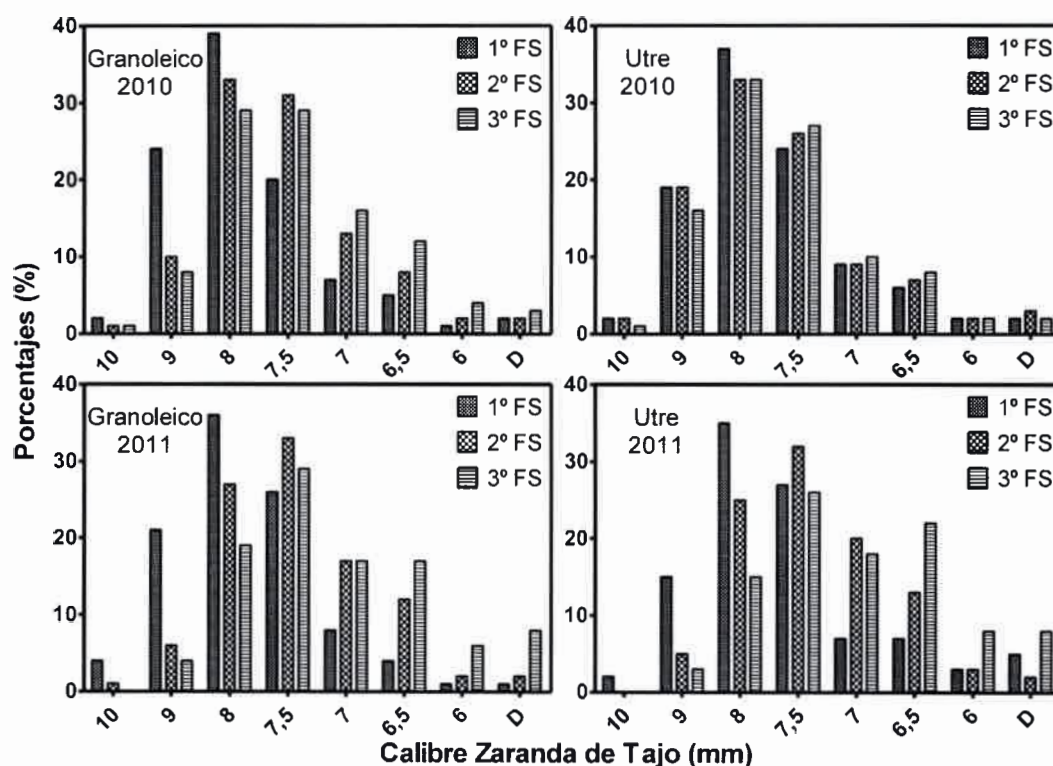


Figura 2.16. Rendimiento confitería (%) de los cultivares Granoleico y Utre en función de las fechas de siembra, evaluadas en los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11.

En ambos ciclos experimentales se observó una disminución del rendimiento confitería al atrasar la FS; en 2009/10 el rendimiento confitería disminuyó  $0,30 \pm 0,02$  puntos porcentuales en Granoleico y  $0,08 \pm 0,01$  en Utre por cada día de retraso desde la

1° FS. Mientras que en 2010/11 ambos cultivares ajustaron la expresión del comportamiento a una función lineal que describió una disminución de  $0,58 \pm 0,07$  puntos porcentuales por cada día de atraso desde la 1° FS (Figura 2.16).

A nivel de categorías granométricas, se observó en ambos cultivares y ciclos experimentales que un atraso de la fecha de siembra disminuyó el porcentaje de granos de tamaños mayores (zarandas 10, 9 y 8 mm) aumentando el porcentaje de granos de tamaños 7, 6,5 y 6 mm y el descarte (granos < 6 mm), presentándose el calibre de 7,5 mm como de transición entre ambas modificaciones debidas a la fecha de siembra (Figura 2.17).



**Figura 2.17.** Composición granométrica (%) de los cultivares Granoleico y Utre en función de las fechas de siembra, evaluadas en los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11.

Otro atributo de la calidad comercial, como la relación grano caja (G/C) también experimentó modificaciones. Así en el ciclo 2009/10 la 2° FS presentó una relación G/C de 0,80 y se diferenció de la 1° y 3° FS con una relación G/C de 0,79 y 0,78, respectivamente ( $p=0,0107$ ). En el segundo ciclo experimental, la 1° y 2° FS presentaron los mayores valores de G/C (0,81 y 0,79) y se diferenciaron de la 3° FS



(0,77) ( $p=0,0189$ ). A su vez, en el ciclo 2010/11 Granoleico con 0,80 superó a Utre (0,78) ( $p=0,0316$ ); mientras que no hubo diferencias entre Granoleico (0,80) y Utre (0,79) en 2009/10 ( $p=0,0756$ ).

## 2.4 DISCUSIÓN

Las combinaciones de fechas de siembra (3), ciclos experimentales (2) y longitud de ciclo de los genotipos (2), configuraron diferentes escenarios de temperatura y radiación a los que se expuso el cultivo de maní durante su estación de crecimiento.

El desarrollo del cultivo de maní está influenciado por el genotipo y variables ambientales como la temperatura (dos Santos *et al.*, 1997; Prasad *et al.*, 2000; Craufurd *et al.*, 2002; Kumar *et al.*, 2012) y el fotoperíodo (Bell *et al.*, 1991; Nigam *et al.*, 1998). Aunque, las restricciones en la disponibilidad de recursos edafoclimáticos (deficiencias hídricas, lumínicas y minerales) también pueden provocar modificaciones en la fenología del cultivo de maní (Kumar *et al.*, 2012). Los efectos de la fecha de siembra en la duración de las etapas fenológicas observados en este estudio son consistentes con la información detallada en la literatura. Haro *et al.* (2007a) describieron una reducción de 14 días en una siembra de fines de noviembre respecto a otra de mediados de octubre, ambas realizadas en Manfredi (Córdoba) con un cultivar tipo runner (Florman INTA), de similares características que Granoleico. También Canavar y Kaynak (2010) encontraron diferencias entre fechas de siembra en la duración del ciclo con valores de 169, 157, 148 y 143 días cuando sembraron un cultivo de maní tipo runner a intervalos de 14 días entre sí desde una fecha de siembra definida como temprana para la región del ensayo, en Turquía.

Al retrasar la siembra, las mayores temperaturas que experimenta el cultivo durante sus etapas iniciales aceleran su tasa de desarrollo. Al igual que lo encontrado por Bell *et al.* (1991) y Haro *et al.* (2007a), en este trabajo se halló que el acortamiento del ciclo del cultivo con el retraso en la fecha de siembra fue debido principalmente al acortamiento del periodo siembra - inicio de floración (R1) (Tabla 2.2). En tal sentido, Khalfaoui (1990) encontró que el lapso de tiempo entre la siembra y la emisión

acumulada de 50 flores, muestra fuerte correlación fenotípica con la duración del ciclo en el cultivo de maní y su precocidad.

La menor duración del periodo reproductivo, expresada como tiempo térmico, puede estar indicando que para las condiciones en las que se realizó este estudio hubo un efecto del fotoperíodo. A tal efecto Bell (1986) señala que existe una gran variabilidad genotípica de respuesta al fotoperíodo en maní y que este puede ser considerado como una planta de día neutral cuando las temperaturas diarias del aire son de 25 - 27°C o menores. En este sentido, Bagnall y King (1991) reportaron que las variedades examinadas (dos de tipo Español y dos tipo runner) mostraron una respuesta al día corto y que florecieron más rápido bajo esa duración del día con temperaturas altas (33/22 o 27/22°C día/noche); mientras que con temperatura baja (21/16°C), el tiempo hasta la primera flor fue similar entre los tratamientos. También la existencia de una variabilidad en los resultados, medidos en tiempo térmico, obtenidos en el presente estudio pueden ser adjudicados a una baja periodicidad (periodos de muestreo de 10 a 13 días) en la toma de estos datos fenológicos (ver materiales y métodos).

Es bien conocido que el crecimiento potencial del cultivo y su rendimiento son afectados por el ambiente; diversos autores lo adjudican principalmente a la radiación (Bell *et al.*, 1991; Collino *et al.*, 2000; Kiniry *et al.*, 2005; Haro *et al.*, 2007a) y la temperatura (Cox, 1979; Craufurd *et al.*, 2002; Padmalatha *et al.*, 2006; Kumar *et al.*, 2012).

En climas templados, estos factores ambientales varían mucho durante el ciclo del cultivo (Padmalatha *et al.*, 2006; Haro *et al.*, 2007a), con la longitud del ciclo del cultivar (Bell *et al.*, 1991; Nanja Reddy *et al.*, 1995), en función de la fecha de siembra (Bell, 1986; Canavar y Kaynak 2010) y todas sus interacciones (Nanja Reddy *et al.*, 1995; Chandrika *et al.*, 2008; Prathima *et al.*, 2012).

La cantidad de RFA interceptada por el cultivar Granoleico disminuyó entre 7 y 8% en la 2°FS y entre 21 y 29% en la 3°FS, respecto a la 1° FS. Similares valores fueron encontrados por Haro *et al.* (2007a) en para maní tipo runner y por Cirilo y Andrade (1994) en maíz. Sin embargo, en el cultivar Utre la mayor radiación acumulada se registró en la 2° FS con una disminución del orden del 3% en una FS más temprana y de 5% en otra más tardía. Esta respuesta se explica por una mayor eficiencia de interceptación en la 2° FS respecto a la 1° FS (Figura 2.10) y por una mayor cantidad de RFA incidente en la 2° FS respecto a la 3° FS (Figura 2.2). Este tipo de respuesta ha



sido descripta, por ejemplo, en variedades de soja de ciclos cortos (Kane y Grabau, 1992).

Las diferencias en la intercepción de la radiación observada entre cultivares (Figuras 2.10 y 2.11) pueden deberse a la longitud del ciclo y el porte (grado de ramificación) de los genotipos evaluados. El mayor tiempo que necesitó Utre para alcanzar el 95% de intercepción de la RFAinc, fue debido a su porte erecto y menor grado de ramificación; mientras que el tiempo requerido por Granoleico para alcanzar esa condición fue, en promedio, un 10% menor debido al porte rastrero y mayor grado de ramificación, característico de este cultivar. En este sentido, Aboagye *et al.* (1994) describieron que los cultivares tipo Virginia o runner poseen relativamente mayor IAF al inicio del ciclo del cultivo y que esa característica se presenta como una ventaja en la producción de materia seca durante esta fase temprana del ciclo del cultivo.

Diferencias en la intercepción de la radiación entre cultivares de distinto porte son descritas en la bibliografía. Lanier *et al.* (2004) señalan que los cultivares de porte erecto son más beneficiados al acortar la distancia entre surcos en sistemas de surcos apareados. En este sentido, Huyghe (1998) muestra que el patrón de ramificación posee gran importancia en la modificación de la intercepción de la luz en leguminosas de grano, sobre todo cuando la ramificación tiene lugar al comienzo del ciclo debido a la variación en el número de hojas por planta y la modificación de su distribución tridimensional. Aboagye *et al.* (1994) encontraron que los cultivares runner presentan una menor relación entre el porcentaje de RFA interceptada y el IAF del cultivo, especialmente en etapas avanzadas del ciclo de crecimiento, dado por un alto grado superposición de hojas y ramas que provocan un sombreado mutuo entre estos órganos.

Por otro lado, el cultivar Granoleico estuvo un 31% más de tiempo interceptando un alto porcentaje de RFAinc (95% o superior) que el cultivar Utre, poniendo en evidencia además la diferencia existente en la longitud del ciclo del cultivo entre estos tipos botánicos (Stalker, 1997).

Similares resultados fueron encontrados a nivel local donde se describe una mayor intercepción de la radiación incidente en un cultivar Virginia de hábito de crecimiento decumbente y mayor longitud de ciclo (Florman INTA) respecto a un cultivar Virginia x Español de porte semi-erecto y menor longitud de ciclo (Manfredi 393 INTA) (Collino *et al.*, 2001). En otro estudio, Nanja Reddy *et al.* (1995) encontraron, en un ensayo con diferentes fechas de siembra y tipos botánicos de maní,

que los altos rendimientos se relacionaron con una mayor duración del periodo reproductivo.

La EUR encontrada en este trabajo fue diferente entre Utre y Granoleico y los ciclos experimentales; sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre fechas de siembra (Figura 2.11). Varios autores concuerdan que en maní, la EUR interceptada es relativamente estable para un amplio rango de variables ambientales y de manejo. Kiniry *et al.* (2005), documentaron valores entre 1,71 y 2,32 g MJ<sup>-1</sup> de RFA interceptada, con un valor medio de EUR de 2,02 g MJ<sup>-1</sup> RFAi en un amplio rango de condiciones experimentales, localidades, manejos, fechas de siembra y genotipos. Por otro lado, y en concordancia con lo encontrado en este trabajo, los cultivares tipo runner presentan mayor EUR que los tipo Español o Valencia (Duncan *et al.*, 1978; Tillman y Stalker, 2009).

En este caso, las diferencias detectadas en la EUR entre los ciclos experimentales pueden explicarse a través de diferentes factores ambientales, como temperaturas mínimas más bajas, principalmente las nocturnas (Bell *et al.*, 1992), temperatura del suelo en la zona de fructificación (Awal e Ikeda, 2003b), cambios en el coeficiente de extinción (*K*) del cultivo dado por temperaturas iniciales más altas en 2009/10 (Bell *et al.*, 1993a), Pilumwong *et al.* (2007) señalaron que el área foliar por planta y la elongación de tallos tienen una respuesta lineal al aumento de la temperatura del aire hasta valores de 35°C, y principalmente a una menor actividad de destinos reproductivos (observado en el rendimiento final del cultivo) en el ciclo 2009/10 que pudo provocar esta menor EUR observada, tal como lo describen Haro *et al.*, 2007.

En general, la TCC siguió la marcha de la temperatura. Al analizar las relaciones entre TCC (Figuras 2.8 y 2.9) y variables ambientales (Tabla 2.1), se observó que la temperatura entre R1 y R5 ( $R=0,60$ ;  $p=0,02$ ) fue la variable ambiental que más se correlacionó con el tiempo en llegar a la máxima TCC. En cambio, en la determinación de los valores de TCC de máxima, las variables ambientales que más influyeron fueron la radiación incidente ( $R^2=0,56$ ;  $p=0,04$ ) y la temperatura ( $R=0,65$ ;  $p=0,04$ ) durante la etapa inicial del cultivo (periodo S-R1). En este sentido, otros autores encontraron en cultivares tipo Español, Valencia, Virginia (Aboagye *et al.*, 1994) y runner (Collino *et al.*, 2001), que el crecimiento, principalmente en las últimas etapas del ciclo del cultivo, responde altamente a la actividad de los destinos de fotoasimilados (frutos). Esta respuesta ha sido descripta para numerosos cultivos (Marcelis, 1996). Además, se han

reportado mayores tasas de fotosíntesis neta en diferentes genotipos de maní bajo temperaturas de 35/30°C (día/noche) comparados con tratamientos a temperaturas menores (25/20°C día/noche) (Talwar *et al.*, 1999).

Así, en las siembras tardías se acumuló relativamente la mayor cantidad de biomasa vegetativa, con un menor índice de cosecha, en ambos cultivares, mientras que la partición de asimilados entre hojas y tallos no se vio afectada por la fecha de siembra. Contrariamente, Bell (1986) encontró que las plantas que crecían a mayor temperatura y radiación tenían mayor cantidad de biomasa vegetativa fijada en tallos (partición a tallos) respecto a hojas, comparadas con aquéllas que crecían a menor temperatura, además se podía observar como una mayor longitud de los entrenudos. A su vez Cox (1979), observó que la producción de materia seca aérea tenía su óptimo a una temperatura media de 27,5°C y que no se observaba crecimiento a los 15,5°C, indicando una función lineal positiva entre estos valores de temperatura.

También las diferencias en la partición inicial (R3) y final (R7-R8) a frutos entre las FS pueden ser explicadas por la variación en la temperatura. El adelantamiento temporal de la partición a frutos observado principalmente en la 3ªFS de ambos cultivares y ciclos experimentales (Figura 2.7), se relacionó con las mayores temperaturas que experimentó el cultivo durante los periodos iniciales (S-R1) de su ciclo ( $R=0,69$ ;  $p=0,01$ ). Así mismo, los valores finales de partición a fruto mostraron una alta correlación con la temperatura hacia el final del ciclo (R5-R8) de los cultivares evaluados ( $R=0,57$ ;  $p=0,02$ ). Estos resultados son similares a los de Bell (1986), quien encontró que las mayores particiones a frutos se obtenían con las mayores temperaturas. En este sentido Ong (1984), describió que la mayor partición a frutos -expresada como la relación entre biomasa de frutos y la biomasa aérea- fue mayor a los 22°C (valor similar a los de fechas de siembras tempranas en el periodo R5-R8) y que aquélla decrecía a medida que la temperatura media del aire se incrementaba o disminuía.

La variación en la partición encontrada en este trabajo, también se puede observar mediante el índice de cosecha (Figura 2.15), que se redujo notablemente en las siembras tardías, respuesta que se encuentra documentada en numerosos trabajos (Bell *et al.*, 1991; Padmalatha *et al.*, 2006; Caliscan *et al.*, 2008 en maní; y Cirilo y Andrade, 1994, en maíz; Vega y Hall, 2002, en girasol). Esto podría deberse, además a las condiciones ambientales más desfavorables, a la mayor superposición de los estadios vegetativo y reproductivo en las siembras tardías, por lo que la formación de tallos y

hojas en crecimiento activo compite por los asimilados con los procesos de formación de órganos reproductivos que definen el rendimiento disminuyendo así el índice de cosecha (Padmalatha *et al.*, 2006). En este sentido, Haro *et al.* (2007b), observó una disminución en el crecimiento en la etapa final del ciclo del cultivo en fechas de siembra tardías. Estos autores encontraron una correlación entre esta variable y el número de destinos fijados (número de granos).

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que el rendimiento fue significativamente influenciado por la fecha de siembra en ambos ciclos experimentales. El retraso en la siembra desplaza el periodo reproductivo del cultivo a condiciones declinantes de radiación y temperatura que inciden negativamente en los procesos involucrados en la determinación del rendimiento (Cirilo y Andrade, 1994; Kumar *et al.*, 2012).

El retraso en la fecha de siembra en este trabajo produjo una disminución significativa del peso individual del fruto, al igual que lo hallado en la bibliografía (Ahmad *et al.*, 2007; Sardana y Kandhola, 2007; Chandrika *et al.*, 2008; Prathima *et al.*, 2012) pero, al contrario de lo señalado en la literatura, no se detectaron cambios significativos en el número de frutos maduros por planta.

Al contrario de lo expresado en la bibliografía, donde el porcentaje de madurez o de granos sanos y maduros (sound and mature kernels, SMK), disminuye marcadamente con retrasos en la fecha de siembra (Andersen y Gorbet, 2002; Chandrika *et al.*, 2008; Prathima *et al.*, 2012), en este estudio el porcentaje de frutos maduros fue mayor en la 3<sup>o</sup> FS diferenciándose de la 1<sup>o</sup> y 2<sup>o</sup> FS (Tabla 2.3). Esto pudo deberse a que el retraso en la fecha de siembra, para las condiciones ambientales del área manisera de Córdoba, redujo el grado de indeterminación, característico del maní, al coincidir el periodo reproductivo con condiciones sub óptimas para el crecimiento y desarrollo. En ese contexto, la planta prioriza el llenado de los frutos que ya se habían formado.

Granoleico superó significativamente a Utre en el número de frutos maduros y el peso de frutos maduros y semillas por planta; mientras que el peso individual del fruto no se diferenció entre cultivares. La diferencia en el rendimiento entre los cultivares se debió a las características propias de los tipos runner y Español, tal como lo describen Haro *et al.* (2013). Estos autores, encontraron que las principales diferencias en el rendimiento potencial de los genotipos utilizados en Argentina en los últimos 60 años se

debieron a la introducción, a mediados de la década de 1970, de los materiales runner de hábito de crecimiento rastrero.

Además, en el presente trabajo y en coincidencia con Padmalatha *et al.* (2006) y Caliskan *et al.* (2008) se relacionó el aumento significativo del rendimiento, con el alargamiento de la duración del ciclo del cultivo.

Los parámetros de calidad comercial evaluados en este trabajo mostraron una disminución en función del retraso en la fecha de siembra. La relación grano caja disminuyó significativamente (2%) entre la 1° y 3° FS, en coincidencia con los resultados de otros autores (Sardana y Kandhola, 2007; Caliskan *et al.*, 2008).

La disminución del rendimiento confitería en relación a la FS, ajustó a un modelo lineal con 0,30 y 0,08 puntos porcentuales de caída en Granoleico y Utre, respectivamente durante el ciclo 2009/10; y de 0,58 puntos porcentuales por cada día de retraso respecto a la 1° FS para ambos cultivares en el ciclo 2010/11. Un resultado similar fue obtenido por Haro *et al.* (2007b), quienes encontraron en la siembra temprana el mayor porcentaje de la fracción maní confitería y mayores tasas de crecimiento del cultivo y de los frutos. Igualmente, Mazingo *et al.* (1991), observaron que fechas de siembra tempranas produjeron granos más grandes, además de otros efectos genotípicos (cultivares) y de manejo del cultivo (*i.e.* fechas de arrancado) sobre este parámetro.

Se requieren estudios futuros conducidos para maximizar la productividad de este tipo de ambiente donde la estación de crecimiento es corta respecto a la duración del ciclo de los cultivares más difundidos. También se requieren programas de mejoramiento para aumentar el rendimiento potencial de los cultivares de ciclo corto y el desarrollo de cultivares con mayor tolerancia a las bajas temperaturas en germinación que representaría una ventaja comparativa en fechas de siembra tempranas.



## 2.5 CONCLUSIONES

Las diferentes etapas fenológicas del cultivo de maní ocurren en distintos regímenes ambientales debido a la longitud del ciclo de los cultivares, la fecha de siembra y la interacción entre estas variables.

En la FS temprana (primera década de octubre) en la región de Río Cuarto (Córdoba), la duración del ciclo de maní fue mayor y, por ello, capturó más cantidad de radiación respecto a las otras fechas de siembra. Ambos parámetros, duración del ciclo y RFA<sub>i</sub>, disminuyeron con el atraso de la siembra (comienzos de noviembre y diciembre) debido a la respuesta inversa de la tasa de desarrollo del cultivo a la temperatura, particularmente notoria en la 3<sup>o</sup>FS.

Al retrasar la FS la TCC es mayor durante los periodos iniciales del ciclo del cultivo, observándose un adelantamiento del momento de TCC máxima, cambios que suceden en respuesta a una mayor temperatura y RFA<sub>inc</sub>, que se refleja en el patrón de producción de biomasa y su partición a los diferentes órganos de la planta.

La combinación entre fecha de siembra y longitud de ciclo de los cultivares afectaron la ubicación del período crítico de definición de los componentes del rendimiento y la cantidad de energía radiante capturada por el cultivo durante los mismos. En particular, resultó afectado el peso de frutos maduros y de granos, que disminuyeron al atrasar la fecha de siembra, con un comportamiento similar en ambos cultivares y años de estudio. En consecuencia, el rendimiento de frutos y la calidad comercial del producto (rendimiento confitería y proporción de tamaños granométricos >7 mm) se redujeron lineal y negativamente con el atraso de la fecha de siembra en ambos cultivares.

Finalmente, el índice de cosecha también disminuyó con el atraso de la fecha de siembra, particularmente en la más tardía (comienzos de diciembre).



# Capítulo III

## **CAPÍTULO III**

### **DISTRIBUCIÓN DE LA BIOMASA ENTRE CATEGORÍAS DE RAMAS Y SU CONTRIBUCIÓN AL RENDIMIENTO EN GENOTIPOS DE MANÍ CON DIFERENTE PORTE Y PATRÓN DE RAMIFICACIÓN**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

La arquitectura de la planta de maní, determinada por la combinación del porte y patrón de ramificación, produce diferentes modelos de distribución de los frutos en el suelo (Giayetto *et al.*, 2007). También establece diferencias en el grado de indeterminación y la longitud del ciclo entre los tipos comerciales runner y Español. Los genotipos de porte erecto y ramificación secuencial (Español) tienen una distribución de frutos concentrada en el tiempo y espacio alrededor del eje principal de la planta y son de ciclo intermedio a corto; mientras que los genotipos de porte rastrero y de ramificación alternada (runner), desarrollan sus frutos a mayor distancia del eje central de la planta y con diferente grado de madurez debido a su mayor indeterminación y longitud de ciclo (Giambastiani, 2000).

Awal e Ikeda (2003a) observaron que el número de ramas primarias y su longitud se correlacionaron positivamente con el rendimiento de frutos. Baydar (1992) ya había mostrado que la cantidad de ramas primarias de seis cultivares tipo Virginia varió entre 6 y 10, con un rol importante en el rendimiento de frutos. Así, las diferentes categorías de ramas poseen una influencia diferencial sobre el rendimiento final de la planta (Shashidhar *et al.*, 1986; Rehman *et al.*, 2001), según los resultados de distintos trabajos que exploraron la contribución relativa de las categorías de ramas al rendimiento.

Cholaky *et al.* (1998) encontraron diferencias en la distribución de los frutos entre las categorías de ramas según los tipos botánicos de cultivares de maní de amplia difusión en Argentina (1 cultivar de tipo Valencia, 1 Español, 1 Español x Virginia, 1

Virginia semierecto y 2 runner). La eficiencia reproductiva (número de frutos maduros respecto al número de frutos totales más clavos) fue mayor en el eje  $n$  (49%) y las ramas  $n+1$  (50,6%) y disminuyó significativamente en las ramas  $n+2$  (37%) y  $n+3$  (8,3%). Los autores atribuyeron esta respuesta a la ubicación de las ramas respecto al suelo, a la cronología del desarrollo floral, a la competencia entre órganos o a un abastecimiento insuficiente para la demanda total de asimilados.

Choudhari *et al.* (1985) en un estudio con 29 genotipos Virginia bunch, hallaron que las ramas primarias ( $n+1$ ) contribuían con 86 a 91% del número de frutos por planta y que, además, los primeros cuatro nudos reproductivos aportaban en promedio el 85% de los frutos. De allí, sugirieron la importancia de seleccionar genotipos con más ramas primarias por planta. Shashidhar *et al.* (1986) describieron que el tallo  $n$  contribuye con el 6,6%, las  $n+1$  con el 85,2% y las  $n+2$  con el 9,4% del rendimiento total de la planta en promedio de 8 variedades de maní tipo Español. Sin embargo, estos autores indicaron que el número de frutos maduros disminuyó marcadamente con cada nueva rama  $n+1$  producida sobre el eje  $n$ , destacando que las ramas  $n+2$  cotiledonares contribuyeron de manera importante al rendimiento comparadas con las *otras*  $n+1$ , producidas en los nudos del tallo principal por encima del nudo cotiledonar debido, principalmente, al desarrollo más temprano de aquéllas.

Según Giayetto *et al.* (2007) sobre las ramas  $n+1$  cotiledonares y las *otras*  $n+1$  se desarrolló, en promedio, el 73% de los frutos maduros por planta con diferencias significativas a favor de cultivares runner (Uchaima y Tegua) respecto al cultivar de tipo Español (Utre). Estos autores destacaron la mayor proporción de frutos maduros sobre el total por planta en el cultivar tipo Español, indicando un período de formación de frutos más concentrado en el tiempo y un menor grado de indeterminación, comparado con los cultivares tipo runner.

En otro trabajo, Giayetto *et al.* (2012) encontraron en cultivares de tipo Español (Utre y LF40) que el 86% del rendimiento era aportado por las ramas primarias ( $n+1$  cot y *otras*  $n+1$ ), y adicionando las ramas secundarias este porcentaje llegaba al 90%, dejando aproximadamente un 4% asignado al eje  $n$ . A su vez, encontraron que para cultivares tipo runner (Tegua, LF42; Florunner; ET6 y Uchaima) la proporción del rendimiento que se localizaba en las ramas primarias ascendía al 91%, que sumando el

aporte de las ramas secundarias, estos valores llegaban casi a la totalidad del rendimiento por planta.

Por su parte, Rehman *et al.* (2001) y Awal e Ikeda (2003a) encontraron que el número de ramas primarias ( $n+1$ ) y su longitud media (Canavar y Kaynak, 2010) correlacionaron significativamente con el rendimiento de frutos. Kumar y Kumar (1999) obtuvieron una correlación entre el número de ramas y el peso de frutos por planta, y el rendimiento final de frutos y granos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en 8 cultivares tipo Español y 8 tipos Virginia.

Kumar y Kumar (1999) encontraron diferencias entre cultivares de tipo Español y Virginia en el número de ramas diferenciadas por planta (24,2 vs 30,8, respectivamente), indicando que el número de ramas por planta fue estable entre los cultivares del mismo tipo botánico.

La marcada indeterminación del crecimiento y la naturaleza secuencial de la producción de flores del maní (Stalker, 1997), resulta en una población de frutos con un amplio rango de estadios de desarrollo; mientras las estructuras vegetativas continúan creciendo durante el desarrollo reproductivo. Consecuentemente, durante el periodo de formación de frutos y semillas, hay destinos diferentes compitiendo por los asimilados que produce la planta (Huyghe, 1998). Para aportar nuevos conocimientos sobre la generación del rendimiento de este cultivo, es importante conocer cómo los asimilados producidos por el canopeo son particionados entre los diferentes destinos durante el ciclo del cultivo. Si bien están ampliamente estudiadas estas variables a nivel de planta o cultivo en general, son escasos los estudios que hacen referencia a la arquitectura interna de la planta de maní en referencia a su hábito de crecimiento, porte y patrón de ramificación.

El objetivo del presente trabajo fue (i) describir la dinámica temporal de la partición de biomasa y del índice de cosecha (IC), (ii) cuantificar la contribución relativa al rendimiento del cultivo de cada categoría de ramificación en genotipos de diferente hábito de crecimiento y patrón de ramificación, y (iii) validar la utilización de los cultivares Utre y Granoleico como materiales representativos de los tipos Español y runner, respectivamente.

### 3.2 MATERIALES y MÉTODOS

#### 3.2.1 Descripción de los ensayos experimentales

Los experimentos fueron realizados durante los ciclos 2009-2010 y 2010-2011 (Exp1) y 2011-2012 (Exp2) en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC (33°07' de latitud S, 64°14' de longitud W y una altitud de 421 m sobre el nivel del mar) en un suelo Hapludol típico de textura franca arenosa fina (ver características del lugar en apartado Materiales y Métodos del Capítulo II).

En el Exp1, se sembraron los cultivares Utre y Granoleico como genotipos representativos del porte y patrón de ramificación de los tipos botánicos Español y runner, respectivamente. Se utilizaron tres fechas de siembra: 08 de octubre, 10 de noviembre y 09 de diciembre de 2009 y 08 de octubre, 10 de noviembre y 10 de diciembre de 2010 (1°, 2° y 3° fecha de siembra para cada ciclo experimental, respectivamente). La siembra se realizó en forma manual en surcos distanciados a 0,70 m y 0,08 m entre plantas. El diseño experimental utilizado fue en bloques completos aleatorios, con un arreglo de parcelas divididas (Di Rienzo *et al.*, 2005), siendo el factor principal la fecha de siembra y el factor secundario los genotipos de diferente porte y patrón de ramificación. Las parcelas experimentales tuvieron 9 surcos de 12 m de largo y un tramo de 1,1 m para tránsito en ambos extremos de todos los surcos (ver más detalles en apartado Materiales y Métodos del Capítulo II).

En el Exp2, y con el fin de ampliar el espectro de genotipos de cada tipo botánico y compararlos con los genotipos utilizados en el Exp1, se sembraron seis cultivares tipo runner<sup>1</sup> (*A. hypogaea* subespecie *hypogaea* var. *hypogaea*): Florunner, Florman, Manigran, Asem 485, Pepe Asem y Granoleico, y ocho cultivares tipo Español<sup>2</sup> (*A. hypogaea* subespecie *fastigiata* var. *vulgaris*), 607-4, 59-127, TMV 7, 55-437, AH 687, Utre, Manfredi 68 y U4-7-7 el 10 de noviembre de 2011, dispuestos en parcelas al azar con tres repeticiones y un espaciamiento de 0,70 m entre surcos y de 0,08 m entre plantas.

---

<sup>1</sup> Cultivares obtenidos del Banco de Germoplasma del Criadero "El Carmen", de la Facultad de Agronomía y Veterinaria UNRC y del INTA E.E.A. Manfredi.

<sup>2</sup> Cultivares obtenidos del Banco de Germoplasma del INTA E.E.A. Manfredi y de la Facultad de Agronomía y Veterinaria UNRC a partir de sesiones del ICRISAT (India) y USDA (EUA).

En ambos experimentos, el cultivo se condujo sin limitaciones hídricas ni nutricionales y se aplicó un manejo sanitario con el objeto de mantenerlo libre del efecto de malezas, plagas y enfermedades (ver detalles en el apartado Materiales y Métodos del Capítulo II).

### 3.2.3 Mediciones y estimaciones realizadas

En el Exp1 y Exp2, al momento de cosecha (etapa R8), se muestrearon 5 plantas en competencia perfecta de cada cultivar, fecha de siembra y repetición y, posteriormente, en el laboratorio se identificaron las categorías de rama (tallo  $n$ ,  $n+1$  cot, otras  $n+1$ ,  $n+2$  cot, otras  $n+2$  y  $n+3$  cot) y se separaron sus órganos componentes (hojas, tallo/ramas, frutos y semillas) y se colocaron en estufa de secado con circulación forzada de aire a 70°C hasta peso constante. Luego, se registraron sus respectivos pesos secos.

Se cuantificó el rendimiento, los principales componentes que lo definen y la contribución relativa de cada categoría de rama al rendimiento de frutos. Con los datos de biomasa corregida por costo energético (1,65 según Duncan *et al.*, 1978), se calculó el índice de cosecha de la planta y el de cada categoría de ramificación.

En el Exp1, durante el período reproductivo del cultivo computado a partir de la floración (R1), se tomaron muestras de 10 plantas durante el ciclo experimental 2009/10 y de 5 plantas durante el ciclo 2010/11 todas en competencia perfecta, por tratamiento y repetición a intervalos regulares de 10 a 13 días. En cada oportunidad de muestreo, las plantas fueron identificadas en su etapa fenológica (Boote, 1982) y luego separadas en sus órganos componentes (hojas, tallo/ramas, frutos y semillas) discriminándolos en tallo principal ( $n$ ), ramas cotiledonares ( $n+1$  cot), otras ramas  $n+1$ , ramas  $n+2$  cot, otras ramas  $n+2$  y, eventualmente,  $n+3$  y se secaron en estufa con circulación forzada de aire a 70°C hasta peso constante. La biomasa reproductiva (frutos) fue corregida por el coeficiente de ajuste energético de 1,65 propuesto por Duncan *et al.* (1978).

Con los datos de biomasa discriminada por órganos se construyeron las curvas de crecimiento de cada categoría de rama y la partición a las diferentes categorías de ramas dentro de la planta, fue calculada en porcentaje del peso seco de la planta entera (Marcelis, 1996).



Se calculó el coeficiente de partición como la relación entre la TCF y la TCC (referida a cada categoría de ramificación) y el índice de cosecha para la planta entera y cada categoría de ramas ( $n$ ,  $n+1$  cot, otras  $n+1$ ,  $n+2$  cot, otras  $n+2$  y  $n+3$ ).

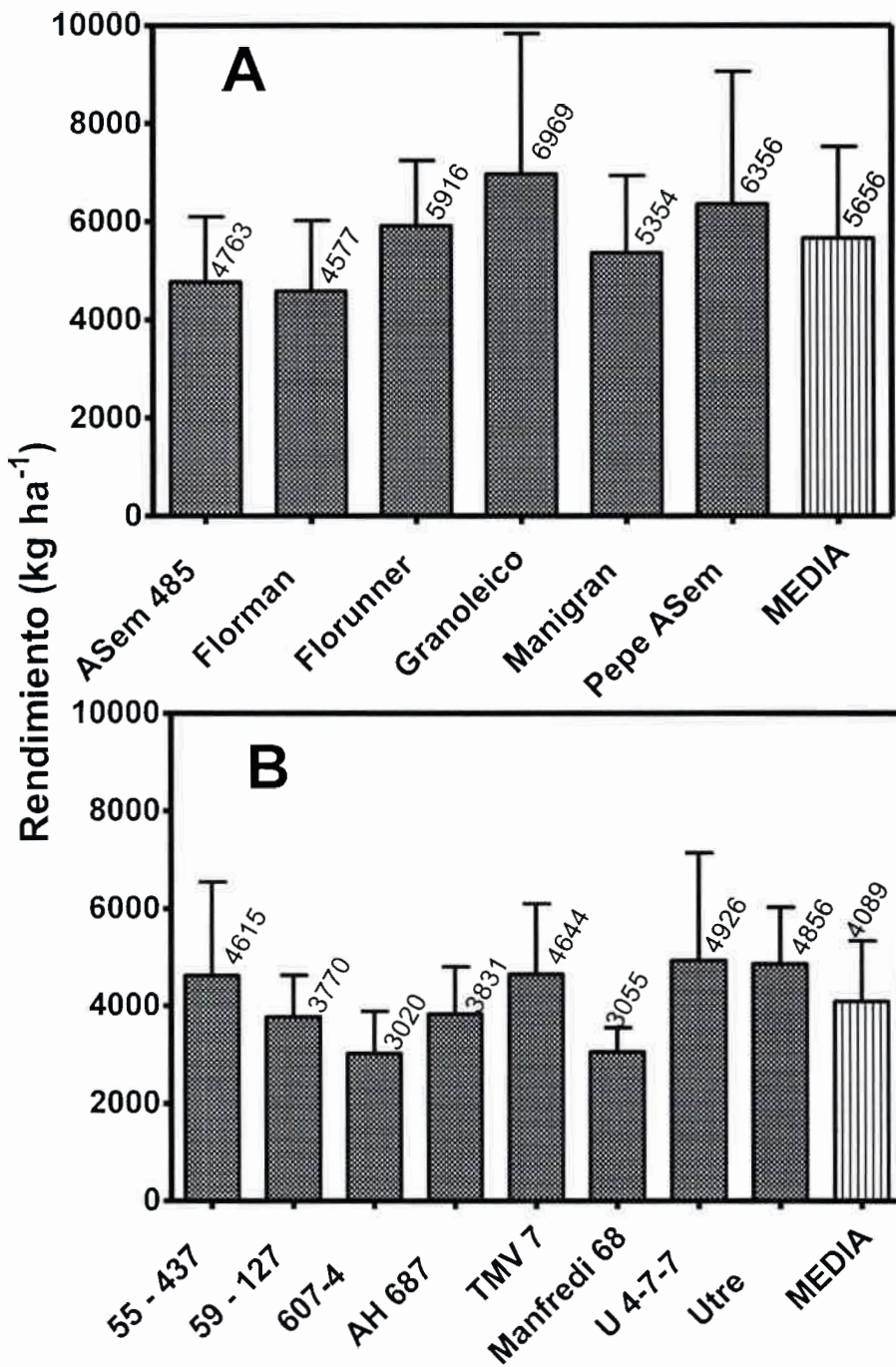
Los datos de todas las variables cuantificadas fueron sometidos a análisis estadísticos para detectar diferencias significativas mediante ANAVA y comparaciones múltiples con el test de Fisher ( $\alpha=0,05$ ), empleando el programa estadístico Infostat, Versión 2014.

### 3.3 RESULTADOS

#### 3.3.1 Rendimiento de frutos

El rendimiento de frutos promedio de los genotipos runner fue marcadamente superior al promedio de los cultivares tipo Español ( $5656 \pm 1877$  vs  $4089 \pm 1244$  kg ha<sup>-1</sup>,  $p=0,0003$ , respectivamente); pero no se observaron diferencias significativas entre los materiales dentro de cada tipo comercial, tanto para los Españoles ( $p=0,1600$ ) como los runner ( $p=0,3870$ ) (Exp2). En el grupo de genotipos español, hubo rendimientos máximos de 4926 y 4856 kg ha<sup>-1</sup> (cultivares U4-7-7 y Utre, respectivamente), rendimientos mínimos de 3055 (Manfredi 68) y 3020 kg ha<sup>-1</sup> (607-4) e intermedios entre 4644 y 3770 kg ha<sup>-1</sup> para los restantes cultivares analizados (Figura 3.1). En el grupo de los cultivares tipo runner, Granoleico y Pepe ASEM alcanzaron los mayores rendimientos ( $6969$  y  $6356$  kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente); mientras que los menores fueron para ASEM 485 ( $4763$  kg ha<sup>-1</sup>) y Florman ( $4577$  kg ha<sup>-1</sup>) e intermedios de  $5916$  y  $5354$  kg ha<sup>-1</sup> para Florunner y Manigran, respectivamente.

Esas diferencias de rendimiento fueron debidas principalmente a variaciones en el peso de 100 frutos ( $p=0,02$ ), donde los cultivares runner superaron en promedio a los Españoles (98,3 y 84,9 g 100 frutos<sup>-1</sup>, respectivamente). Mientras que el número de frutos por unidad de superficie no varió significativamente ( $p=0,1432$ ) entre ambos tipos, con valores medios de  $586 \pm 36$  y  $515 \pm 31$  frutos m<sup>-2</sup>, para los cultivares runner y Español, respectivamente.



**Figura 3.1:** Rendimiento de frutos (kg ha<sup>-1</sup>) de los cultivares tipos runner (A) y Español (B) y sus respectivos valores promedios (Exp2). Las barras verticales indican el desvío estándar.

El análisis de los componentes indirectos del rendimiento mostró que los cultivares tipo runner tuvieron mayor número de frutos totales por planta, y frutos y

semillas de mayor peso individual; mientras que los cultivares tipo Español presentaron mayor porcentaje de frutos maduros y número semillas por fruto (Tabla 3.1).

La mayor variabilidad entre los cultivares de cada tipo botánico correspondió a los Españoles con diferencias significativas en todas las variables analizadas (Tabla 3.1); mientras que los cultivares tipo runner sólo difirieron en el número de frutos totales por planta.

### 3.3.2 Partición de biomasa

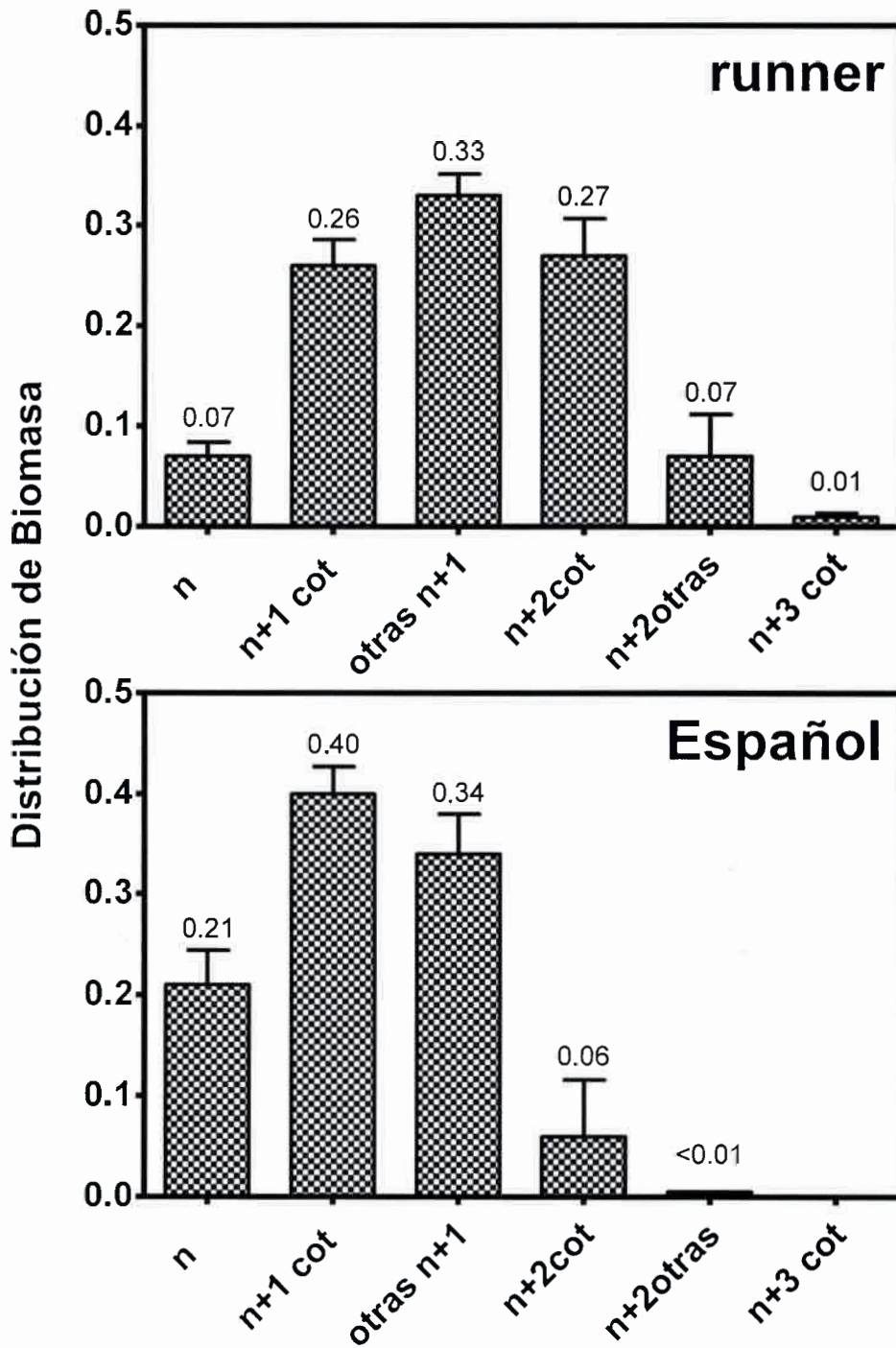
Los cultivares tipos runner y Español del Exp2, presentaron un patrón diferencial de distribución de la biomasa total (hojas + tallo/ramas + frutos) hacia el tallo y las categorías de ramas analizadas (Figura 3.2). La asignación promedio de biomasa al tallo principal " $n$ " ( $p < 0,0001$ ) y a las ramas  $n+1$  cot ( $p = 0,002$ ) fue mayor en los genotipos tipo Español (21 vs 7% en  $n$  y 40 vs 26% en  $n+1$  cot; mientras que la distribución a ramas  $n+2$  cot (6 vs 27%;  $p < 0,0001$ ), otras  $n+2$  (7 vs  $\approx 0\%$ ;  $p = 0,0015$ ) y  $n+3$  cot (0,6 vs 0%;  $p = 0,0002$ ) fue superior en los cultivares tipo runner. Sólo la partición de biomasa a las ramas otras  $n+1$  no difirió significativamente entre los dos tipos botánicos (33 vs 34% en promedio para cultivares runner y Español, respectivamente;  $p = 0,18$ ).

El patrón de asignación de biomasa a las categorías de rama del cultivar Granoleico (Exp1) fue similar al promedio de los otros materiales tipo runner evaluados en el Exp2. Este cultivar presentó una partición superior en las ramas otras  $n+1$  (32 y 33% para los ciclos 2009/10 y 2010/11, respectivamente), seguido por las  $n+2$  cot (27 y 29%),  $n+1$  cot (25 y 23%), otras  $n+2$  (8 y 5%), el eje principal  $n$  (5% en ambos ciclos) y las  $n+3$  cot (2% en ambos ciclos) (valores finales de las curvas en la Figura 3.9)

**Tabla 3.1:** Componentes numéricos directos e indirectos del rendimiento de cultivares de maní tipo runner y Español (Exp.2).

	Frutos pl <sup>-1</sup>	Frutos Maduros pl <sup>-1</sup>	Porcentaje de Maduros	Semillas fruto <sup>-1</sup>	Peso 100 frutos (g)	Peso 100 semillas (g)	Frutos m <sup>-2</sup>
<b>Tipo Botánico</b>							
runner	50,9 A	33,0	0,65 B	0,92 B	98,3 A	45,0 A	586
Español	40,6 B	29,0	0,72 A	1,03 A	84,9 B	35,2 B	515
<b>ANAVA*</b>	††	NS	†	††	†	††	NS
<b>Cultivares runner</b>							
ASEM 485	38,8 b	25,0	0,66	0,9	110,0	50,0	444
Florman	46,4 ab	33,2	0,71	0,9	80,6	36,2	589
Florunner	57,8 a	37,4	0,65	1,0	89,8	38,8	664
Granoleico	60,6 a	38,0	0,62	1,0	101,6	48,0	675
Manigran	53,4 a	29,0	0,54	0,8	106,0	49,0	515
PEPE	48,2 ab	35,4	0,71	0,8	101,6	48,0	628
<b>ANAVA*</b>	†	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<b>Cultivares Español</b>							
55 - 437	52,0 ab	38,2 ab	0,74 ab	1,05 bc	67,8 b	28,4 c	678 ab
59 - 127	35,6 bc	28,8 bc	0,81 a	0,94 bc	74,6 b	31,8 c	511 bc
607-4	33,6 c	25,4 bc	0,75 ab	0,85 c	67,0 b	27,2 c	450 bc
AH 687	44,8 abc	29,2 bc	0,65 bc	0,97 bc	75,8 b	32,0 c	518 bc
TMV 7	29,2 c	21,0 c	0,70 abc	1,29 a	132,4 a	47,4 b	372 c
Manfredi 68	31,6 c	23,6 c	0,75 ab	1,09 ab	74,8 b	28,8 c	419 c
U 4-7-7	58,4 a	42,8 a	0,73 ab	0,94 bc	65,6 b	30,0 c	759 a
Utre	39,6 bc	23,2 c	0,59 bc	1,10 ab	121,0 a	56,2 a	411 c
<b>ANAVA*</b>	††	†	†	††	†††	†††	†

\* ANAVA y test de comparaciones LSD de Fisher ( $\alpha < 0,05$ ). †††:  $p < 0,0001$ ; ††:  $p = 0,01$ ; †:  $p = 0,05$ ; NS: no significativo.



**Figura 3.2:** Distribución relativa de la materia seca al tallo  $n$  y las cinco categorías de ramas analizadas. Valores promedio de los cultivares tipos runner y Español. Las barras verticales indican el desvío estándar.

Por su parte, la partición de biomasa de Utre (Exp1) varió respecto al promedio de los cultivares tipo Español del Exp2. La mayor asignación de biomasa al momento de cosecha fue a las ramas  $n+1$  cot (31 y 29% para los ciclos 2009/10 y 2010/11, respectivamente) y las otras  $n+1$  (29 y 30%); seguidas por las ramas  $n+2$  cot (23 y 26%), el eje principal  $n$  (16 y 15%) y, por último, las otras  $n+2$  (con valores de distribución cercanos al 1% en ambos ciclos experimentales) (valores finales de las curvas de la Figura 3.8).

### 3.3.3 Distribución de número y peso de frutos

En el Exp1 se encontraron las principales diferencias en la asignación del número y peso de frutos por planta a las diferentes categorías de ramas de los cultivares Granoleico y Utre, representativos de los diferentes portes y patrones de ramificación (Tablas 3.2 y 3.3). En general, Granoleico presentó mayor número y peso de frutos en casi todas las categorías de ramas, siendo superado por Utre sólo en el número y peso de frutos sobre el eje principal ( $n$ ) y sin diferencias significativas entre ambos cultivares en el número de frutos desarrollados sobre las ramas cotiledonares ( $n+1$  cot).

También se observó una tendencia general decreciente del número y peso de frutos por planta con el atraso de la fecha de siembra (tendencia similar a la descrita a nivel de cultivo en el Capítulo II) y diferencias entre los ciclos experimentales a favor de 2010/11 donde hubo mayor número de frutos en las ramas otras  $n+1$  y  $n+2$  cot (Tabla 3.2) y menor peso de los frutos en las ramas  $n+3$  cot (Tabla 3.3).

Sin embargo, al normalizar los valores de biomasa de frutos y expresarlos en términos de su contribución relativa al rendimiento general de la planta, no se observaron efectos ambientales ligados a las distintas fechas de siembra y ciclos experimentales evaluados (Figuras 3.3 y 3.4).

Un patrón de distribución similar al descrito para Granoleico y Utre (Exp1) se observó en la biomasa de frutos, expresada como la contribución relativa al rendimiento por cada categoría de rama en los cultivares tipo Español y runner (Figura 3.5). Los cultivares tipo Español sólo se diferenciaron en la contribución relativa del eje  $n$  ( $p=0,02$ ) y de las ramas  $n+2$  cot ( $p=0,003$ ) a favor de TMV 7 y Utre, respectivamente; ambos con mayor partición de biomasa a frutos que el resto



de los cultivares. Por su parte, no hubo diferencias significativas en la contribución relativa de las categorías de rama al rendimiento entre los cultivares tipo runner.

**Tabla 3.2:** Número de frutos por planta distribuidos en cada categoría de rama en los cultivares Granoleico y Utre para tres fechas de siembra y dos ciclos experimentales (Exp1).

Tratamiento	<i>n</i>	<i>n</i> +1 Cot	Otras <i>n</i> +1	<i>n</i> +2 Cot	Otras <i>n</i> +2	<i>n</i> +3 Cot
<b>Cultivar</b>						
Granoleico	0	15,28	16,62	14,84	2,23	0,51
Utre	5,14	15,39	13,99	12,12	0,07	0
LSD ( $\alpha < 0,05$ )¶	0,65	1,95	1,76	1,94	0,6	0,31
<b>Fecha de Siembra</b>						
1°	3,1	15,83	15,78	13,17	1,68	0,32
2°	2,51	14,16	15,16	14,04	1,13	0,21
3°	2,1	16,02	14,98	13,22	0,64	0,24
LSD ( $\alpha < 0,05$ )	0,79	2,39	2,15	2,85	0,78	0,38
<b>Ciclo experimental</b>						
2009/10	2,62	13,15	13,96	11,51	1,19	0,44
2010/11	2,52	17,52	16,66	15,44	1,11	0,07
LSD ( $\alpha < 0,05$ )	0,65	1,95	1,76	1,94	0,65	0,31
<b>ANAVA</b>						
Cultivar	†††	NS	††	††	†††	††
Fecha de Siembra	†	NS	NS	NS	†	NS
Ciclo Experimental	NS	NS	††	††	NS	†
Cultivar x Fecha de Siembra	NS	NS	NS	†	NS	NS
Cvar x F S x Ciclo Exp.	NS	NS	NS	NS	NS	NS

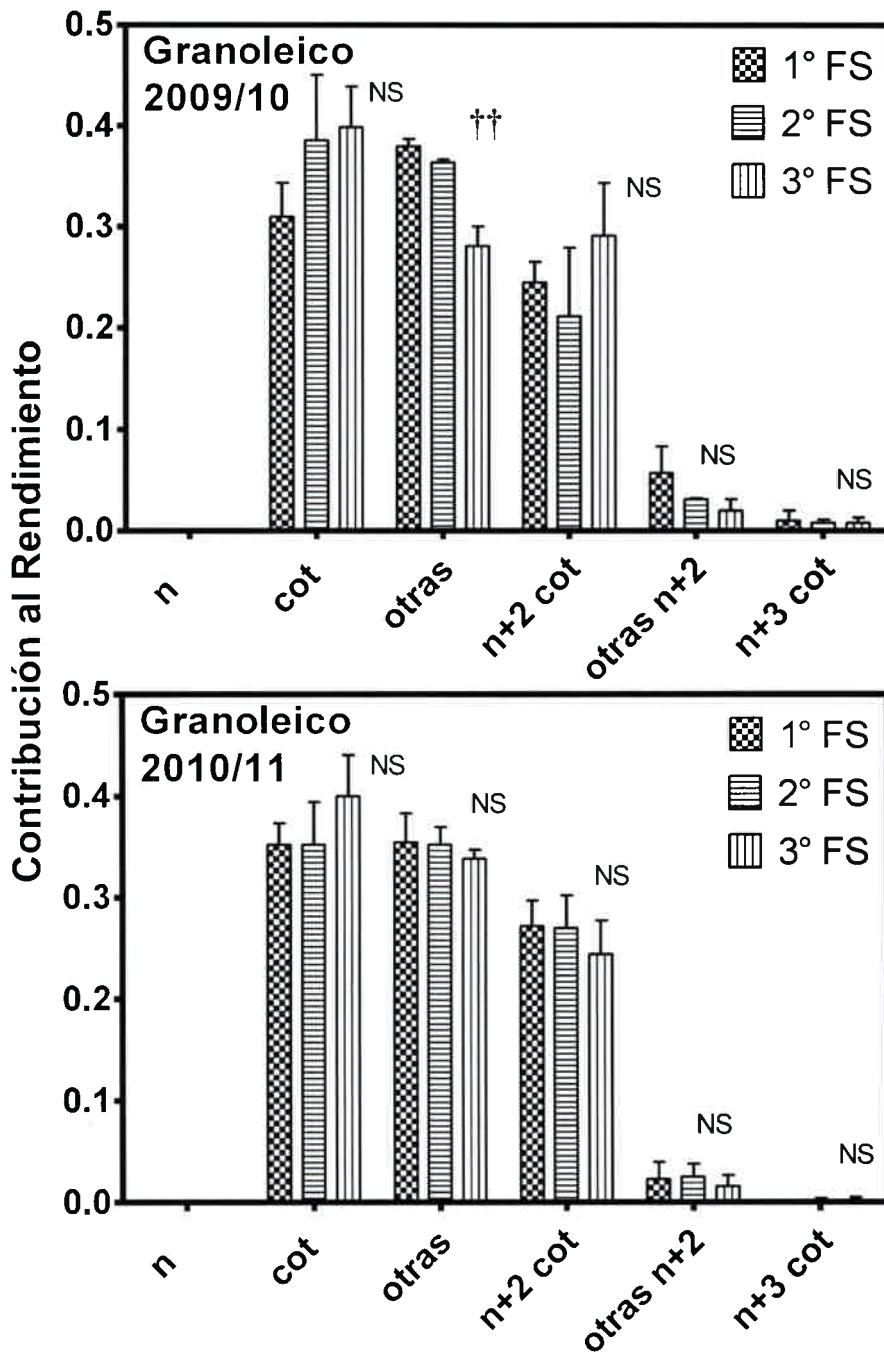
¶ LSD Diferencia mínima significativa. †††:  $p < 0,0001$ ; ††:  $p = 0,01$ ; †:  $p = 0,05$ ; NS: no significativo.

**Tabla 3.3:** Peso de frutos por planta distribuidos en cada categoría de rama en los cultivares Granoleico y Utre para tres fechas de siembra y dos ciclos experimentales (Exp1).

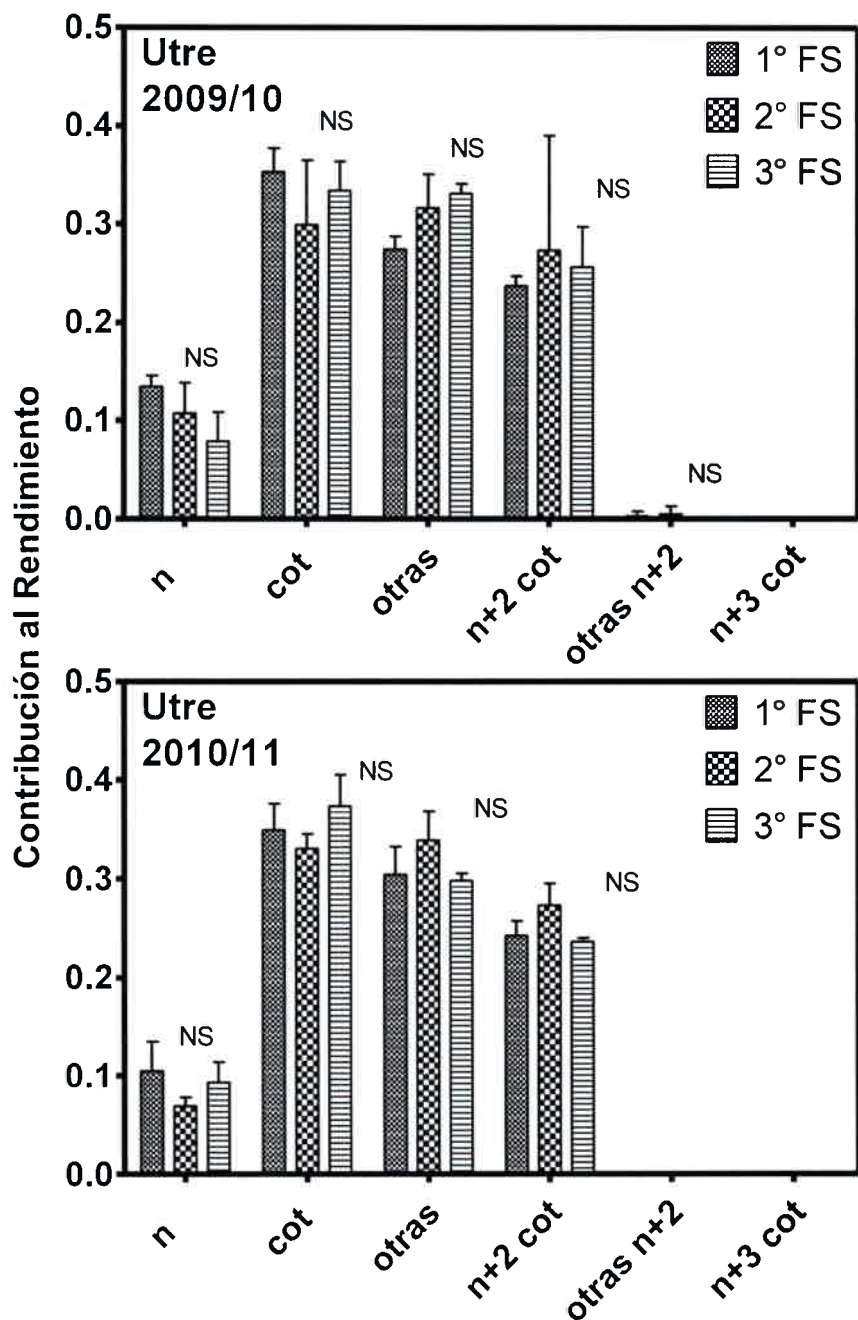
Tratamiento	<i>n</i>	<i>n</i> +1 Cot	Otras <i>n</i> +1	<i>n</i> +2 Cot	Otras <i>n</i> +2	<i>n</i> +3 Cot
<b>Cultivar</b>						
Granoleico	0	14,95	14,36	10,38	1,24	0,22
Utre	3,29	11,94	10,24	8,19	0,05	0
LSD ( $\alpha<0,05$ )¶	0,47	2,03	1,74	1,72	0,44	0,15
<b>Fecha de Siembra</b>						
1°	2,05	13,74	13,36	9,45	1,04	0,14
2°	1,58	13,16	13,42	10,34	0,62	0,1
3°	1,31	12,53	10,14	8,06	0,28	0,08
LSD ( $\alpha<0,05$ )	0,58	3,14	2,14	2,11	0,54	0,18
<b>Ciclo experimental</b>						
2009/10	1,74	12,4	11,6	8,49	0,81	0,19
2010/11	1,55	13,88	13,01	10,08	0,48	0,02
LSD ( $\alpha<0,05$ )	0,47	2,03	1,74	1,72	0,44	0,15
<b>ANAVA</b>						
Cultivar	†††	††	†††	†	†††	††
Fecha de Siembra	†	NS	††	NS	†	NS
Ciclo Experimental	NS	NS	NS	NS	NS	†
Cultivar x Fecha de Siembra	†	NS	††	†	†	NS
Cvar x FS x Ciclo Exp.	NS	NS	NS	NS	NS	NS

¶ LSD Diferencia mínima significativa. †††:  $p<0,0001$ ; ††:  $p=0,01$ ; †:  $p=0,05$ ; NS: no significativo.

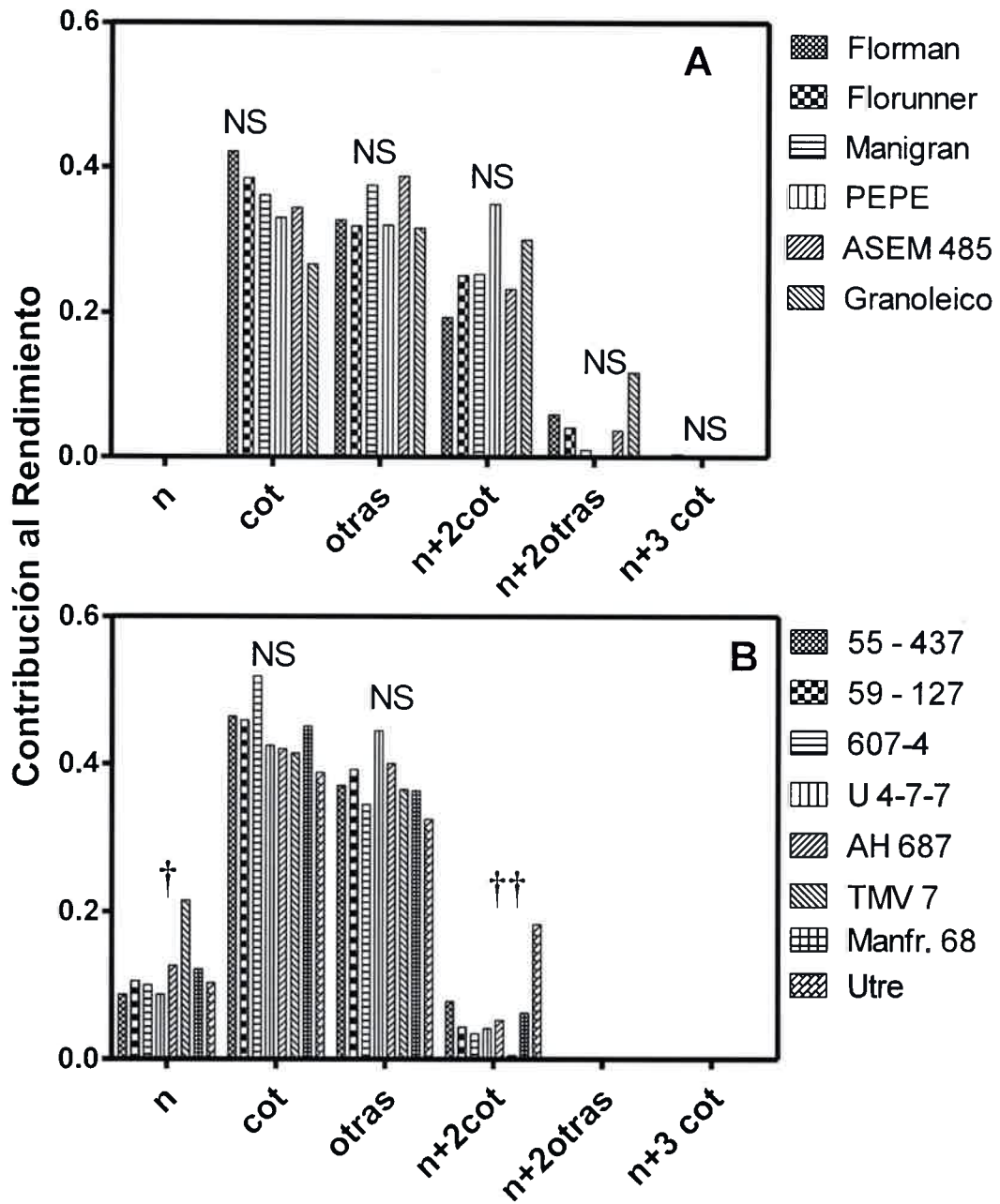
Del mismo modo, cuando se compararon los resultados del Exp1 (Granoleico y Utre) con los promedios del Exp2 (cultivares tipos runner y Español), sólo se detectaron diferencias entre Utre y el promedio de los cultivares tipo Español (Figura 3.6B). En Utre hubo una mayor contribución relativa al rendimiento de frutos de las ramas *n*+2 cot y una menor contribución de las *n*+1 cot.



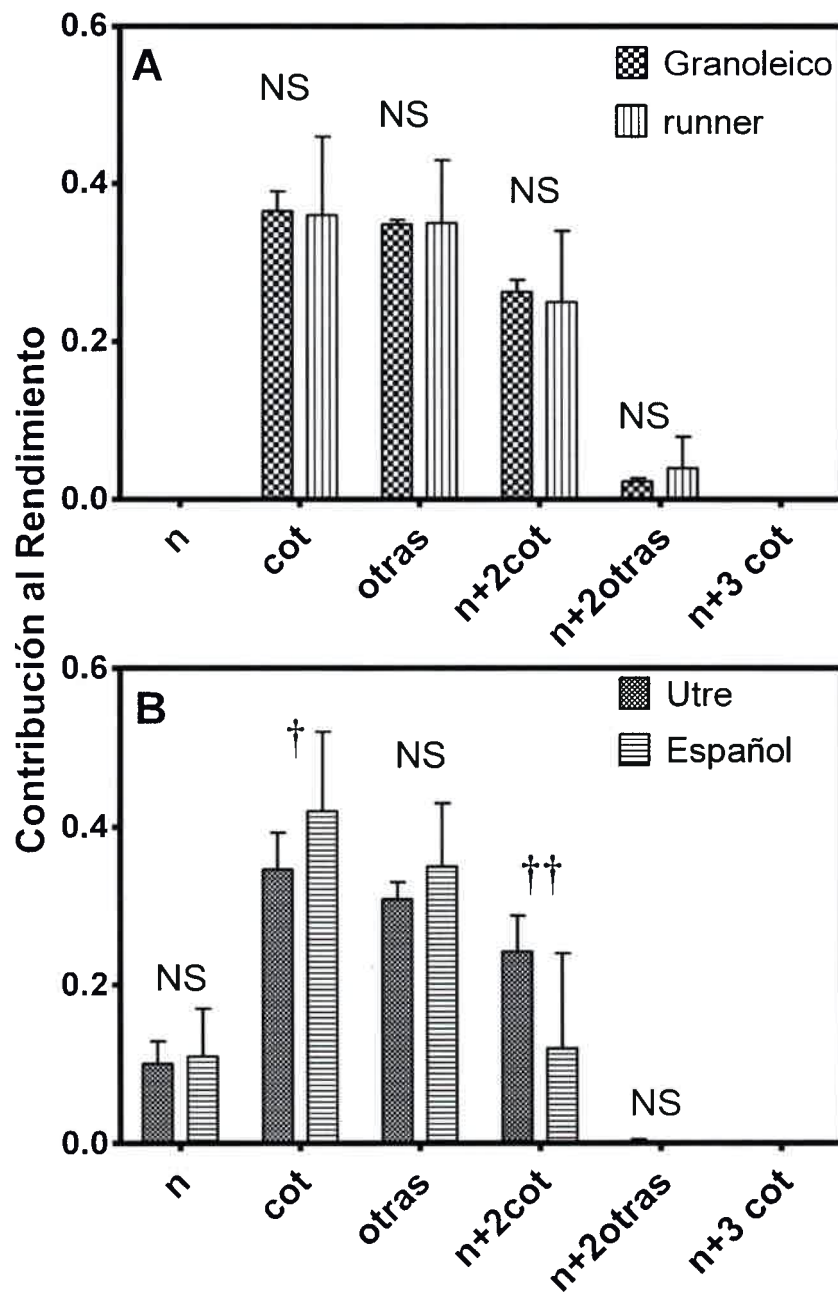
**Figura 3.3:** Contribución relativa al rendimiento de frutos de cada categoría de rama para el cultivar Granoleico según su fecha de siembra durante los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. Para cada categoría de rama: † $p < 0,05$ ; †† $p < 0,005$  y NS no significativo según test LSD de Fisher ( $\alpha < 0,05$ ).



**Figura 3.4:** Contribución relativa al rendimiento de frutos de cada categoría de rama para el cultivar Utre según su fecha de siembra durante los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. Para cada categoría de rama: † $p < 0,05$ ; †† $p < 0,005$  y NS no significativo según test LSD de Fisher ( $\alpha < 0,05$ ).



**Figura 3.5:** Contribución relativa al rendimiento de frutos de cada categoría de rama para los cultivares de maní tipos runner más Granoleico (A) y Español más Utre (B). Para cada tipo botánico y categoría de rama: † $p < 0,05$ ; †† $p < 0,005$  y NS no significativo según test LSD de Fisher ( $\alpha < 0,05$ ).



**Figura 3.6:** Contribución relativa al rendimiento de frutos de cada categoría de rama para los cultivares de maní tipo runner (Exp2) y el promedio de las diferentes FS y ciclos experimentales de Granoleico (Exp1) (A) y tipo Español (Exp2) y el promedio de las diferentes FS y ciclos experimentales de Utre (Exp1) (B). Para cada tipo botánico y categoría de rama: † $p < 0,05$ ; †† $p < 0,005$  y NS no significativo según test LSD de Fisher ( $\alpha < 0,05$ ).



### 3.3.4 Índice de cosecha

Los datos de índice de cosecha (IC) medido en la etapa R8 de los cultivares Utre y Granoleico (Exp1), promedio de las tres fechas de siembra y ambos ciclos experimentales, se muestran en la tabla 3.4. Hubo diferencias significativas entre Granoleico y Utre para planta entera y en dos categorías de rama ( $n+1$  cot y otras  $n+2$ ) a favor del primero; pero sin diferir entre fechas de siembra ( $p=0,755$  y  $p=0,215$  Granoleico y Utre, respectivamente) ni ciclos experimentales ( $p=0,347$ ) (datos no mostrados).

El IC máximo (0,76) se alcanzó en las ramas  $n+1$  cot de Granoleico seguido de las  $n+1$  cot y  $n+2$  cot de Utre (ambas con 0,59). Los menores valores de IC se produjeron en las ramas otras  $n+2$  de Utre (0,01) y  $n+3$  cot de Granoleico, con un valor cercano a cero (dato no mostrado).

En el Exp2, el índice de cosecha (IC) mostró diferencias altamente significativas entre los tipos botánicos de maní para planta entera y en todas las categorías de ramas analizadas a favor de los cultivares tipo runner, excepto en el eje principal  $n$  porque estos materiales no poseen yemas reproductivas en esa estructura (Tabla 3.4).

En el tipo comercial runner la única diferencia significativa entre genotipos para índice de cosecha se produjo en las ramas  $n+2$  cot, donde el cultivar Florman con el valor más bajo (0,38) se diferenció del resto de los cultivares excepto de Manigran que alcanzó un valor intermedio de IC (0,52).

Una tendencia similar se observó en los cultivares tipo Español, donde no hubo diferencias en el IC a nivel de planta entera y de las ramas  $n+1$  cot y otras  $n+1$ . En cambio, el IC del eje principal y las ramas  $n+2$  cot, varió entre los genotipos analizados dentro de este grupo. En el tallo  $n$  el cultivar TMV 7 tuvo un IC mayor (0,45) que los otros genotipos, sin diferir de Manfredi 68 y Utre. En las ramas  $n+2$  cot Utre alcanzó el mayor IC (0,63) difiriendo del resto excepto del cultivar 55-437 con un valor intermedio (0,40).

Los valores de IC de planta entera y cada categoría de rama hallados en Granoleico y Utre (Exp1), fueron similares a los encontrados en sus respectivos tipos botánicos en el Exp2. Ambos cultivares superaron a su grupo en una sola categoría de rama; Utre en las  $n+2$  cot (118% superior al promedio de los cultivares tipo

Español) y Granoleico en las otras  $n+2$  (83% superior a la media de los cultivares tipo runner).

**Tabla 3.4:** Índice de cosecha promedio de los cultivares Granoleico y Utre (Exp1) y de los tipos comerciales runner y Español y sus respectivos genotipos (Exp2) para la planta entera y las categorías de ramificación estudiadas.

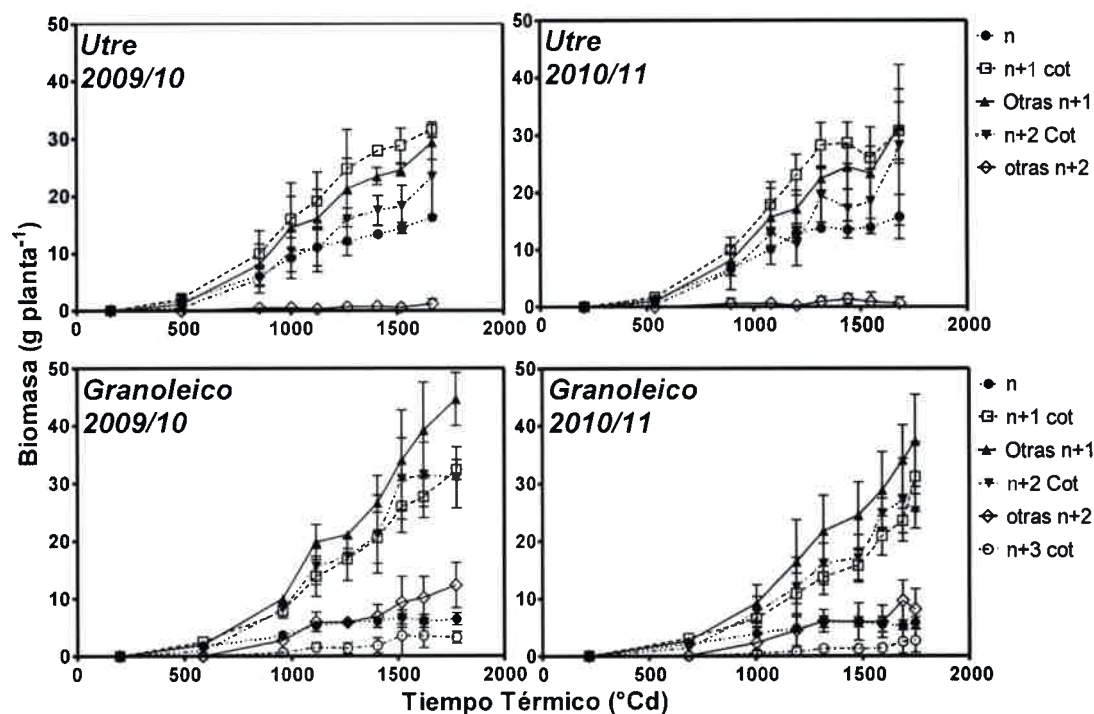
	$n$	$n+1$ cot	Otras $n+1$	$n+2$ cot	otras $n+2$	Planta
<b>Exp1 Cultivares</b>						
Granoleico		0,76	0,61	0,54	0,33	0,58
Utre	0,39	0,59	0,56	0,59	0,01	0,55
<b>ANAVA *</b>	†††	††	NS	NS	††	†
<b>Exp2 Tipos Bot.</b>						
runner		0,71	0,60	0,55	0,18	0,58
Español	0,31	0,55	0,55	0,27	0,00	0,51
<b>ANAVA</b>	†††	†††	††	†††	†††	†††
<b>Cultivar</b>						
Florunner		0,76	0,63	0,57 A	0,39	0,61
Manigran		0,73	0,56	0,52 AB	0,10	0,55
ASEM 485		0,72	0,66	0,60 A	0,12	0,60
Florman		0,71	0,57	0,38 B	0,17	0,55
Granoleico		0,69	0,62	0,63 A	0,31	0,61
PEPE		0,68	0,57	0,60 A	0,02	0,58
<b>ANAVA</b>		NS	NS	†	NS	NS
<b>Cultivar</b>						
TMV 7	0,45 A	0,57	0,60	0,09 B		0,54
Manfredi 68	0,37 AB	0,55	0,53	0,35 B		0,52
Utre	0,35 AB	0,58	0,53	0,63 A		0,56
AH 687	0,28 B	0,50	0,53	0,16 B		0,48
55 - 437	0,27 B	0,58	0,52	0,40 AB		0,52
U 4-7-7	0,27 B	0,55	0,54	0,11 B		0,49
607-4	0,25 B	0,54	0,54	0,16 B		0,50
59 - 127	0,23 B	0,56	0,60			0,50
<b>ANAVA</b>	†	NS	NS	††		NS

\* ANAVA y test de comparaciones LSD de Fisher ( $\alpha < 0,05$ ). †††:  $p < 0,0001$ ; ††:  $p = 0,01$ ; †:  $p = 0,05$ ; NS: no significativo.

### 3.3.5 Patrón de distribución temporal de la biomasa total

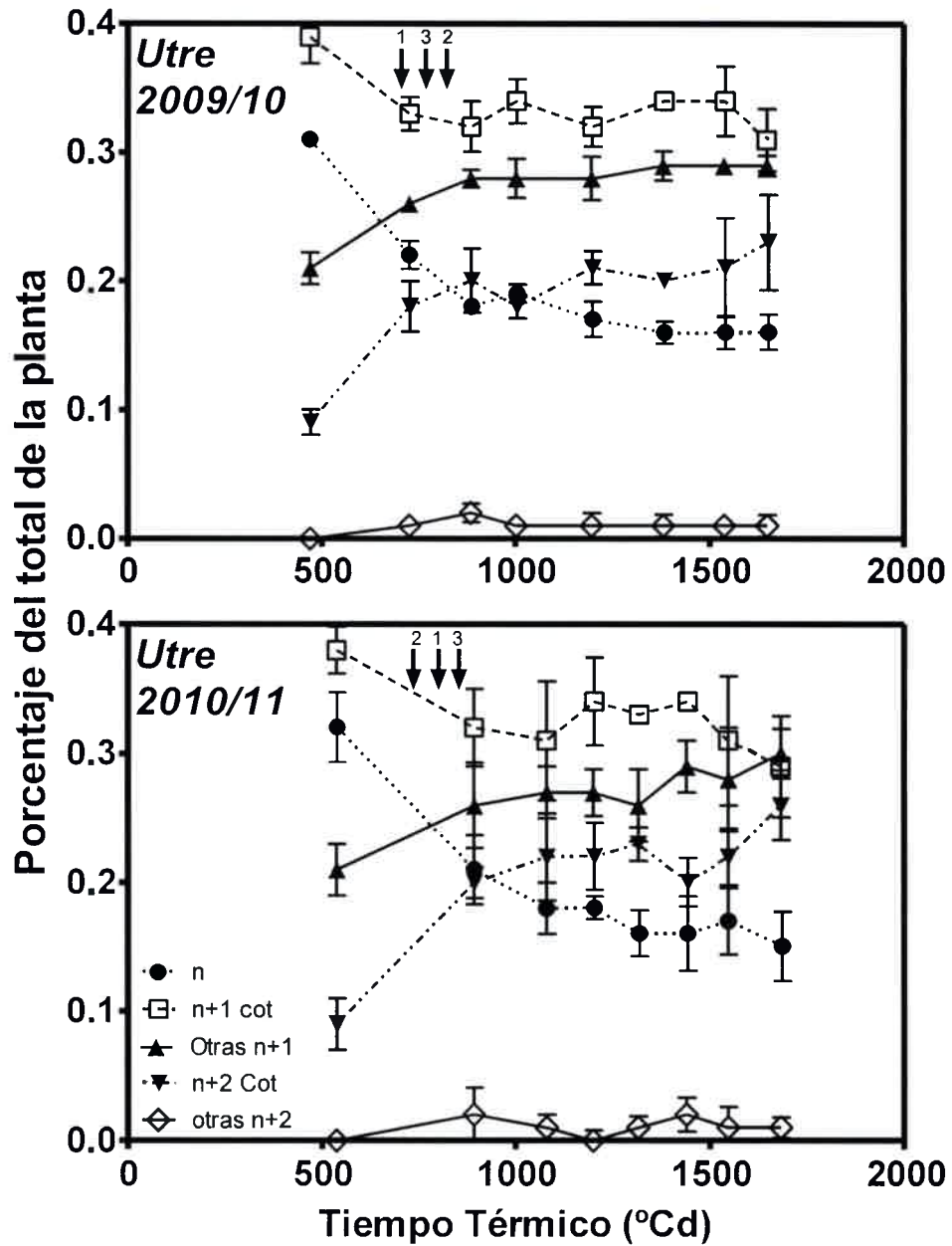
La biomasa producida en cada tipo de rama y acumulada en el tiempo se presenta en la figura 3.7. Aunque el atraso en la fecha de siembra redujo la biomasa total producida, respuesta similar a la encontrada para planta entera en el Capítulo II

(datos no mostrados), el patrón de acumulación de biomasa observado en todos los casos (cultivar y fecha de siembra para cada ciclo experimental) fue similar.

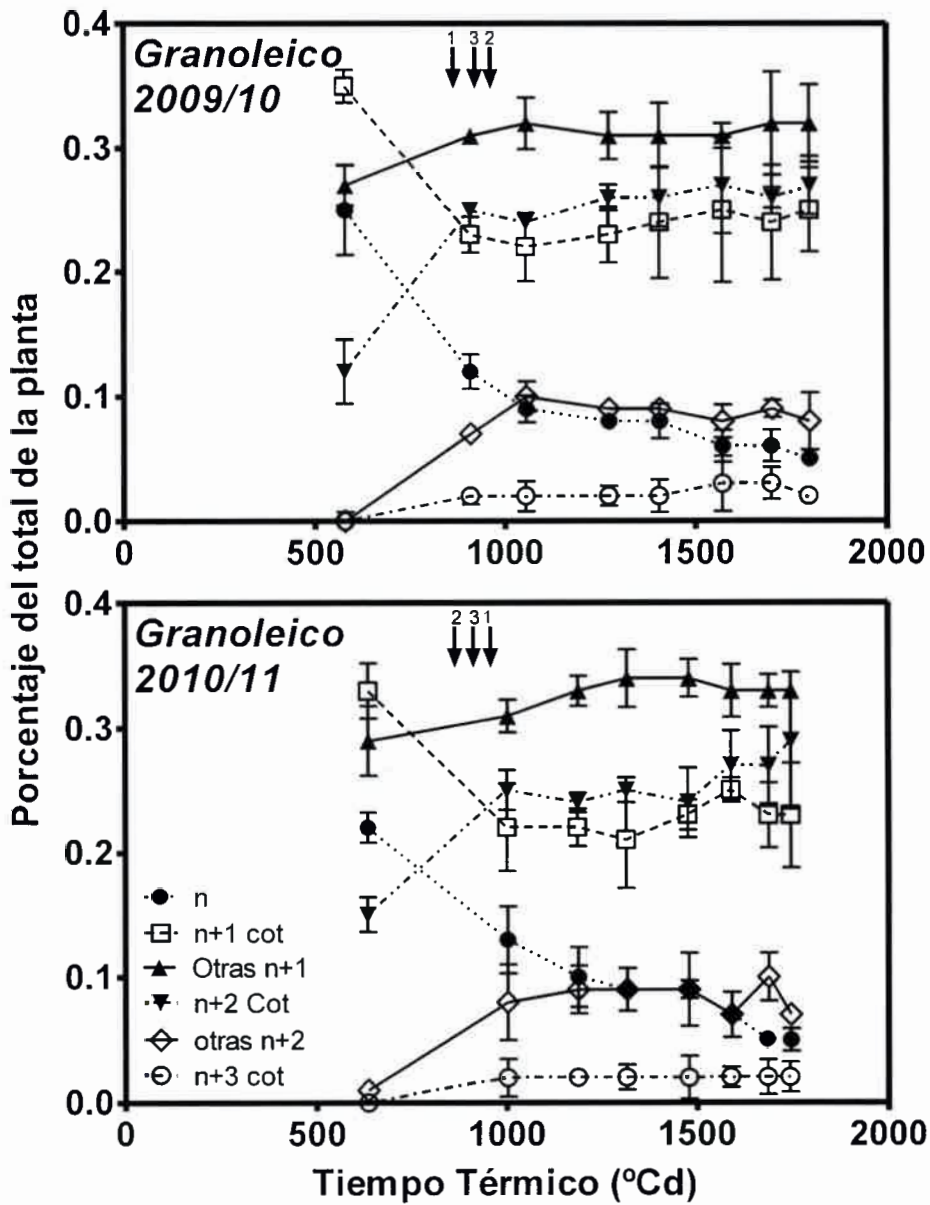


**Figura 3.7:** Biomasa total acumulada en cada categoría de ramificación en función al tiempo térmico (°Cd) desde la siembra ( $T_b=10,3^{\circ}\text{C}$ ) en el cultivar Granoleico y Utre, promedio para las tres fechas de siembra de los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. Las barras verticales indican el desvío estándar.

Un análisis temporal de la distribución de biomasa en las diferentes categorías de rama, realizado en base al promedio de las tres fechas de siembra en cada ciclo experimental (Figura 3.8), mostró que a floración (R1, alrededor de los 500 °Cd) el cultivar Utre particionó más hacia las  $n+1$  cot (0,39 y 0,38) y el tallo  $n$  (0,31 y 0,32), en 2009/10 y 2010/11, respectivamente. Mientras el resto de la biomasa se distribuyó en *otras n+1* (0,21) y  $n+2$  cot (0,09), en ambos ciclos. Para esa etapa fenológica, la categoría de ramas *otras n+2* aún no había iniciado su crecimiento (Figura 3.8). Alrededor de los 900°Cd (etapa R4), la biomasa del tallo  $n$  y de las ramas  $n+1$  cot disminuyó a valores de 15-17 y 30-33% del peso total, respectivamente; mientras que las *otras n+1* y  $n+2$  cot aumentaron a 0,26-0,28 y 0,20-0,21. En ese momento, las ramas *otras n+2* tenían el 0,01 restante de la biomasa. Desde allí y hasta la cosecha (R8), la distribución de biomasa permaneció sin cambios importantes, observándose una mayor variabilidad en el ciclo 2010/11.



**Figura 3.8:** Distribución relativa de la biomasa total a cada categoría de ramificación en función del tiempo térmico (°Cd) desde la siembra ( $T_b=10,3^{\circ}\text{C}$ ) en el cultivar Utre, promedios de tres fechas de siembra de los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. Las flechas indican el comienzo de la formación de frutos (R3) y los números sobre ellas la fecha de siembra. Las barras verticales indican el desvío estándar.



**Figura 3.9:** Distribución relativa de la biomasa total a cada categoría de ramificación en función del tiempo térmico (°Cd) desde la siembra ( $T_b=10,3^{\circ}\text{C}$ ) en el cultivar Granoleico, promedios de tres fechas de siembra de los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. Las flechas indican el comienzo de la formación de frutos (R3) y los números sobre ellas la fecha de siembra. Las barras verticales indican el desvío estándar.

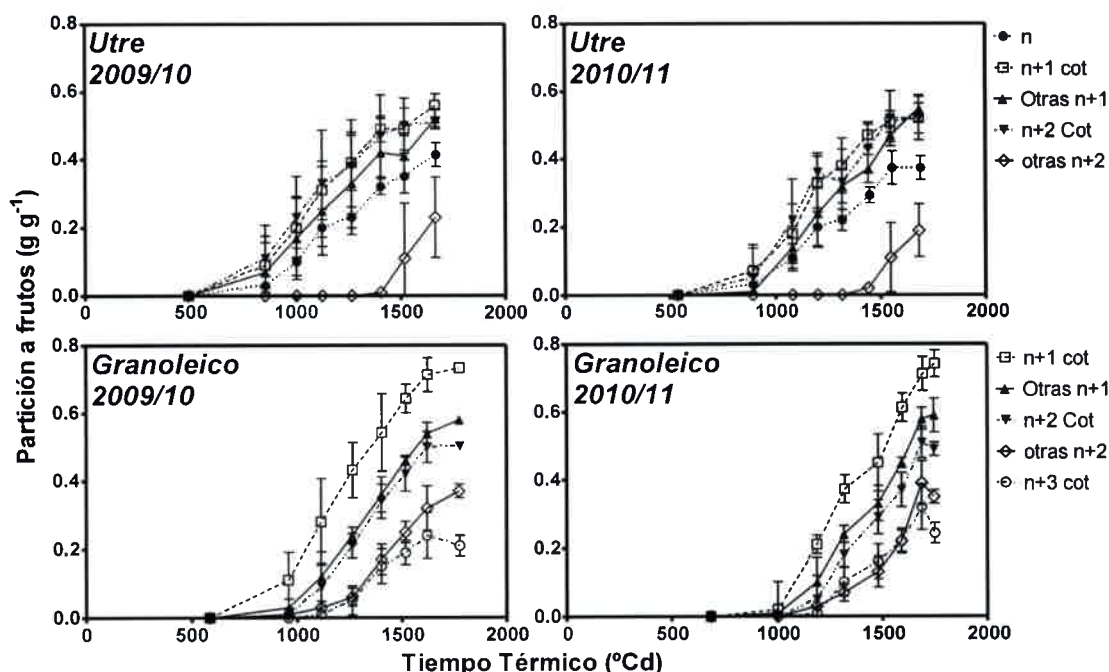
Por su parte, en la etapa R1 de Granoleico, el tallo  $n$  (0,25 y 0,22), las ramas  $n+1$  cot (0,35 y 0,33) y las otras  $n+1$  (0,27 y 0,29) para el ciclo 2009/10 y 2010/11, respectivamente, explicaron aproximadamente el 86% del peso seco total de la planta, con el porcentaje restante localizado en las ramas  $n+2$  cot (0,13 y 0,15). En ese momento fenológico, las categorías otras  $n+2$  y  $n+3$  cot, aún no habían iniciado su crecimiento en ninguno de los ciclos experimentales. Al igual que Utre, en la etapa R4 de Granoleico (entre los 1056 y 1182°Cd), las categorías  $n$  y  $n+1$  cot experimentaron un brusco descenso a valores de 0,07-0,10 y 0,22-0,24, en cada ciclo, respectivamente; mientras que las otras cuatro categorías aumentaron a 0,32-0,33 (otras  $n+1$ ); 0,24-0,26 ( $n+2$  cot); 0,09 (otras  $n+2$ ) y 0,02 ( $n+3$  cot). Entre R4 y R8 el patrón de distribución de biomasa en las diferentes categorías de ramas de Granoleico tampoco experimentó grandes modificaciones (Figura 3.9).

Al igual que lo encontrado a nivel de planta en general y descrito en el capítulo anterior (Figuras 3.3 y 3.4), en etapas reproductivas tempranas (R1) y para cada categoría de ramificación hubo una mayor partición a hojas (entre 0,56 y 0,70) que a tallos (entre 0,30 y 0,44). Luego, durante el inicio de formación de frutos (R3-R4), la partición fue similar entre los órganos vegetativos y comenzó un marcado aumento hacia los órganos reproductivos (frutos). Desde la etapa R4-R5 en adelante disminuyó la partición hacia órganos vegetativos y aumentó a los frutos, prosiguiendo así hasta el final del ciclo del cultivo, cuando se registraron valores de partición a frutos de hasta el 78%. Durante ese periodo la partición a hojas disminuyó proporcionalmente más que a tallos (datos no mostrados).

### 3.3.6 Patrón de la partición temporal de biomasa a frutos

Se detectaron diferencias en la partición de biomasa a frutos entre cultivares y categorías de rama en cada uno de ellos, distinguiéndose grupos conformados por distintas categorías de rama para el momento de inicio, la tasa de incremento y la duración del llenado de los frutos (Figura 3.10).





**Figura 3.10:** Partición de biomasa a frutos en cada categoría de ramificación en función del tiempo térmico (°Cd) desde la siembra ( $T_b=10,3^{\circ}\text{C}$ ) en el cultivar Granoleico y Utre, promedio para las tres fechas de siembra de los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11. Las barras verticales indican el desvío estándar.

Granoleico presentó en ambos ciclos experimentales, tres grupos de ramas conformados por: (i) las ramas  $n+1$  cot, (ii) las otras  $n+1$  y  $n+2$  cot, y (iii) las otras  $n+2$  y  $n+3$  cot, sin diferencias significativas entre fechas de siembra ni para la interacción categoría de rama  $\times$  fecha de siembra.

En Utre, en cambio, no se diferenciaron grupos de ramas en los ciclos experimentales evaluados, pero se hallaron cambios significativos entre categorías de rama. Los mayores incrementos de partición a frutos se produjeron en las  $n+1$  y  $n+2$  cot, sin diferencias entre ellas, pero sí respecto a las otras  $n+1$ , tallo  $n$  y otras  $n+2$ , en ese orden, siendo estas ramas diferentes entre sí.

### 3.4 DISCUSIÓN

En este trabajo se encontraron diferencias en el rendimiento de frutos entre tipos botánicos de maní. Los cultivares runner tuvieron un rendimiento promedio 38,3% superior al de los cultivares tipo Español, pero sin diferencias significativas entre los cultivares del mismo tipo (Figura 3.1). Estos resultados concuerdan con los de Haro *et al.* (2013), quienes señalaron una diferencia de 52% entre nueve cultivares de hábito de crecimiento erecto y rastrero, sin diferencias entre los genotipos *fastigiata* y una tendencia al aumento entre los materiales *hypogaea*.

Las diferencias en rendimiento se debieron principalmente al peso individual de los frutos ya que no se observaron diferencias en el número de frutos por unidad de superficie (Tabla 3.1). El mayor peso de fruto de los cultivares tipo runner encontrados en este trabajo (16% superior respecto a los cultivares tipo Español), se corresponde con una característica de los genotipos *hypogaea* (Sholar *et al.*, 1995; Cholaky *et al.*, 1998; Haro *et al.* 2013). En este sentido, Upadhyaya (2003) encontró diferencias del 19 y 20% en el peso de 100 frutos entre cultivares de la subespecie *hypogaea* respecto a los de la subespecie *fastigiata* bajo condiciones de estación seca y húmeda, respectivamente. Kumar y Kumar (1999) hallaron mayor peso individual de granos en cultivares tipo Virginia respecto a materiales de tipo Español (32,5 y 27,4 g, respectivamente).

Similar a lo descrito por otros autores (Haro *et al.*, 2013), en este trabajo también se encontró un mayor número de frutos fijados por unidad de superficie en los cultivares runner (586 frutos m<sup>-2</sup>), respecto a los cultivares tipo Español (515 frutos m<sup>-2</sup>), aunque sin alcanzar una diferencia estadísticamente significativa. En este sentido, Cholaky *et al.* (1998), encontraron un 40% más de frutos por planta a cosecha en cultivares rastreros (runner) que en cultivares erectos (tipos Valencia y Español).

Los resultados encontrados en los componentes del rendimiento (Tabla 3.1), ponen de manifiesto diferencias entre los tipos botánicos de maní que se encuentran ampliamente documentadas en la bibliografía.

Por ejemplo, la mayor cantidad de semillas por fruto de los cultivares Españoles refiere a que estos genotipos pueden tener más de 2 semillas por fruto,

mientras que los cultivares tipo runner nunca superan ese valor (Krapovickas y Gregory 1994). También, el mayor porcentaje de frutos maduros de los cultivares Españoles se debe a una menor duración del ciclo (Stalker, 1997; Cholaky *et al.*, 1998), a la disposición secuencial de yemas reproductivas y al porte de crecimiento erecto, que concentran temporal y espacialmente los frutos y les otorga un menor grado de indeterminación (Sholar *et al.*, 1995; Giayetto *et al.*, 2007).

Por otro lado, la variabilidad encontrada entre los materiales tipo Español (Tabla 3.1), evidencia diferentes mecanismos que ponen en juego estos genotipos para alcanzar altos rendimientos sin diferencias significativas entre sí (Figura 3.1). Por ejemplo, el cultivar U 4-7-7 (4926 kg ha<sup>-1</sup> de rendimiento) presentó los mayores valores de número de frutos totales y maduros por planta (58,4 y 42,8 frutos pl<sup>-1</sup>) y superficie (759 frutos m<sup>-2</sup>) y los menores pesos individuales de frutos y semillas (65,6 y 30,0 g cada 100, respectivamente). Contrariamente, el cultivar TMV 7 (4644 kg ha<sup>-1</sup> de rendimiento) tuvo los menores valores de frutos totales (29,2) y maduros (21,0) por planta y superficie (372 frutos m<sup>-2</sup>), pero compensó con valores altos de número de semillas por fruto (1,29 semillas fruto<sup>-1</sup>), peso de 100 frutos (132,4 g) y de 100 semillas (47,4 g).

La asignación de biomasa total y la contribución relativa al rendimiento de frutos de cada categoría de rama encontradas en este trabajo (Figuras 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6), se correspondieron con diferencias entre los tipos botánicos evaluados en ambos experimentos, pero no a los genotipos dentro de cada tipo botánico o en respuesta a las condiciones ambientales a las que estuvieron expuestos en cada fecha de siembra y ciclo experimental, como las descritas en las Tablas 3.2 y 3.3 de este capítulo y a las respuestas de la planta en general detalladas en el Capítulo II. Destacándose, en consecuencia, la fuerte regulación genética en la distribución de biomasa entre genotipos de portes y patrones de ramificación diferentes (Bell *et al.*, 1993b; Shashidhar *et al.*, 1986; Giayetto *et al.*, 2007). Este dato resulta original, ya que no se han encontrado trabajos que señalen esta estabilidad relativa entre las diferentes categorías de ramas.

En este sentido, sí está documentado, en numerosos trabajos sobre maní y otras leguminosas, el efecto de variables ambientales durante el crecimiento de las ramas sobre el patrón de ramificación, señalando que condiciones desfavorables afectan el número y longitud de las ramas. Entre estos factores desfavorables se ha

señalado al estrés hídrico (Cerioni, 2003) y la fecha de siembra (Sardana y Kandhola, 2007) en maní, la densidad de plantas y fechas de siembra en lupino (Munier-Jolain *et al.*, 1996) y la temperatura en porotos (Kigel *et al.*, 1991).

La biomasa de frutos o dicho de otra manera, la contribución al rendimiento final sobre las diferentes ramas fueron superiores en las cotiledonares con 36 y 42% en los cultivares tipos runner y Español, respectivamente, similar a las tendencias encontradas en otros trabajos (Choudhari *et al.*, 1985; Shashidhar *et al.*, 1986; Giayetto *et al.*, 2007; Giayetto *et al.*, 2012). Así, las ramas primarias ( $n+1$ ), tanto cotiledonares como otras  $n+1$ , aportaron el 71 y 77% al rendimiento de frutos por planta en los genotipos runner y Español, respectivamente. Los valores encontrados en este estudio son menores a los referidos por otros autores: 86 a 91% (Choudhari *et al.*, 1985) y 85% (Shashidhar *et al.*, 1986) y similares a los descriptos por Giayetto *et al.*, 2007 (73%). Sin embargo, la contribución al rendimiento de frutos de las ramas  $n+2$  cot halladas en este trabajo, 25% en runner y 12% en Español del peso total por planta, fue marcadamente superior que los valores citados en la bibliografía. Al respecto, Shashidhar *et al.* (1986) señalaron que los genotipos Españoles, que poseían esa categoría de rama, fueron los de mayor rendimiento.

A diferencia de los trabajos anteriores, en el presente estudio, se distinguieron las ramas primarias ( $n+1$ ) en cotiledonares y otras  $n+1$  (igualmente se realizó para las ramificaciones secundarias diferenciándolas en  $n+2$  cot y otras  $n+2$ ), lo que permitió precisar la contribución de las ramas en sus dimensiones espacial (ramas más cercanas al suelo) y temporal (ramas de desarrollo más temprano).

De esta manera, las ramas  $n+1$  cot, otras  $n+1$  y  $n+2$  cot explicaron el 96 y 89% (runner y Español, respectivamente) del rendimiento de frutos por planta en competencia perfecta dentro del cultivo. En los genotipos Españoles la contribución al peso de frutos procedente del tallo  $n$  fue del 11%, siendo insignificante el aporte de la categoría de ramas otras  $n+2$  ( $\approx 0\%$ ). En los cultivares tipo runner, en cambio, éstas últimas contribuyeron con un 4%, prácticamente sin contribución de las ramas  $n+3$  cot, resaltando los diferentes patrones de ramificación descriptos por Stalker (1997) y Bunting y Elston (1980). En este sentido, Upadhyaya (2003) encontró, en un ensayo comparativo que incluyó 794 materiales de la subespecie *hypogaea* y 910 materiales de la subespecie *fastigiata*, que ambas subespecies evaluadas se

correspondieron al 100% con el patrón de ramificación (secuencial o alternado) característico de las mismas.

En este trabajo se observó que los genotipos runner presentaron una menor variabilidad de los caracteres analizados respecto a los cultivares de tipo Español (Tabla 3.1 y Figura 3.5). Esto pudo deberse a la procedencia más variada de éstos últimos (India, EE.UU. y Sudamérica). Los genotipos runner, en cambio, son de origen nacional y sólo Florunner es originario de EE.UU. aunque es ampliamente conocido su parentesco con los genotipos runner de Argentina (Giandana, 2006).

Los cultivares Granoleico y Utre produjeron rendimientos de frutos más altos que el promedio de sus respectivos tipos botánicos, pero sin diferir de cultivares de su mismo tipo. Sólo en Utre, se detectó un mayor desarrollo de las ramas  $n+2$  cot en la producción de biomasa vegetativa, reproductiva e índice de cosecha respecto a la media de los cultivares de tipo Español.

El índice de cosecha varió significativamente entre tipos botánicos en el Exp2 y entre cultivares en el Exp1 (Tabla 3.4). Granoleico y los cultivares runner en promedio tuvieron un mayor IC que Utre y el promedio de los cultivares tipo Español. Estos resultados no concuerdan con lo encontrado en la bibliografía (Cholaky *et al.*, 1998; Fernandez *et al.*, 2006) quienes describen que los cultivares con distribución de yemas secuencial son los que mayor IC presentan. También hubo diferencias en el IC en las categorías de ramas, tanto entre tipos botánicos (Exp2) como entre Granoleico y Utre (Exp1). Así, las ramas cotiledonares (0,65), las otras  $n+1$  (0,58) y las  $n+2$  cot (0,49) presentaron los mayores valores de IC, en promedio y, además, fueron los tipos de rama que mayor contribución al rendimiento tuvieron.

Estas diferencias en biomasa total y reproductiva observadas en el presente estudio son debidas a diferentes patrones de partición entre ramas encontrados en los cultivares Utre y Granoleico en ambos ciclos experimentales (Figuras 3.8 y 3.9). Sin embargo, ambos cultivares mostraron una dinámica similar en la que al comienzo del ciclo la partición estuvo direccionada principalmente hacia el eje  $n$  y las ramas primarias ( $n+1$ ), mientras que en R3-R4 (etapa de formación de los frutos) la dinámica temporal del patrón de partición se estabilizó hasta madurez de cosecha. Las mayores particiones se produjeron hacia las categorías de ramas que mayor contribución hicieron al rendimiento en el Exp2 de este trabajo y que aparecen



citadas en la bibliografía (Choudhari *et al.*, 1985; Shashidhar *et al.*, 1986; Giayetto *et al.*, 2007).

Estas diferencias entre genotipos en la dinámica de partición también se observaron en las curvas de acumulación de materia seca total (Figura 3.7) y en el factor de partición a frutos (Figura 3.10) de cada categoría de rama. Lo que se puede observar en este trabajo es que existe una coincidencia temporal entre la estabilización de la distribución de biomasa total entre las ramas (Figuras 3.8 y 3.9), con el comienzo de un marcado incremento en el factor de partición a frutos (Figura 3.10). Ambos procesos ocurren en el periodo inicial de formación de los frutos (R4) y estarían indicando la importancia de la conformación del tamaño o fuerza de los destinos de asimilados (dado por el número y la actividad fisiológica de los frutos en activo crecimiento), sobre la jerarquización de estas categorías de rama en la distribución de biomasa producida por la planta (Marcelis, 1996).

Esta respuesta diferencial de partición según la localización de los destinos ha sido ampliamente estudiada en cultivos intensivos que presentan, al igual que maní, un alto grado de indeterminación como por ejemplo tomate (Heuvelink, 1997); ajíes (Wubs *et al.*, 2009) y pepinos (Wiechers *et al.*, 2011).

Las diferencias entre Utre y Granoleico en la dinámica de acumulación de biomasa de frutos observada en la figura 3.7 puede deberse a la diferente longitud de ciclo (145 y 160 días, respectivamente) (Sholar *et al.*, 1995; Haro *et al.*, 2013) y al grado de indeterminación (Bell *et al.*, 1993b; Stalker, 1997) característico de cada tipo botánico, que hizo que Utre no mostrara los tres grupos de tipos de ramas que se observaron claramente en Granoleico en los dos ciclos experimentales.

### 3.5 CONCLUSIONES

El comportamiento de las variables analizadas confirma que existe una mayor diferencia en la distribución de la biomasa vegetativa y reproductiva entre genotipos de distinto patrón de ramificación, hábito de crecimiento y porte que dentro del mismo tipo botánico (genotipos de igual porte y patrón de ramificación).



Las ramas de mayor importancia, por su contribución al rendimiento de frutos de ambos tipo botánicos de maní, son las ramas primarias, tanto cotiledonares como las otras  $n+1$ , y las  $n+2$  cot. Estas categorías de ramas también fueron las que presentaron los mayores valores de partición inicial y final tanto de biomasa vegetativa como reproductiva.

Destacándose, la fuerte regulación genética en la distribución de biomasa entre genotipos de portes y patrones de ramificación diferentes. Este resultado se indica como original, ya que no se han encontrado trabajos que señalen esta estabilidad relativa entre las diferentes categorías de ramas. El conocimiento de la estabilidad en los patrones de asignación de biomasa y rendimiento dentro de las categorías de ramas de cada tipo botánico de maní encontrados en este trabajo tienen implicancias sobre el mejoramiento genético y el manejo del cultivo de maní.

Del análisis de la dinámica de acumulación y partición de biomasa surgió la identificación del momento (R4) en el que ocurre la jerarquización de estas categorías de rama en la distribución de biomasa producida por la planta y del comienzo de un marcado incremento en el factor de partición a frutos. Indicando la importancia de la conformación del tamaño o fuerza de los destinos de asimilados dado por el número y la actividad fisiológica de los frutos en activo crecimiento.

Los cultivares Granoleico y Utre, utilizados en este trabajo de tesis, se comportaron como genotipos representativos de los tipos runner y Español, respectivamente.

Estos resultados obtenidos en el presente trabajo mejoran la comprensión de las relaciones de crecimiento entre las diferentes categorías de ramas y la generación del rendimiento de los tipos de maní más importantes en la producción regional.

# Capítulo IV

## CAPÍTULO IV

### **ANÁLISIS TEMPORAL DE LA PRODUCCIÓN DE FRUTOS EN DISTINTAS CATEGORÍAS DE RAMAS EN GENOTIPOS DE MANÍ CON DIFERENTE PORTE Y PATRÓN DE RAMIFICACIÓN**

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

Las combinaciones de portes y patrones de ramificación característicos de cada tipo botánico de maní producen diferentes modelos de distribución de los frutos en el suelo principalmente debido a la dinámica espacial y temporal del clavado y posterior desarrollo de los frutos (Giayetto *et al.*, 2007). Observándose, además diferencias en el grado de indeterminación y en la longitud del ciclo entre los tipos comerciales runner y Español. Los genotipos de porte erecto y ramificación secuencial (Español), tienen una distribución de frutos concentrada en el tiempo y espacio alrededor del eje principal de la planta y son de ciclo intermedio a corto; mientras que los genotipos rastreros y de ramificación alternada (runner), desarrollan sus frutos a mayor distancia del centro de la planta y con diferente grado de madurez debido a su mayor indeterminación y longitud de ciclo (Giambastiani, 2000).

Ono y Ozaki (1971b), describen dos tipos de variaciones en la formación de los frutos de maní, en relación con las diferentes categorías de ramas. Una variación temporal debida a las características de alta indeterminación propias del cultivo (Stalker, 1997), y otra espacial dada por la ubicación en la planta de las yemas reproductivas que darán lugar a flores, clavos y frutos.

Estas variaciones, temporal y espacial, cambian en función del porte y patrón de ramificación de los genotipos de maní. Así, las diferentes categorías de ramas poseen una influencia diferencial sobre el rendimiento final de la planta (Ver Capítulo III) (Shashidhar *et al.*, 1986; Rehman *et al.*, 2001).

Giayetto *et al.* (2007) destacaron la mayor proporción de frutos maduros sobre el total por planta en el cultivar tipo Español, indicando un período de formación de frutos más concentrado en el tiempo y un menor grado de indeterminación, comparado con los cultivares runner.

Estas diferencias entre los componentes vegetativos de la estructura aérea de la planta de maní (tallo principal y categorías de ramas) refieren la existencia de distintas ventanas para la definición del número y peso de los granos, y a las interacciones entre los procesos inherentes al genotipo (tasa de crecimiento y partición) (Bell *et al.*, 1993b) y los factores ambientales (temperatura y radiación) predominantes durante su ocurrencia (Bell y Wright, 1998).

Por otro lado, Duncan *et al.* (1978) y Williams (2000) sugieren que los tres procesos fisiológicos que mejor explican las variaciones del rendimiento del cultivo de maní son: (1) la partición de fotoasimilados entre estructuras vegetativas y reproductivas, o dicho de otra manera el índice de cosecha (IC), definido como la fracción de biomasa total que el cultivo destina al componente cosechable o de importancia económica (Unkovich *et al.*, 2010); (2) la longitud del período de llenado de frutos; y (3) la tasa de aparición o establecimiento de los frutos.

Estos procesos fisiológicos varían con el genotipo, el ambiente y la interacción genotipo x ambiente (Duncan *et al.*, 1978; Cirilo y Andrade, 1994, Canavar y Kaynak, 2010). En tal sentido, Ball (1981) divulgó que 100 genotipos de maní exhibieron una correlación positiva y significativa entre el peso de frutos y el IC ( $R^2= 0,58$ ).

Así, la partición a órganos reproductivos, y por consiguiente el rendimiento del cultivo de maní, varía según el patrón de distribución de las yemas. En los tipos de maní con disposición secuencial de yemas (Valencia y Español), el IC es más alto que en los tipos Virginia de disposición alterna. En los dos primeros, la estructura de la planta se forma en un periodo corto de tiempo y la relación crecimiento de las hojas/crecimiento total declina antes que en los tipos Virginia de ramificación alterna (Fernandez *et al.*, 2006).

Aboagye *et al.* (1994) atribuyen el menor IC en genotipos runner a la mayor producción de ramas respecto a cultivares de tipo Español y Valencia y a un comienzo temprano de la floración (determinación de los destinos reproductivos) en estos tipos

botánicos respecto a los cultivares tipo runner. Sin embargo, a nivel local, Giayetto *et al.* (2007) encontraron valores de IC (>40%) mayores en los materiales tipo runner, superando significativamente al material de tipo Español.

Rehman *et al.* (2001) describen cambios en la partición entre los componentes de la arquitectura de la planta, al observar que los nuevos genotipos de maní tienen una masa vegetativa más pequeña, tallo principal (*n*) de menor longitud y mayor asignación a destinos reproductivos. Es por eso, que algunos autores encontraron una correlación significativa entre el número y longitud de ramas primarias con el rendimiento del cultivo (Baydar, 1992; Awal e Ikeda, 2003a; Canavar y Kaynak, 2010).

Por ello, el objetivo del presente trabajo fue: (i) definir la oportunidad de ocurrencia y duración de los períodos de aparición y crecimiento de frutos en el tallo principal y cada categoría de ramas; y (ii) cuantificar la relación entre ambos componentes numéricos y variables ambientales y del cultivo *per se* (genotípicas) durante las ventanas de su respectiva generación.

#### 4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en condiciones de campo durante los ciclos agrícolas 2009/10 y 2010/11, en el Área Experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, (33° 07' LS, 64° 14' LW y 421 m sobre el nivel del mar) en un suelo Hapludol típico de textura franca arenosa fina (Ver descripción en Materiales y Métodos del Capítulo II).

Se sembraron dos cultivares, Granoleico y Utre, como genotipos representativos del porte y patrón de ramificación de los tipos botánicos *hypogaea* y *fastigiata*, respectivamente en tres fechas: 08 de octubre, 10 de noviembre y 09 de diciembre del año 2009 y 08 de octubre, 10 de noviembre y 10 de diciembre de 2010 (1°, 2° y 3° fecha de siembra para cada ciclo experimental, respectivamente). La siembra de ambos cultivares se realizó en forma manual en surcos a 0,70 m y a 0,08 m entre plantas.

El diseño experimental utilizado fue en bloques completos aleatorios, con un arreglo de parcelas divididas (Di Rienzo *et al.*, 2005), siendo el factor principal la fecha de siembra y el factor secundario los genotipos. Las parcelas experimentales constaban

de 9 surcos de 12 m de largo y un espacio de tránsito entre parcelas de 1,1 m en ambos extremos de todos los surcos (ver Capítulo II).

El cultivo se condujo sin deficiencias hídricas ni nutricionales y se realizaron los controles sanitarios correspondientes para minimizar el efecto de la competencia por malezas, plagas y enfermedades.

Los registros diarios de variables meteorológicas durante el ciclo del cultivo (temperatura del aire, precipitaciones y radiación solar incidente) fueron obtenidos de una Estación Agrometeorológica instalada en el Área Experimental. En cada fecha de muestreo se midió la radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi) mediante Line Quantum Sensor y Data Logger LI-1400 (Li-Cor. Inc.).

El tiempo térmico (TT, °Cd) se calculó considerando como temperatura base (Tb) el valor de 10,3°C (Leong y Ong 1983) y las observaciones diarias de temperaturas máximas (Tmax) y mínimas (Tmin) del suelo, utilizando la siguiente ecuación:

$$TT = \sum_{i=1}^n \left[ \left( \frac{T_{máx} + T_{mín}}{2} \right) - T_b \right] \quad [1]$$

Entre R3 y R8, a intervalos de 10-13 días, se realizaron muestreos de 10 plantas en competencia perfecta por tratamiento y repetición, las que fueron luego identificadas con su etapa fenológica, según Boote (1982) y separadas en sus órganos componentes (tallos/ramas, hojas, frutos y semillas) discriminados en tallo principal (*n*), ramas cotiledonares (*n*+1 cot), otras ramas *n*+1, ramas *n*+2 cotiledonares, otras ramas *n*+2 y, eventualmente, *n*+3. Se secaron en estufa con circulación de aire forzado a 70°C hasta peso constante.

Con los datos de biomasa discriminada por órganos se construyeron las curvas de crecimiento de cada categoría de ramas para los componentes vegetativo (hojas y tallo/ramas) y reproductivo (frutos). Se calcularon las respectivas tasas de crecimiento y con ellas el factor de partición (*p*). Para la determinación de la tasa de crecimiento de la planta (TCP) se utilizó la siguiente ecuación:



$$TCP(g\ pl^{-1}\ d^{-1}) = \frac{p_2 - p_1}{t_2 - t_1} \quad [2]$$

dónde:  $p_1$ = peso seco (g) de hojas, tallo/ramas y frutos en el tiempo 1,  $p_2$ = peso seco (g) de hojas, tallo/ramas y frutos en el tiempo 2,  $t_1$ = tiempo (DDS) al realizar el muestreo 1,  $t_2$ = tiempo (DDS) al realizar el muestreo 2.

Igual ecuación se utilizó para la determinación de la tasa de crecimiento de frutos por planta (TCF). Mientras que el coeficiente de partición [3] e índice de cosecha [4] para la planta en general y cada categoría de ramas ( $n$ ,  $n+1$  cot, otras  $n+1$ ,  $n+2$  cot, otras  $n+2$  y  $n+3$  cot) se calcularon como:

$$\text{Coeficiente de Partición } (p) = \frac{TCF}{TCP} \quad [3]$$

$$\text{Índice de Cosecha } (g\ g^{-1}) = \frac{\text{Biomasa de frutos } (g)}{\text{Biomasa total } (g)} \quad [4]$$

A partir de las curvas de número y biomasa de frutos, se determinó el inicio y fin de los periodos de generación de esos componentes utilizando un modelo bilineal con plateau (Eq. [5] y [6]) por medio de una subrutina no lineal del programa GraphPad Prism versión 5.00 para Windows, (GraphPad Software, San Diego California USA).

$$y = a + bx \text{ para } x < c \quad [5]$$

$$y = z \quad \text{para } x \geq c \quad [6]$$

dónde  $a$  y  $b$  representan la ordenada al origen y la pendiente, respectivamente, de la regresión lineal correspondiente a la primera etapa,  $x$  es la variable independiente y  $c$  la

constante que señala el límite de quiebre de la función e indica el valor de  $x$  para el cual  $y$  es máximo ( $z$ ).

El modelo lineal con *plateau* para número y peso de frutos de cada categoría de ramificación, fue graficado en función del tiempo térmico desde la siembra, y se calculó la tasa de esos procesos (parámetro  $b$ ) y su duración como el periodo comprendido entre el valor del parámetro  $x$ , cuando  $y$  es cero, y el parámetro  $c$  (Tanaka y Maddonni, 2009).

Estas variables temporales de los períodos de definición fueron correlacionadas con parámetros ambientales de las tres fechas de siembra y dos ciclos experimentales, la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y el factor de partición ( $p$ ) del cultivo en los momentos de definición de los componentes directos del rendimiento (número y peso de los frutos) en cada categoría de rama, respectivamente.

#### 4.2.1 Análisis e interpretación de los resultados:

Todas las variables fueron sometidas a análisis estadísticos para detectar diferencias significativas mediante ANAVA y comparaciones múltiples mediante test de Fisher ( $\alpha=0,05$ ), así como correlaciones (Coeficientes de correlación de Pearson) y regresiones entre parámetros del crecimiento y las variables meteorológicas empleando el programa estadístico Infostat Versión 2014 (Di Rienzo *et al.*, 2014) y el programa GraphPad Prism versión 5.00 para Windows, (GraphPad Software, San Diego California USA).

4.3 RESULTADOS

El número total y peso de frutos por planta al momento de cosecha (R8), clasificados por cada categoría de rama, se presentan en las tablas 4.1 y 4.2, respectivamente. El cultivar Granoleico presentó, en promedio de las tres fechas de siembra y los dos ciclos experimentales, un mayor número (49,4 frutos  $pl^{-1}$ ) y peso (41,2 g  $pl^{-1}$ ) de frutos que el cultivar Utre (46,7 frutos  $pl^{-1}$  y 33,7 g  $pl^{-1}$ ).

**Tabla 4.1:** Número de frutos totales por planta a madurez de cosecha en las diferentes categorías de ramificación, según el cultivar, la fecha de siembra y el ciclo experimental

Fuente de variación	n	n+1	Cot	Otras	n+1	n+2	Cot	Otras	n+2	n+3	Cot
<b>Cultivar (C)</b>											
Granoleico	0,0	15,3	16,6	14,8	2,2	0,5					
Utre	5,1	15,4	14,0	12,1	0,1	0,0					
LSD ( $\alpha<0,05$ )	0,6	1,9	1,8	1,9	0,6	0,3					
<b>Fecha de Siembra (FS)</b>											
1°	3,1	15,8	15,8	13,2	1,7	0,3					
2°	2,5	14,2	15,2	14,0	1,1	0,2					
3°	2,1	16,0	15,0	13,2	0,6	0,2					
LSD ( $\alpha<0,05$ )	0,8	2,4	2,2	2,9	0,8	0,4					
<b>Ciclo experimental (CE)</b>											
2009/10	2,6	13,1	14,0	11,5	1,2	0,4					
2010/11	2,5	17,5	16,7	15,4	1,1	0,1					
LSD ( $\alpha<0,05$ )	0,7	2,0	1,8	1,9	0,7	0,3					
<b>ANAVA</b>											
C	†††	NS	††	††	†††	††					
FS	†	NS	NS	NS	†	NS					
CE	NS	††	††	††	NS	†					
C x FS	NS	NS	NS	†	NS	NS					
C x FS x CE	NS	NS	NS	NS	NS	NS					

†††: Significancia < 0,0001; ††: Significancia al 0,01; †: Significancia al 0,05; NS: no significativo.

**Tabla 4.2:** Peso de frutos totales (g) por planta a madurez de cosecha en las diferentes categorías de ramificación según el cultivar, la fecha de siembra y el ciclo experimental

Fuente de variación	<i>n</i>	<i>n</i> +1	Cot	Otras <i>n</i> +1	<i>n</i> +2	Cot	Otras <i>n</i> +2	<i>n</i> +3	Cot
<b>Cultivar (C)</b>									
Granoleico	0,0	14,9	14,4	10,4	1,24	0,22			
Utre	3,3	11,9	10,2	8,2	0,05	0,0			
LSD ( $\alpha < 0,05$ )	0,5	2,0	1,7	1,7	0,44	0,15			
<b>Fecha de Siembra (FS)</b>									
1°	2,0	13,7	13,4	9,4	1,04	0,14			
2°	1,6	13,2	13,4	10,3	0,62	0,10			
3°	1,3	12,5	11,1	8,1	0,28	0,08			
LSD ( $\alpha < 0,05$ )	0,6	3,1	2,3	2,1	0,54	0,18			
<b>Ciclo experimental (CE)</b>									
2009/10	1,7	12,4	11,6	8,5	0,81	0,19			
2010/11	1,5	13,9	13,0	10,1	0,48	0,02			
LSD ( $\alpha < 0,05$ )	0,5	2,0	1,7	1,7	0,44	0,15			
<b>ANAVA</b>									
C	†††	††	†††	†	†††	††			
FS	†	NS	NS	NS	†	NS			
CE	NS	NS	NS	NS	NS	†			
C x FS	†	NS	††	†	†	NS			
C x FS x CE	NS	NS	NS	NS	NS	NS			

†††: Significancia < 0,0001; ††: Significancia al 0,01; †: Significancia al 0,05; NS: no significativo.

Ambos componentes tuvieron una tendencia decreciente con el retraso de la fecha de siembra, que se reprodujo en cada categoría de ramificación, pero sin diferencias significativas en las categorías de ramas de mayor importancia, ya que sólo hubo diferencias tanto en número como en peso de frutos por planta en el eje *n* y las ramas otras *n*+2.

En el segundo ciclo experimental se registraron los mayores valores de número (43 y 53 frutos  $pl^{-1}$ ) y peso de frutos (35,2 y 39,0 g  $pl^{-1}$ ) para Granoleico y Utre, respectivamente (Tablas 4.1 y 4.2). Este mayor número de frutos por planta encontrado en el ciclo 2010/11 se debió principalmente a las diferencias a favor de las principales categorías de rama; mientras que el peso de frutos por planta no mostró diferencias significativas, excepto en las ramas *n*+3 cot, cuya contribución al peso total de los frutos por planta es prácticamente nula.

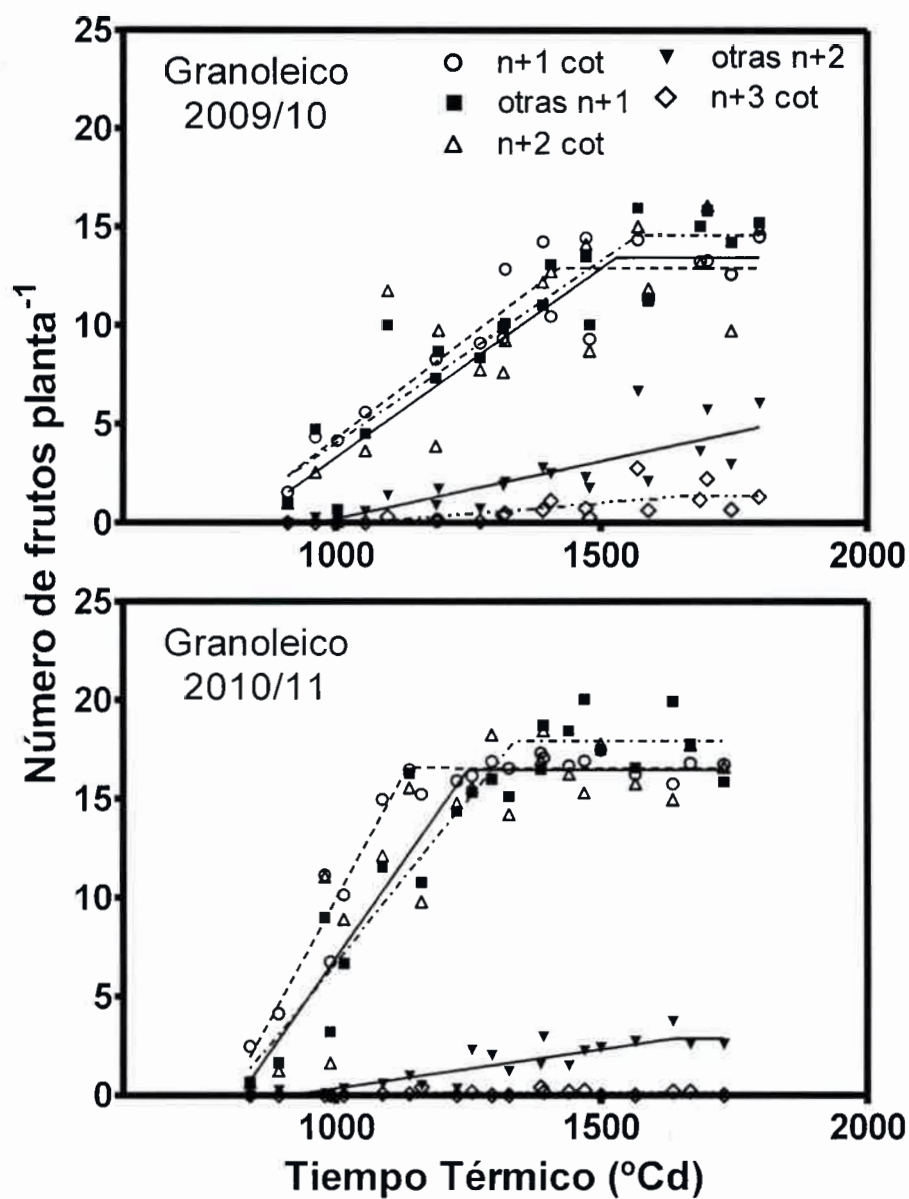
Para ambos cultivares y en las distintas fechas de siembra, el período de aparición de frutos en las principales categorías de rama ( $n+1$  cot, otras  $n+1$  y  $n+2$  cot) comenzó en R2-R3 (clavado y comienzo de formación de frutos) y se extendió hasta R5-R6 (llenado de granos).

La duración de ese periodo fue de 625-784 °Cd en el ciclo 2009/10 y 335-539 °Cd en 2010/11 para Granoleico y de 492-552 °Cd en el ciclo 2009/10 y 374-447 °Cd en 2010/11 para Utre, respectivamente (Tabla 4.3).

El inicio más temprano le correspondió a las ramas primarias, cotiledonares y otras  $n+1$  de Granoleico (796-786 °Cd y 801-799 °Cd en 2009/10 y 2010/11, respectivamente) (Figura 4.1) y a las ramas cotiledonares de Utre (699 y 637 °Cd en 2009/10 y 2010/11, respectivamente) (Figura 4.2). La duración más prolongada se registró en las ramas otras  $n+1$  de Granoleico con 784-539 °Cd y en las ramas  $n+1$  cot de Utre, con 447-552 °Cd, para el primero y segundo ciclo, respectivamente. Estas mismas categorías de ramas fueron las que presentaron el mayor número de frutos a cosecha 16,6 frutos  $pl^{-1}$  para las ramas otras  $n+1$  de Granoleico y 15,4 frutos  $pl^{-1}$  para las ramas cotiledonares de Utre, en promedio de ambos ciclos experimentales (ver Tabla 4.1). Cabe destacar que las ramas otras  $n+2$  de Utre, tuvieron una alta duración del periodo de aparición de frutos en ambos ciclos (605-632 °Cd, respectivamente), pero con una tasa de aparición muy baja que resultó en un número de frutos fijado por planta insignificante.

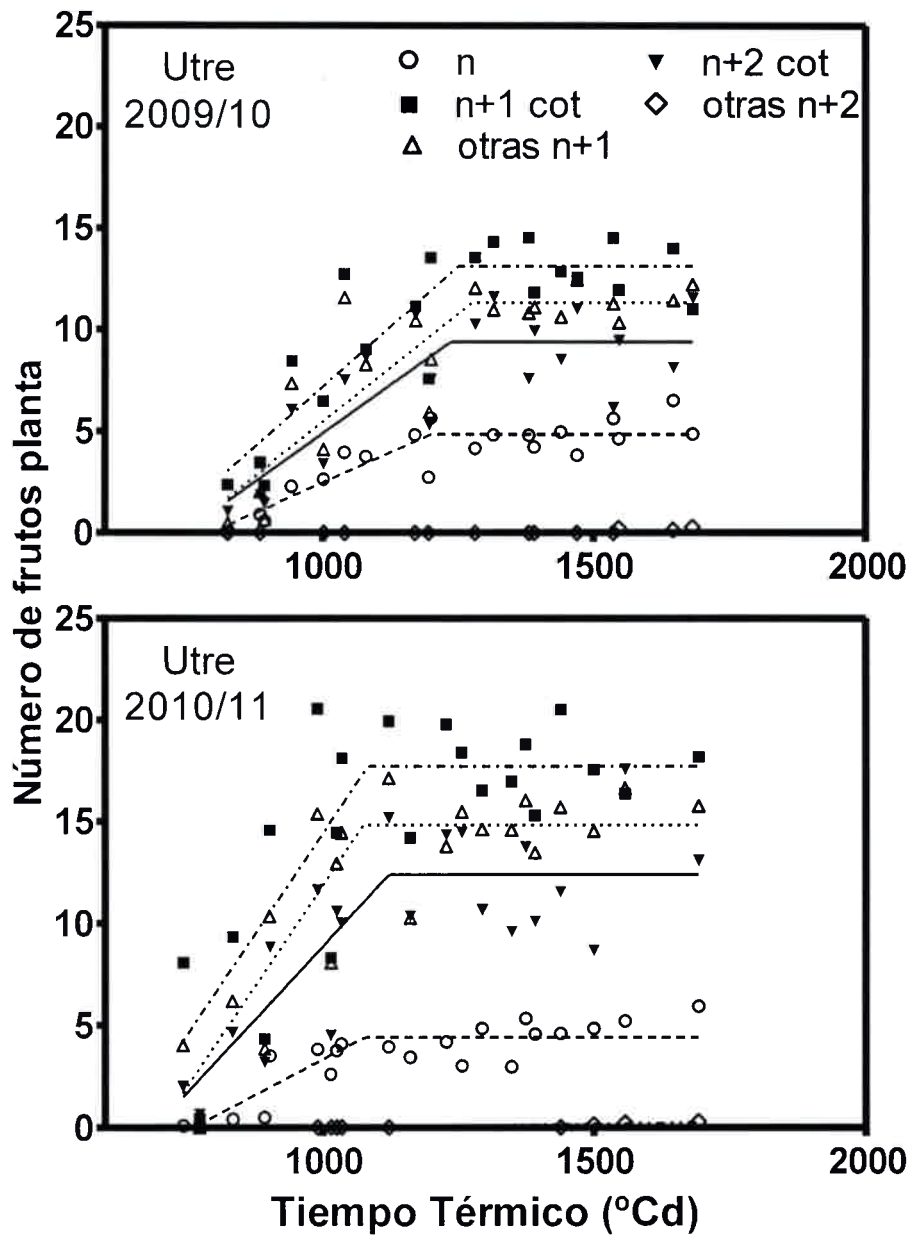
Las tasas de aparición de frutos más altas, en promedio de ambos cultivares y ciclos experimentales, se produjeron en las ramas  $n+1$  cot con 0,032 frutos  $pl^{-1} °Cd^{-1}$ , seguidas por las ramas otras  $n+1$  (0,0235 frutos  $pl^{-1} °Cd^{-1}$ ) y  $n+2$  cot (0,0225 frutos  $pl^{-1} °Cd^{-1}$ ) (Tabla 4.3). A su vez, durante el ciclo 2010/11 la tasa de aparición de frutos fue mayor que en el ciclo anterior adelantando el fin del periodo de fijación de frutos y, por consiguiente, redujo su duración.

Los mayores pesos de frutos se registraron en las ramas  $n+1$  cot, otras  $n+1$  y  $n+2$  cot de ambos cultivares y ciclos experimentales; y las ramas que mayor peso de frutos presentaron fueron las cotiledonares en Utre y ambas ramas primarias  $n+1$  cot y otras  $n+1$  en Granoleico (Tabla 4.2).



**Figura 4.1:** Relación bilineal del número de frutos por categoría de rama en función del tiempo térmico (°Cd) después de la siembra ( $T_b$ : 10,3°C) para el cultivar Granoleico. Promedio de tres fechas de siembra para los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11.





**Figura 4.2:** Relación bilineal del número de frutos por categoría de rama en función del tiempo térmico (°Cd) después de la siembra ( $T_b$ : 10,3°C) para el cultivar Utre. Promedio de tres fechas de siembra para los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11.

**Tabla 4.3.** Inicio, final, duración (°Cd) y tasa de aparición de frutos (fruto planta<sup>-1</sup> °Cd<sup>-1</sup>) durante el período de crecimiento lineal de cada categoría de rama y número final de frutos alcanzado en Granoleico y Utre. Valores promedio de las tres fechas de siembra en cada ciclo experimental.

	Número de Frutos/planta													
	Granoleico							Utre						
	Tasa f pl °Cd	Inicio °Cd Fen		Fin °Cd Fen		duración °Cd	Número	Tasa f pl °Cd	Inicio °Cd Fen		Fin °Cd Fen		duración °Cd	Número
<u>2009/2010</u>														
<i>n</i>								0,012	795	R2-3	1200	R5	405	4,8
<i>n+1</i> Cot	0,021	796	R2-3	1421	R5	625	12,8	0,024	699	R2-3	1251	R6	552	13,1
Otras <i>n+1</i>	0,019	786	R2-3	1570	R6	784	14,5	0,021	746	R2-3	1276	R6	530	11,3
<i>n+2</i> Cot	0,019	831	R2-3	1530	R6	699	13,4	0,019	744	R2-3	1236	R6	492	9,4
Otras <i>n+2</i>	0,006	963	R3	1798	R8	835	4,8	2,27E-04	1077	R5	1682	R8	605	0,1
<i>n+3</i> Cot	0,002	1037	R4	1659	R7	622	1,3							
<u>2010/2011</u>														
<i>n</i>								0,013	763	R2-3	1077	R5-6	314	4,4
<i>n+1</i> Cot	0,049	801	R2-3	1136	R4-5	335	16,5	0,040	637	R2-3	1084	R5-6	447	17,7
Otras <i>n+1</i>	0,033	799	R2-3	1338	R6	539	17,9	0,040	702	R2-3	1076	R5-6	374	14,8
<i>n+2</i> Cot	0,038	819	R2-3	1248	R6	429	16,5	0,029	693	R2-3	1122	R6	429	12,4
Otras <i>n+2</i>	0,004	909	R3	1636	R7	727	2,9	3,68E-04	1060	R5	1692	R8	632	0,2
<i>n+3</i> Cot	4,47E-04	1088	R4	1162	R5	74	0,1							

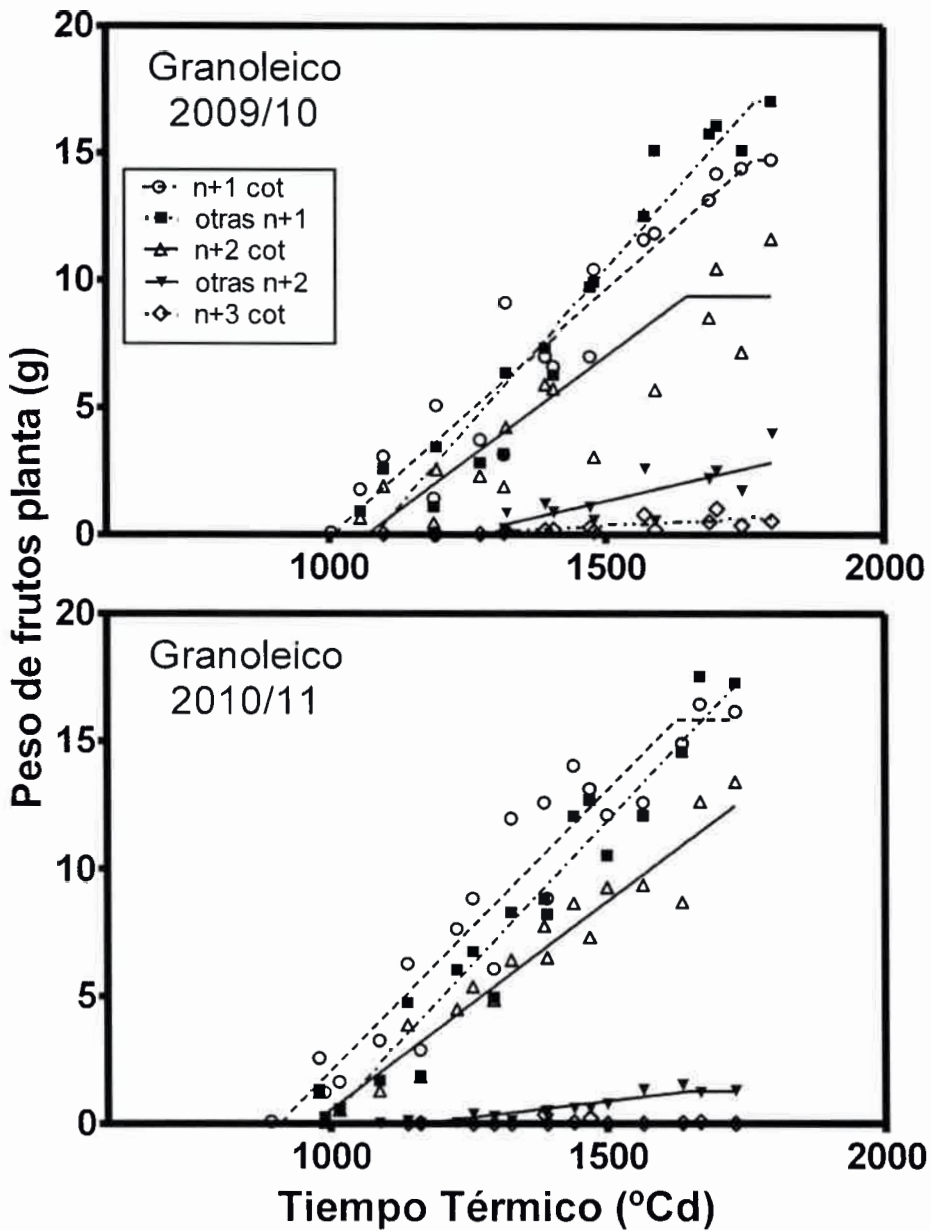
En ambos cultivares el periodo de crecimiento de frutos comenzó en R3-R4 y se extendió hasta las etapas finales del ciclo de los cultivares (R7-R8).

En Granoleico los periodos de crecimiento de frutos en las distintas categorías de ramas, siguieron un patrón similar al encontrado para la aparición de frutos, con tres grupos bien definidos (Figura 4.3). El primero, integrado por las ramas cotiledonares de un inicio más temprano; un segundo grupo formado por las ramas otras  $n+1$  y  $n+2$  cot de un desarrollo posterior y, por último, el grupo conformado por las ramas otras  $n+2$  y  $n+3$  cot. Las mayores tasas de crecimiento de fruto (Tabla 4.4) se dieron, para los ciclos 2009/10 y 2010/11, en las ramas otras  $n+1$  con valores de 0,025 y 0,023  $\text{g pl}^{-1} \text{ } ^\circ\text{Cd}^{-1}$ , seguidas por las ramas cotiledonares  $n+1$  cot y  $n+2$  cot (0,019 y 0,022  $\text{g pl}^{-1} \text{ } ^\circ\text{Cd}^{-1}$  para las  $n+1$  cot y 0,016  $\text{g pl}^{-1} \text{ } ^\circ\text{Cd}^{-1}$  para las  $n+2$  cot, esta última, igual para ambos ciclos experimentales).

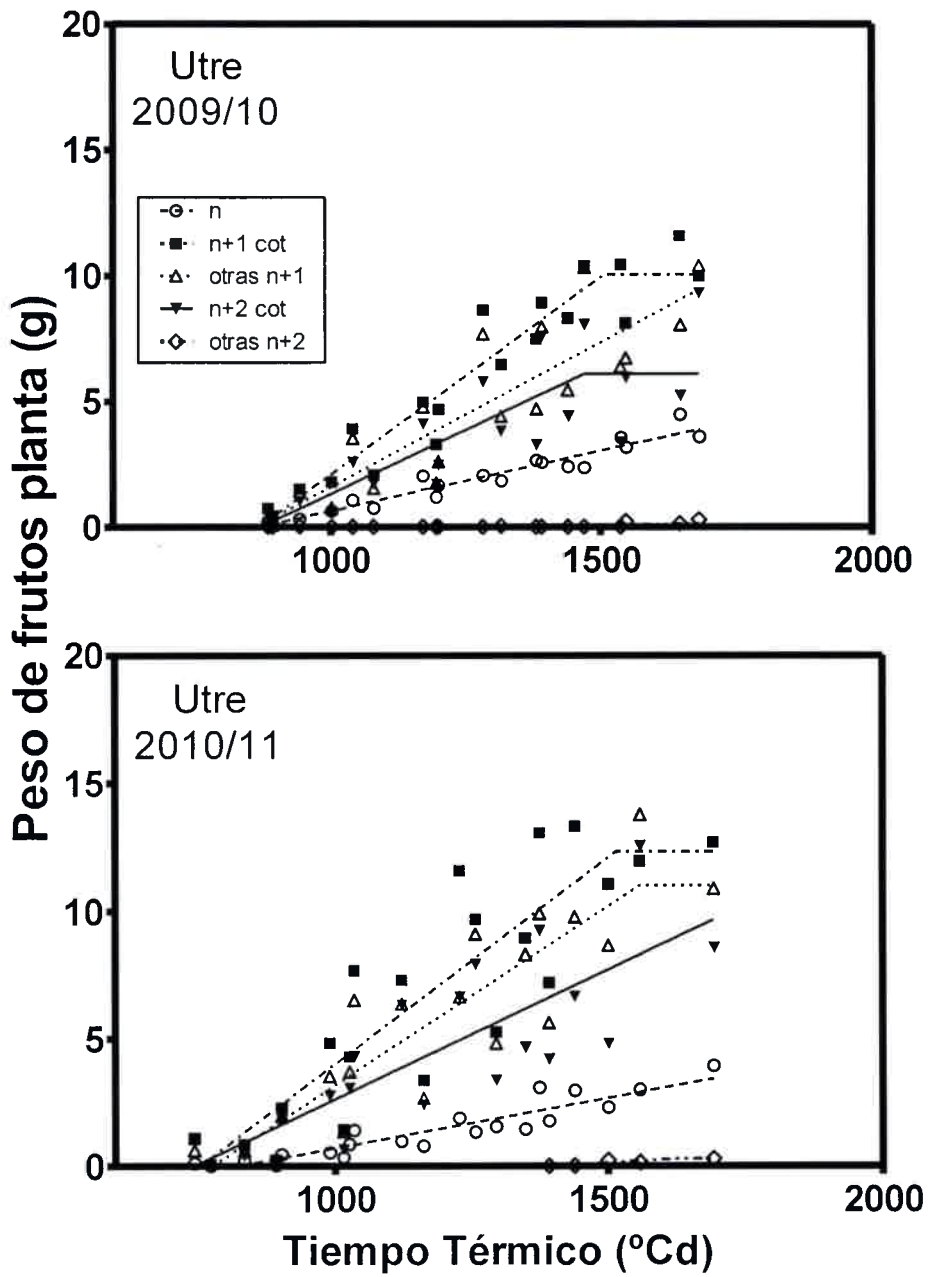
En Utre, el inicio y la duración del periodo de definición del peso de frutos fue similar en las principales categorías de ramas ( $n$ ,  $n+1$  cot, otras  $n+1$  y  $n+2$  cot) (inicio entre 862 y 871  $^\circ\text{Cd}$  desde emergencia en 2009/10 y entre 743 y 776  $^\circ\text{Cd}$  en 2010/11 (Figura 4.4)) y las diferencias entre ellas se debieron, principalmente, a la tasa de crecimiento de esos frutos que varió entre 0,005 y 0,016  $\text{g pl}^{-1} \text{ } ^\circ\text{Cd}^{-1}$  (2009/10) y entre 0,004 y 0,016  $\text{g pl}^{-1} \text{ } ^\circ\text{Cd}^{-1}$  (2010/11) (Tabla 4.4).

En ambos cultivares y ciclos experimentales, la duración del periodo de crecimiento lineal de frutos fue la variable analizada que presentó mayor variación.

En la Tabla 4.5, se muestran las correlaciones entre los valores máximos, de número de frutos, alcanzados a cosecha en categoría de rama de ambos cultivares y ciclos experimentales. En todos los casos, se encontró una correlación negativa y significativa entre número de frutos y el momento de inicio de los respectivos periodos de definición de este componente del rendimiento. También, se observaron correlaciones negativas con el momento final del periodo de definición del número de frutos, pero éstas no presentaron significancia estadística.



**Figura 4.3:** Relación bilineal del peso de frutos (g) por categoría de rama en función del tiempo térmico (°Cd) después de la siembra ( $T_b$ : 10,3°C) para el cultivar Granoleico. Promedio de tres fechas de siembra para los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11.



**Figura 4.4:** Relación bilineal del peso de frutos (g) por categoría de rama en función del tiempo térmico (°Cd) después de la siembra ( $T_b$ : 10,3°C) para el cultivar Utre. Promedio de tres fechas de siembra para los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11.

**Tabla 4.4.** Inicio, final, duración (°Cd) y tasa de crecimiento de los frutos (g planta<sup>-1</sup> °Cd<sup>-1</sup>) durante el período de crecimiento lineal de cada categoría de rama y peso final de frutos alcanzado en Granoleico y Utre. Valores promedio de las tres fechas de siembra en cada ciclo experimental.

	<i>Peso de Frutos/planta</i>													
	<i>Granoleico</i>						<i>Utre</i>							
	<i>Tasa</i> g pl °Cd	<i>Inicio</i> °Cd	<i>Fin</i>		<i>duración</i> °Cd	<i>Peso</i> g	<i>Tasa</i> g pl °Cd	<i>Inicio</i> °Cd	<i>Fin</i>		<i>duración</i> °Cd	<i>Peso</i> g		
	<u><i>2009/2010</i></u>													
<i>n</i>							0,005	869	R3	1682	R8	813	3,9	
<i>n+1 Cot</i>	0,019	1008	R3	1767	R7	759	14,6	0,016	868	R3	1506	R7	638	10,0
<b>Otras <i>n+1</i></b>	0,025	1083	R3-4	1771	R7-8	688	17,0	0,011	862	R3	1682	R7	820	9,4
<i>n+2 Cot</i>	0,016	1068	R3-4	1647	R7	579	9,4	0,010	871	R3	1407	R7	536	6,1
<b>Otras <i>n+2</i></b>	0,005	1239	R4	1798	R8	559	2,8	2,07E-04	1079	R5	1682	R8	603	0,1
<i>n+3 Cot</i>	0,001	1181	R4	1798	R8	617	0,7							
	<u><i>2010/2011</i></u>													
<i>n</i>							0,004	821	R4	1692	R8	871	3,4	
<i>n+1 Cot</i>	0,022	910	R3	1626	R7	716	15,7	0,016	754	R3	1514	R7	760	12,3
<b>Otras <i>n+1</i></b>	0,023	989	R3	1731	R8	742	17,1	0,014	776	R3	1558	R7	782	11,0
<i>n+2 Cot</i>	0,016	967	R3	1731	R8	764	12,4	0,010	743	R3	1692	R8	949	9,7
<b>Otras <i>n+2</i></b>	0,003	1163	R5	1646	R7	483	1,3	0,001	1393	R5	1632	R7	239	0,3
<i>n+3 Cot</i>	3,28E-04	1181	R5	1387	R6	206	0,1							



**Tabla 4.5:** Correlaciones del número de total frutos con tasa, inicio, fin (tiempo térmico desde la siembra) y duración de los períodos de aparición de frutos en cada categoría de rama, cultivar y ciclo experimental. Promedio de las fechas de siembra.

<i>Utre</i>	Número			
	2009/10		2010/11	
Tasa*	0,99	††	0,99	††
Inicio del período	-0,91	†	-0,88	†
Fin del período	-0,73	NS	-0,73	NS
Duración	-0,1	NS	-0,42	NS

<i>Granoleico</i>	Número			
	2009/10		2010/11	
Tasas*	0,98	††	0,95	††
Inicio del período	-0,99	††	-0,91	†
Fin del período	-0,72	NS	-0,31	NS
Duración	0,08	NS	0,2	NS

\*tasa de aparición de frutos.

†††: Significancia < 0,0001; ††: Significancia al 0,01; †: Significancia al 0,05; NS: no significativo

**Tabla 4.6:** Correlaciones del peso individual de frutos con tasa, inicio, fin (tiempo térmico desde la siembra) y duración de los períodos de crecimiento de frutos en cada categoría de rama, cultivar y ciclo experimental. Promedio de las fechas de siembra.

<i>Utre</i>	Peso			
	2009/10		2010/11	
Tasa*	0,96	††	0,98	††
Inicio del período	-0,81	NS	-0,81	NS
Fin del período	-0,37	NS	-0,57	NS
Duración	0,22	NS	0,65	NS

<i>Granoleico</i>	Peso			
	2009/10		2010/11	
Tasas*	0,99	††	1,00	†††
Inicio del período	-0,83	NS	-0,95	†
Fin del período	-0,26	NS	0,70	NS
Duración	0,73	NS	0,60	NS

\*tasa crecimiento de frutos.

†††: Significancia < 0,0001; ††: Significancia al 0,01; †: Significancia al 0,05; NS: no significativo

Se destaca que las tasas, tanto de aparición como de crecimiento de frutos (Tablas 4.5 y 4.6), fueron los procesos de mayor importancia en la determinación del número y peso de los frutos por planta (correlaciones entre 0,95 y 1;  $p < 0,01$  en todos los casos analizados). Mientras que la duración de esas etapas no correlacionaron con el dato final de número y peso de frutos por rama al momento de cosecha.

La radiación media diaria capturada por el canopeo del cultivo no mostró diferencias significativas, excepto en los periodos de definición de número y peso de frutos sobre las ramas otras  $n+2$  del cultivar Utre en el ciclo 2009/10 (Tabla 4.7) y en ambos ciclos (Tabla 4.8), respectivamente. Una tendencia similar se observó en la temperatura media y la TCC de los dos ciclos experimentales, para los periodos de definición de número y peso de frutos. Con excepción de las diferencias en RFAi entre categorías de ramas de Granoleico (período de definición del peso de fruto del ciclo 2010/11), no se registraron otras diferencias significativas en temperatura media y TCC, de este cultivar.

El factor de partición a frutos ( $p$ ) fue la única variable que presentó diferencias altamente significativas entre categorías de ramas de ambos cultivares en los periodos de definición de los componentes del rendimiento número y peso de frutos en ambos ciclos experimentales (Tablas 4.7 y 4.8).

Las tablas 4.9 y 4.10 muestran las correlaciones entre el número y peso de frutos de ambos cultivares y ciclos experimentales, y la TCC, temperatura media, RFAi y el factor de partición ( $p$ ) medidos durante los respectivos períodos de definición de ambos componentes del rendimiento. Las correlaciones más altamente significativas fueron con el factor de partición  $p$  ( $p < 0,001$  en todos los casos analizados); las de valor intermedio, y sólo significativa para número de granos en Granoleico ciclo 2010/11), fueron con la RFAi y las restantes variables presentaron una correlación con los componentes del rendimiento no significativa.

**Tabla 4.7:** Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFA<sub>i</sub>), temperatura media (Temp media), tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y factor de partición (*p*) de cada categoría de rama durante los respectivos períodos de definición del número de frutos.

	Utre-UNRC				Granoleico			
	RFA <sub>i</sub>	Temp. media	TCC	<i>p</i>	RFA <sub>i</sub>	Temp. media	TCC	<i>p</i>
	MJ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	°C	g pl <sup>-1</sup> °Cd <sup>-1</sup>		MJ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	°C	g pl <sup>-1</sup> °Cd <sup>-1</sup>	
<b>2009/10</b>								
<i>n</i>	10,60 a	22,6 a	0,096 a	0,19 c	-	-	-	-
<i>n</i> +1 cot	9,14 ab	23,0 a	0,088 a	0,32 a	11	22,3	0,118	0,24 b
Otras <i>n</i> +1	9,47 a	22,6 a	0,091 a	0,28 b	10,8	22,5	0,122	0,31 a
<i>n</i> +2 cot	9,54 a	22,3 a	0,090 a	0,20 c	10,9	22,3	0,125	0,25 b
Otras <i>n</i> +2	7,04 b	18,2 b	0,066 b	0,01 d	9,4	21,8	0,118	0,09 c
<i>n</i> +3 cot					9,7	21,9	0,126	0,02 d
ANAVA	†	†††	††	†††	NS	NS	NS	†††
<b>2010/11</b>								
<i>n</i>	12,48 a	22,8 a	0,087 a	0,09 b	-	-	-	-
<i>n</i> +1 cot	12,61 a	22,4 a	0,085 a	0,25 a	12,56 a	21,8	0,108	0,27 a
Otras <i>n</i> +1	12,50 a	22,3 a	0,087 a	0,24 a	12,16 ab	21,2	0,117	0,21 a
<i>n</i> +2 cot	12,53 a	22,2 a	0,088 a	0,31 a	12,05 ab	21,3	0,115	0,19 a
Otras <i>n</i> +2	8,32 b	17,4 b	0,065 b	0,04 b	10,73 bc	19,7	0,122	0,09 b
<i>n</i> +3 cot					10,42 c	19,1	0,119	0,05 b
ANAVA	††	††	††	†††	†	NS	NS	†††

En cada columna, letras distintas indican diferencias significativas entre categorías de rama, según Test LSD Fisher. †††: Significancia <0.0001; ††: Significancia al 0,01; †: Significancia al 0,05; NS: no significativo.

**Tabla 4.8:** Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFA<sub>i</sub>), temperatura media (Temp. media), tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y factor de partición (*p*) de cada categoría de rama durante los respectivos períodos de definición del peso de frutos.

	Utre-UNRC				Granoleico			
	RFA <sub>i</sub>	Temp. media	TCC	<i>P</i>	RFA <sub>i</sub>	Temp. media	TCC	<i>P</i>
	MJ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	°C	g pl <sup>-1</sup> °Cd <sup>-1</sup>		MJ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	°C	g pl <sup>-1</sup> °Cd <sup>-1</sup>	
<b>2009/10</b>								
<i>n</i>	9,25	21,6	0,079 a	0,17 d	-	-	-	-
<i>n</i> +1 cot	9,28	21,8	0,090 a	0,33 a	9,48	20,8	0,123	0,25 b
Otras <i>n</i> +1	9,26	21,5	0,088 a	0,28 b	9,19	20,8	0,119	0,32 a
<i>n</i> +2 cot	9,36	21,4	0,094 a	0,21 c	9,41	20,2	0,124	0,26 b
Otras <i>n</i> +2	7,32	21,0	0,059 b	0,01 e	8,68	20,7	0,112	0,08 c
<i>n</i> +3 cot					8,82	20,2	0,102	0,03 d
ANAVA	NS	NS	†	†††	NS	NS	NS	†††
<b>2010/11</b>								
<i>n</i>	10,79 a	19,8 a	0,085 a	0,24 b	-	-	-	-
<i>n</i> +1 cot	11,16 a	20,2 a	0,091 a	0,48 a	10,65	19,5	0,117	0,54 a
Otras <i>n</i> +1	11,08 a	20,2 a	0,090 a	0,45 a	10,53	19,3	0,119	0,42 b
<i>n</i> +2 cot	11,15 a	20,2 a	0,089 a	0,50 a	10,59	19,3	0,119	0,37 b
Otras <i>n</i> +2	8,12 b	15,0 b	0,058 b	0,04 c	9,73	18,4	0,118	0,18 c
<i>n</i> +3 cot					9,65	18,3	0,116	0,07 d
ANAVA	†	†	†	†††	NS	NS	NS	†††

En cada columna, letras distintas indican diferencias significativas entre categorías de rama, según Test LSD Fisher. †††: Significancia <0,0001; ††: significancia al 0,01; †: significancia al 0,05; NS: no significativo.

**Tabla 4.9:** Correlación entre el número de frutos y la TCC, temperatura media, RFAi y el  $p$  durante el respectivo período de definición de ese componente del rendimiento. Promedio de las fechas de siembra.

<i>Utre</i>	Número			
	<i>2009/10</i>		<i>2010/11</i>	
TCC	-0,44	NS	0,53	NS
Temperatura media	0,04	NS	0,60	NS
RFAi	0,34	NS	0,62	NS
$p$	0,9	†††	0,83	†††

<i>Granoleico</i>	Número			
	<i>2009/10</i>		<i>2010/11</i>	
TCC	-0,09	NS	-0,53	NS
Temperatura media	0,54	NS	0,63	NS
RFAi	0,54	NS	0,67	†
$p$	0,95	†††	0,79	†††

†††: Significancia < 0,0001; ††: Significancia al 0,01; †: Significancia al 0,05; NS: no significativo

**Tabla 4.10:** Correlación entre el peso de frutos y la TCC, temperatura media, RFAi y el  $p$  durante el respectivo período de definición de ese componente del rendimiento. Promedio de las fechas de siembra.

<i>Utre</i>	Peso			
	<i>2009/10</i>		<i>2010/11</i>	
TCC	0,54	NS	0,51	NS
Temperatura media	0,04	NS	0,56	NS
RFAi	0,34	NS	0,52	NS
$p$	0,9	†††	0,91	†††

<i>Granoleico</i>	Peso			
	<i>2009/10</i>		<i>2010/11</i>	
TCC	0,49	NS	0,44	NS
Temperatura media	0,13	NS	0,52	NS
RFAi	0,41	NS	0,56	NS
$p$	0,96	†††	0,91	†††

†††: Significancia < 0,0001; ††: Significancia al 0,01; †: Significancia al 0,05; NS: no significativo

#### 4.4 DISCUSIÓN

Las principales diferencias en la distribución relativa del número y peso de frutos sobre cada categoría de rama (Tablas 4.1 y 4.2), se observaron entre los genotipos representativos de cada tipo botánico (Ver Capítulo III) y no en respuesta a las condiciones ambientales a las que estuvieron expuestos estos genotipos en cada fecha de siembra y ciclo experimental, tal como se analizó a nivel de planta entera en el Capítulo II del presente trabajo y se menciona en la bibliografía para fotoperíodo (Nigam *et al.*, 1998); temperatura (Craufurd *et al.*, 2002; Prasad *et al.*, 2003); agua (Cerioni, 2003); fechas de siembra (Padmalatha *et al.*, 2006), confirmándose, en consecuencia, la fuerte regulación genética en la distribución de biomasa entre genotipos de portes y patrones de ramificación diferentes (Bell *et al.*, 1993b; Shashidhar *et al.*, 1986; Giayetto *et al.*, 2007; Giayetto *et al.*, 2012).

El número y peso de frutos fueron superiores en las ramas cotiledonares de Utre y en otras  $n+1$  de Granoleico, similar a los resultados encontrados en cultivares de cada tipo botánico, tanto en este (Capítulo III), como en otros trabajos (Choudhari *et al.*, 1985; Shashidhar *et al.*, 1986; Giayetto *et al.*, 2007). De esta manera, y en coincidencia con lo descrito en el capítulo anterior, entre las ramas  $n+1$  cot, otras  $n+1$  y  $n+2$  cot se explica el 96 y 90% (Granoleico y Utre, respectivamente) del rendimiento producido por planta en competencia perfecta dentro del cultivo para las densidades de siembra utilizadas.

En base a los resultados obtenidos, se pudieron delimitar periodos de determinación del número y peso de los frutos con un alto grado de ajuste con el tiempo (valores de  $R^2$  medios de 0,72 y 0,77 para los periodos de aparición y crecimiento de frutos, respectivamente, con extremos de 0,17 y 0,95 para número y 0,08 y 0,95 para peso de frutos), teniendo en cuenta que con los dos ciclos experimentales y las tres fechas de siembra en cada uno de los cultivares se generó un amplio rango de escenarios ambientales a los que puede exponerse el cultivo de maní en la zona manisera de Córdoba.

Los tiempos de inicio, final y la duración de los periodos de generación de los componentes del rendimiento, número y peso de los frutos, variaron entre los genotipos evaluados. Así, la diferente duración en grados día de esas etapas entre ambos cultivares, fue debida a la longitud de sus respectivos ciclos (Giambastiani,



2000) y al grado de indeterminación (Stalker, 1997) característico de estos tipos botánicos de maní.

Sin embargo, ambos genotipos mostraron un patrón fenológico similar para la aparición y llenados de frutos: las ramas de mayor contribución al rendimiento ( $n+1$  cot, otras  $n+1$  y  $n+2$  cot) comenzaron a definir el número de frutos entre R2-R3 y continuaron hasta R5-R6. Por su parte, el inicio de los periodos de definición del peso se registró entre R3-R4 y continuó hasta las etapas R7-R8. Estos resultados coinciden con la bibliografía que posiciona al periodo crítico del cultivo, determinación del número de frutos y semillas e inicio de su llenado entre R3 y R6,5 (Haro *et al.*, 2007a).

Las ramas que iniciaron y finalizaron los períodos de aparición de frutos de manera anticipada en el ciclo ontogénico del cultivo, fueron las que presentaron mayor número y peso de frutos al final del ciclo. Similares resultados fueron presentados por Ono y Ozaki (1971b), quienes encontraron mayor número de clavos y frutos en las ramas de desarrollo anticipado (en una posición más cercana al suelo) y, a su vez, en los nudos basales de dichas ramas. Sin embargo, para las ventanas de determinación del peso de los frutos no se observó esa relación debido probablemente, a que la definición de este componente continuó hasta el final del ciclo del cultivo en la mayoría de las categorías de ramas.

A diferencia de lo encontrado por Duncan *et al.*, (1978) para la planta entera, no se observó en este trabajo una relación entre las variables número y peso final de frutos con la duración de las respectivas etapas de su definición. Esto se puede corroborar en las figuras 4.1 y 4.2, donde se muestra que la duración de esas etapas no mostró diferencias importantes entre las categorías de ramas.

Por otro lado, se observaron altas correlaciones entre el número y peso de los frutos y sus respectivas tasas de aparición y crecimiento. Esto puede deberse a que las ramas con inicio temprano de los períodos de definición de cada componente (por lo tanto, de mayor fuerza de destino inicial), son también las que alcanzaron mayores tasas. Esta correlación entre rendimiento y tasa de aparición de frutos también fue observada por Duncan *et al.* (1978), en genotipos de maní de diferentes años de lanzamiento al mercado.

No se encontró correlación entre los valores finales de número y peso de frutos y la temperatura media y radiación incidente durante los periodos de generación de esos componentes en la mayoría de las categorías de ramas. Debido, probablemente a que la ubicación temporal y duración de las ventanas de aparición y crecimiento de frutos por rama, no fueron lo suficientemente diferentes entre sí, quedando expuestas a condiciones ambientales similares, en contraste con los valores diferenciales encontrados por otros autores al analizar la planta entera (Duncan *et al.*, 1978; Bell y Wright, 1998; Padmalatha *et al.*, 2006).

Entre el número de frutos y la TCC se detectó una correlación negativa y no significativa, ya que al inicio de la etapa de determinación del número de frutos en las ramas de mayor contribución al rendimiento, la TCC era todavía baja. Por el contrario, cuando esa etapa comenzó en las ramas de menor contribución, la TCC en ese momento era mayor. Contrariamente, la TCC durante el periodo de definición del peso de los frutos, correlacionó positivamente, aunque sin significancia estadística, con ese componente como los resultados hallados por Bell *et al.* (1993b) para la planta en general.

Las correlaciones entre número y peso de frutos y el coeficiente de partición ( $p$ ) de ramas para ambos cultivares durante su período de determinación, fueron altamente significativas. Al igual que lo encontrado por Duncan *et al.*, (1978), ello indica que la partición de asimilados es uno de los procesos fisiológicos más importantes en la determinación del rendimiento del cultivo de maní.

#### 4.5 CONCLUSIONES

En este trabajo se puso en evidencia que las diferencias en la contribución relativa de cada categoría de rama al rendimiento del cultivo son debidas a los distintos periodos o ventanas de definición de los componentes directos, número y peso de frutos.

Estos periodos presentan diferencias entre genotipos representativos de tipos botánicos *hypogaea* y *fastigiata* (de diferente porte y patrón de ramificación) y que las ramas de mayor contribución al rendimiento (ramas primarias  $n+1$  cot y otras  $n+1$  y  $n+2$  cot) tienen, en general, un inicio más temprano en el ciclo del cultivo, mayores tasas de aparición y crecimiento de frutos y mayor duración de esas etapas respecto a las categorías de ramas de menor importancia en la generación del rendimiento del cultivo.

Sin embargo, no se observaron diferencias en las condiciones ambientales (RFAi y temperatura media) a las que estuvo expuesto el cultivo durante los periodos de definición del número y peso de frutos en las respectivas categorías de ramas, ya que dichos periodos para las ramas de mayor importancia están solapados temporalmente. Así mismo, existe un factor de partición ( $p$ ) diferencial entre las distintas categorías de ramas, que puede estar definido por el tamaño o fuerza de los destinos (número y peso de frutos) y, que a su vez, éstos son mayores en las ramas que definen los componentes del rendimiento más tempranamente. Esto, les otorga una ventaja comparativa respecto a ramas de un desarrollo ontogénico posterior.

# Capítulo V

## **CAPITULO V**

### **ESTRÉS POR SOMBREO EN LAS ETAPAS DE DEFINICIÓN DEL NÚMERO Y PESO DE FRUTOS EN GENOTIPOS DE MANÍ CON DIFERENTES PATRONES DE RAMIFICACIÓN**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN**

El rendimiento del cultivo de maní, como el de otros cultivos de grano, es el resultado de la combinación entre número de frutos/granos por unidad de superficie y el peso individual de los mismos (Phakamas *et al.*, 2008; Haro *et al.*, 2013). El número de frutos es el componente numérico que está más altamente relacionado con el rendimiento, mientras que su peso individual es considerado como más estable (Phakamas *et al.*, 2008). El número y peso de frutos que llegan a la madurez de cosecha del cultivo, están altamente determinados por la disponibilidad de fotoasimilados durante el período de determinación y formación de frutos y granos (Collino *et al.*, 2001; Haro *et al.*, 2013). Disponibilidad de asimilados que es, a la vez, función de la habilidad con que el cultivo captura recursos como la luz, agua y nutrientes, entre otros (Andrade y Ferreiro, 1996; Phakamas *et al.*, 2008).

Es frecuente que el cultivo de maní experimente, durante su ciclo de crecimiento, condiciones de estrés causadas principalmente por factores abióticos, las cuales se hacen más evidentes cuando el cultivo se encuentra en la fase reproductiva (formación y comienzo de llenado de frutos) (Ono y Ozaki, 1971a; Hang *et al.*, 1984; Cerioni, 2003; Egli y Bruening, 2005; Phakamas *et al.*, 2008).

Existen numerosos estudios acerca del efecto del estrés lumínico, generado por sombreo, sobre los procesos fisiológicos que determinan el rendimiento del maní. En ellos se encontraron cambios en la partición, la tasa de crecimiento vegetativo y reproductivo, el número de frutos maduros y el rendimiento tanto a nivel de planta

individual como del cultivo (Ono y Ozaki, 1971a; Williams, 1979a; Hang *et al.*, 1984; Stirling *et al.*, 1990; Jadhav y Sengupta, 1991; Jadhav, 1992; Barbour *et al.*, 1994).

Así, las plantas bajo estrés por sombra acumulan menor cantidad de materia seca (Ono y Ozaki, 1971a; Hang *et al.*, 1984; Jadhav, 1992), poseen menor densidad de longitud de raíces (Barbour *et al.*, 1994), menor cantidad de nódulos que fijan nitrógeno atmosférico (Rao y Mittra, 1988), menor número de ramas e incremento en la longitud de los entrenudos (Stirling *et al.*, 1990), haciendo que el tallo alcance mayor altura (Hang *et al.*, 1984; Rao y Mittra, 1988; Barbour *et al.*, 1994). El sombreado también incrementa el área foliar específica (AFE) (Hang *et al.*, 1984; Rao y Mittra, 1988), pero reduce el período de expansión del área foliar (Stirling *et al.*, 1990) y produce mayor acumulación de clorofila por unidad de superficie foliar en sombros de corta duración (Hang *et al.*, 1984), y una disminución de la misma cuando dicho estrés es más severo (Rao y Mittra, 1988).

El número de flores por planta, al igual que lo hallado en soja (Egli y Bruening, 2005), también es modificado por la intensidad de luz y su efecto depende del momento de ocurrencia. Si la deficiencia se produce antes de floración, disminuye la tasa y se prolonga el periodo de producción de flores, pero el proceso se detiene cuando el estrés se produce durante la floración (Cattan y Fleury, 1998; Cerioni, 2003).

El estrés lumínico durante el periodo reproductivo reduce el rendimiento de frutos y sus componentes numéricos. Ono y Ozaki (1971a) y Jadhav (1992), describieron una reducción del número de clavos y frutos que se tradujo en un menor rendimiento, siendo mayor el efecto durante el periodo de desarrollo de los frutos (Jadhav y Sengupta, 1991). Una reducción de la intensidad de luz también afecta la translocación de asimilados, con un aumento de su partición hacia las estructuras reproductivas, principalmente durante el desarrollo de los frutos respecto a otros estadios reproductivos (Jadhav *et al.*, 1993). También ocurre una translocación selectiva hacia los frutos, u optimización en la utilización de los asimilados, produciendo pocos clavos con gran proporción de frutos cosechables (Barbour *et al.*, 1994).

Por otro lado, un sombreado severo produce senescencia foliar prematura en el cultivo determinando el cese de la producción de frutos, efecto de mayor importancia cuando ocurre durante el llenado, que resulta en una reducción de la proporción de



frutos maduros a cosecha (Stirling *et al.*, 1990) y también la calidad comercial (granometría) del cultivo de maní (Williams, 1979b).

En capítulos anteriores de este trabajo de tesis se ha mostrado que existen diferencias en los momentos de inicio, fin y duración de las ventanas de aparición y crecimiento de los frutos, para las diferentes categorías de ramas determinadas por una variación espacial y temporal de las mismas (ver Capítulo IV), las que cambian según el porte y patrón de ramificación de los genotipos de maní (ver Capítulo III). Por eso, las categorías de rama adquieren importancia relativa diferente respecto a la contribución porcentual que cada una hace al rendimiento final del cultivo.

Sin embargo, no se han encontrado trabajos en los que se evalúe cómo el estrés lumínico puede afectar a las diferentes categorías de ramas y de qué manera este estrés diferencial puede llegar a incidir sobre el rendimiento final del cultivo de maní en genotipos de diferente arquitectura de planta.

En este capítulo se aborda el análisis del efecto de diferentes momentos de estrés lumínico causado por sombreos, con el fin de mejorar la comprensión del momento de ocurrencia y la duración de las ventanas críticas de definición de los componentes del rendimiento (número y peso de frutos) en las diferentes categorías de ramas de genotipos con diferente porte y patrón de ramificación.

El objetivo de este capítulo fue evaluar el efecto del sombreado durante el periodo de definición del número y peso de frutos, sobre el crecimiento, partición, rendimiento y sus componentes y la calidad comercial (granometría) del producto cosechado en dos genotipos de maní de diferente arquitectura, longitud de ciclo y grado de indeterminación.

## **5.2 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.2.1 Descripción del Ensayo Experimental**

Durante el ciclo experimental 2010/11 y sobre el diseño experimental descrito en el apartado materiales y métodos del Capítulo II, se introdujeron las siguientes variantes: en la 1<sup>o</sup> y 3<sup>o</sup> fecha de siembra (temprana y tardía, respectivamente), se impusieron a los cultivares Granoleico y Utre tratamientos de sombreado (S), en cada bloque (3), de 10 días de duración y en forma sucesiva e inmediata desde comienzo de

formación de frutos, etapa fenológica R3 (figura 5.1a y 5.1b). Para ello, se instalaron sobre las parcelas estructuras metálicas de 2,1 m de ancho y 4 m de largo, cubiertas con una maya comercial (media sombra) de color negro que redujo la radiación incidente en un  $87,5 \pm 2\%$ . En estas condiciones, la temperatura del aire en las parcelas sombreadas fue alrededor de 1 °C menor que en el testigo.

Los tratamientos de sombreado se aplicaron en tres momentos para el cultivar Granoleico en la 1° fecha de siembra (GIS1, GIS2 y GIS3) y en dos momentos para la 3° fecha de siembra (G3S1 y G3S2). Mientras que en el cultivar Utre, los tratamientos de sombreado para ambas fechas de siembra (1° y 3°), se aplicaron en dos momentos (UIS1, UIS2, U3S1 Y U3S2). También hubo tratamientos control sin sombreado (Figuras 5.1a y 5.1b).

Todos los tratamientos de sombreado se distribuyeron aleatoriamente dentro de cada parcela y se replicaron tres veces (una carpa de sombreado por periodo fenológico y por bloque).

### 5.2.2 Observaciones y Mediciones

Para el tratamiento control, entre R3 y R8, y a intervalos de 10-13 días se realizaron muestreos de 5 plantas en competencia perfecta por tratamiento y repetición, las que fueron luego identificadas en su etapa fenológica, según Boote (1982). Finalizados los periodos de sombreado, se tomaron muestras de 5 plantas en competencia perfecta de los surcos centrales de cada parcela por tratamiento y repetición a los mismos intervalos regulares (10 a 13 días) hasta madurez de cosecha (R8).

Las muestras recolectadas fueron colocadas en estufa de secado con circulación forzada de aire a 70°C por 96 h hasta peso constante. Luego, se midió la materia seca acumulada por órganos (hojas, tallos, frutos y semillas) discriminada por categoría de ramificación y con esos datos se calcularon y graficaron la biomasa acumulada total y de frutos ( $\text{g pl}^{-1}$ ) y su partición, calculada como la relación entre la TCF ( $\text{g frutos m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) y TCC ( $\text{g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) a nivel de planta y como el índice de cosecha en cada categoría de rama. Estas mediciones y determinaciones se realizaron a nivel de planta y para cada categoría de ramificación.

La radiación solar incidente fue obtenida de la Estación Meteorológica del área de Agrometeorología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria UNRC (ver referencias en el Capítulo II) y fue convertida a radiación fotosintéticamente activa (RFAInc) usando un factor de 0,48 (Monteith, 1972). El porcentaje de radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAInt) fue calculado como  $(1-(I_i/I_o))$  donde  $I_i$  es el valor de la RFAInt en la parte inferior del canopeo,  $I_o$  es la RFAInc en la parte superior del canopeo. Los valores de  $I_i$  e  $I_o$  fueron obtenidos mediante el sensor LI-191SA (Line Quantum Sensor LICOR, Lincoln, NE, USA) y Data Logger LI-1400 (Li-Cor, Inc. Lincoln, NE, USA) y las determinaciones se hicieron entre las 11 y las 13 h.

Al momento de cosecha (etapa R8), se tomaron muestras de todas las plantas presentes en  $1\text{m}^2$  por tratamiento y repetición y se cuantificó la biomasa total acumulada y el rendimiento de frutos y sus componentes numéricos directos (número y peso de frutos) e indirectos (porcentaje de frutos maduros, semillas por fruto, índice de cosecha) y la calidad comercial del producto (granometría, rendimiento confitería y relación grano caja).

### 5.2.3 Análisis Estadísticos

Los análisis de varianza ANAVA, regresión y correlación (coeficiente de correlación de Pearson) de las variables bajo estudio fueron realizados utilizando el programa estadístico InfoStat Versión 2014 y el programa GraphPad Prism version 5.00 para Windows, (GraphPad Software, San Diego California USA). Cuando se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos se utilizó el test de diferencias mínimas significativas (LSD de Fisher), para la comparación de los promedios de tratamientos, con un nivel de significancia  $\alpha < 0,05$ .

## **5.3 RESULTADOS**

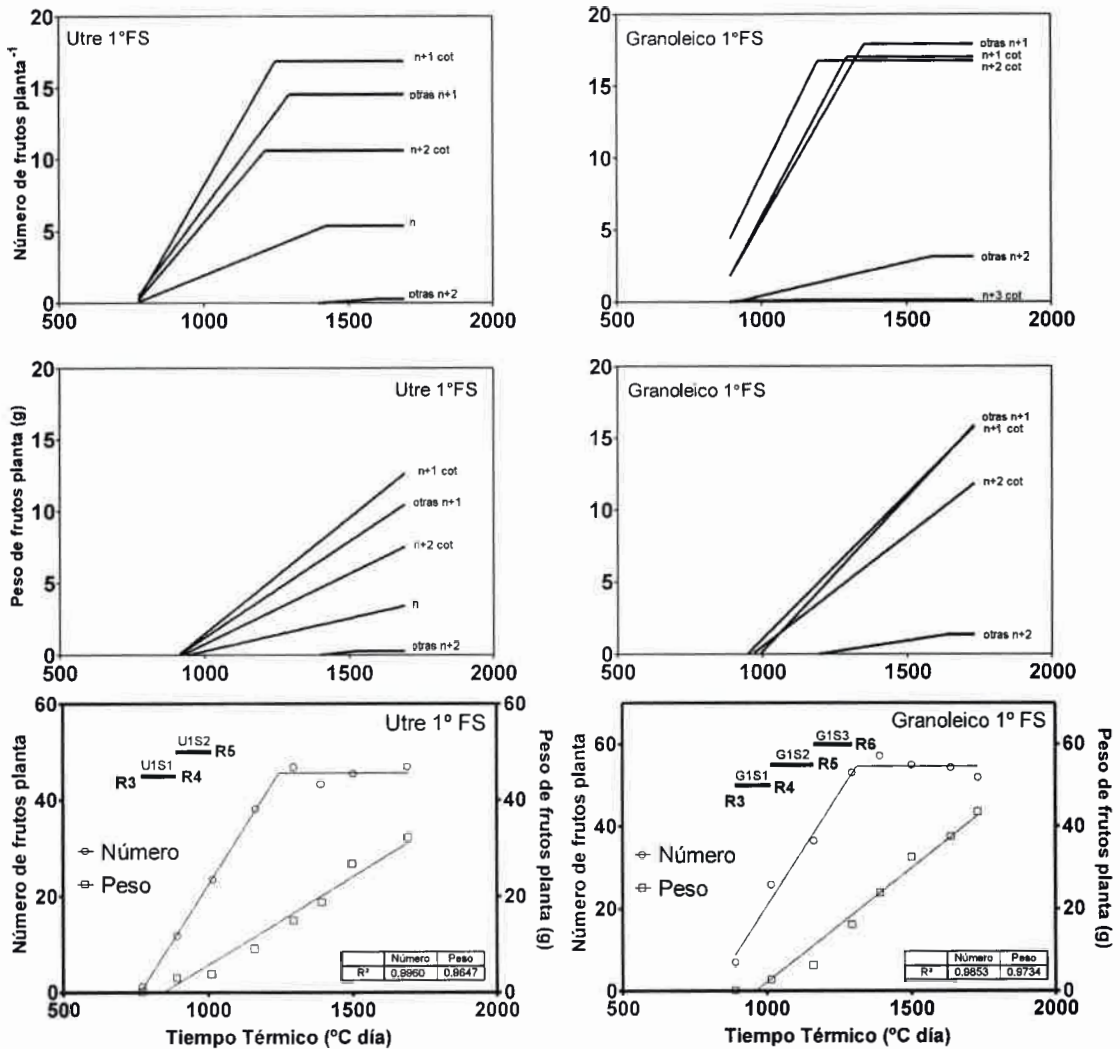
En la figura 5.1a y 5.1b se esquematizan los diferentes tratamientos de sombreado, de 10 días de duración aproximada cada uno, en función del ciclo de los cultivares expresado en tiempo térmico desde la siembra ( $T_b = 10,3^\circ\text{C}$ ). Los tratamientos de sombreado durante la primer fecha de siembra (Figura 5.1a) se aplicaron inmediatamente

después de identificada la etapa R3 (inicio de formación de frutos) de ambos cultivares. En cambio, en la tercera fecha de siembra (Figura 5.1b) esos tratamientos se retrasaron respecto a la etapa R3, debido a condiciones ambientales desfavorables (lluvias) para la instalación de las carpas de sombreo, lo que hizo que en esta fecha de siembra, el cultivar Granoleico sólo tuviese dos tratamientos de sombreo.

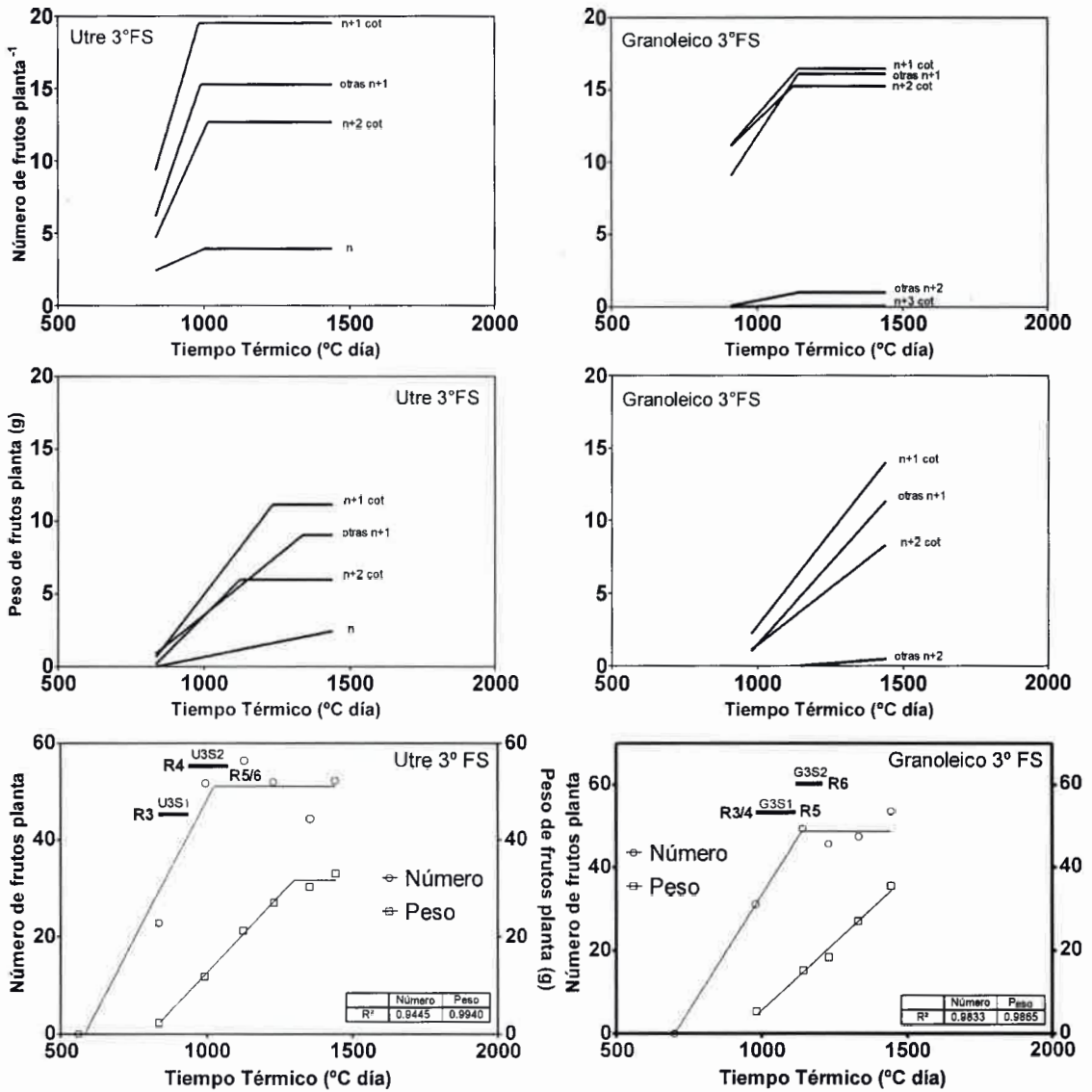
En ambos cultivares y fechas de siembra los tratamientos de estrés por sombreo abarcaron diferentes periodos en el ciclo del cultivo en los que se estaban definiendo los componentes directos del rendimiento, número y peso de los frutos, tanto a nivel de planta como de las diferentes categorías de ramas, representados por modelos lineales-plateau ajustados en el Capítulo IV de esta tesis (Figuras 5.1a y 5.1b).

La biomasa aérea total por planta acumulada al final del ciclo disminuyó por efecto del sombreo en ambos cultivares, observándose una detención del crecimiento en todos los tratamientos con sombra (Figura 5.2). Superado el periodo de estrés, se reanudó el crecimiento a tasas similares, o levemente inferiores, a las de los tratamientos testigo. La biomasa total acumulada al final del ciclo del cultivo fue menor en todos los tratamientos de sombreo con reducciones del 12 y 19% en U1S1 y U1S2, 16 y 26% en U3S1 y U3S2, y de 11, 18 y 35% en G1S1, G1S2 y G1S3, 26 y 20% en G3S1 y G3S2 respecto a los tratamientos testigo (Utre 1° FS y 3° FS; y Granoleico 1° FS y 3° FS, respectivamente) (Figura 5.2).

En general, las mayores reducciones en el crecimiento se observaron en los tratamientos de sombra más tardíos (con medias de 21% respecto a 16% en los sombreos más tempranos). Una excepción fue Granoleico en la tercera fecha de siembra (G3S2) donde presentó menores reducciones que G3S1. Por otro lado, se observaron menores reducciones en los tratamientos de sombreos de la 1° FS respecto a la 3° FS. No hubo diferencias en la reducción del crecimiento entre los cultivares, con valores promedio de 18,2 y 18,7% en Utre y Granoleico (excluido el tratamiento G1S3), respectivamente.

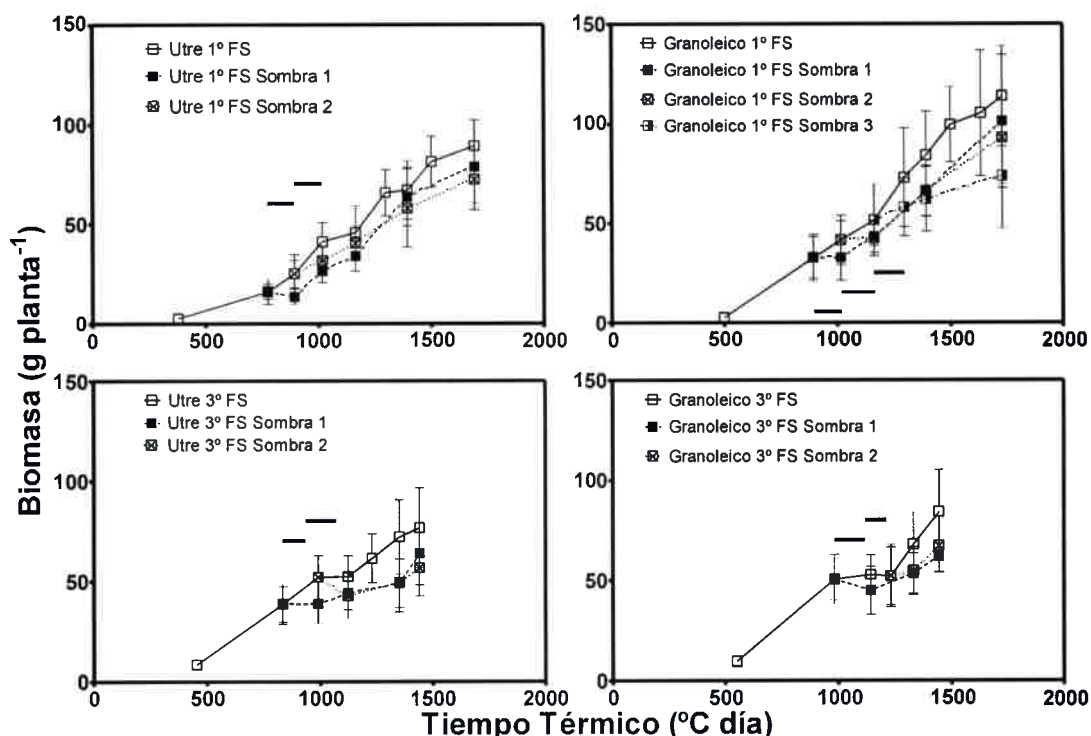


**Figura 5.1a.** Número y peso de frutos de los cultivares Utre y Granoleico por planta y para cada categoría de ramificación en la primera fecha de siembra en función del tiempo térmico desde la siembra, en los gráficos inferiores se grafica a nivel de planta. Las líneas horizontales en el gráfico representan la duración de los períodos de sombreo.



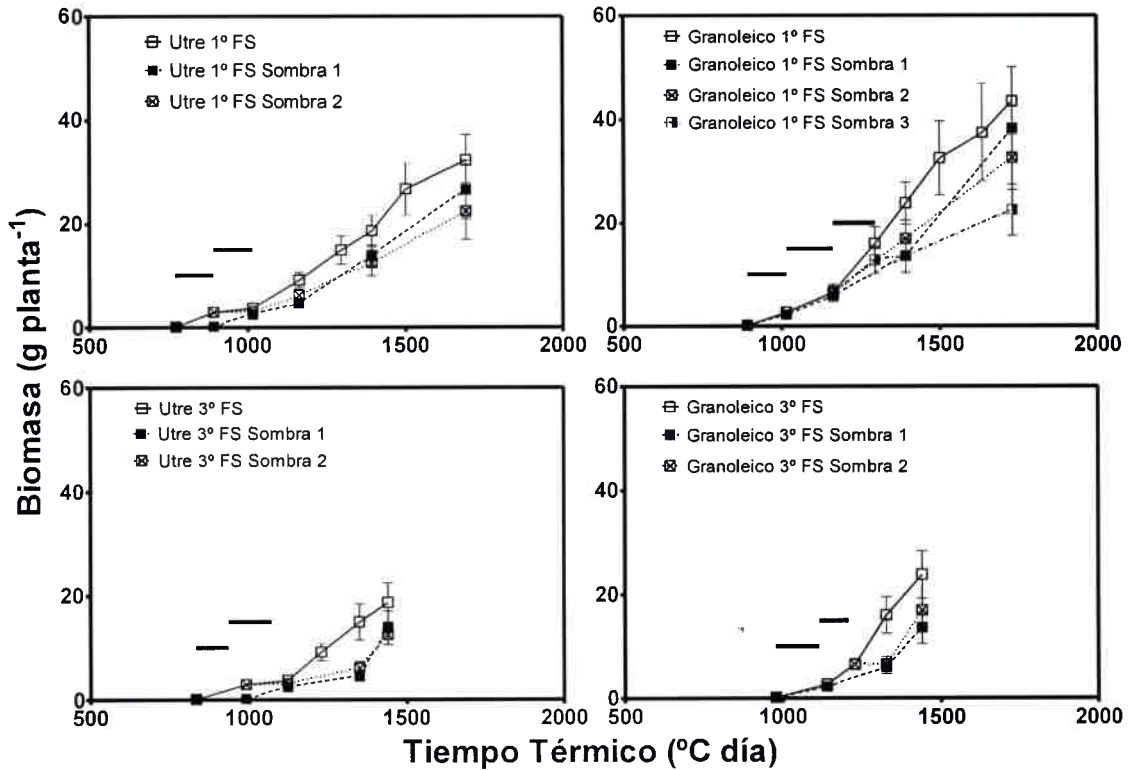
**Figura 5.1b.** Número y peso de frutos de los cultivares Utre y Granoleico por planta y para cada categoría de ramificación en la tercera fecha de siembra en función del tiempo térmico desde la siembra, en los gráficos inferiores se grafica a nivel de planta. Las líneas horizontales en el gráfico representan la duración de los períodos de sombro.





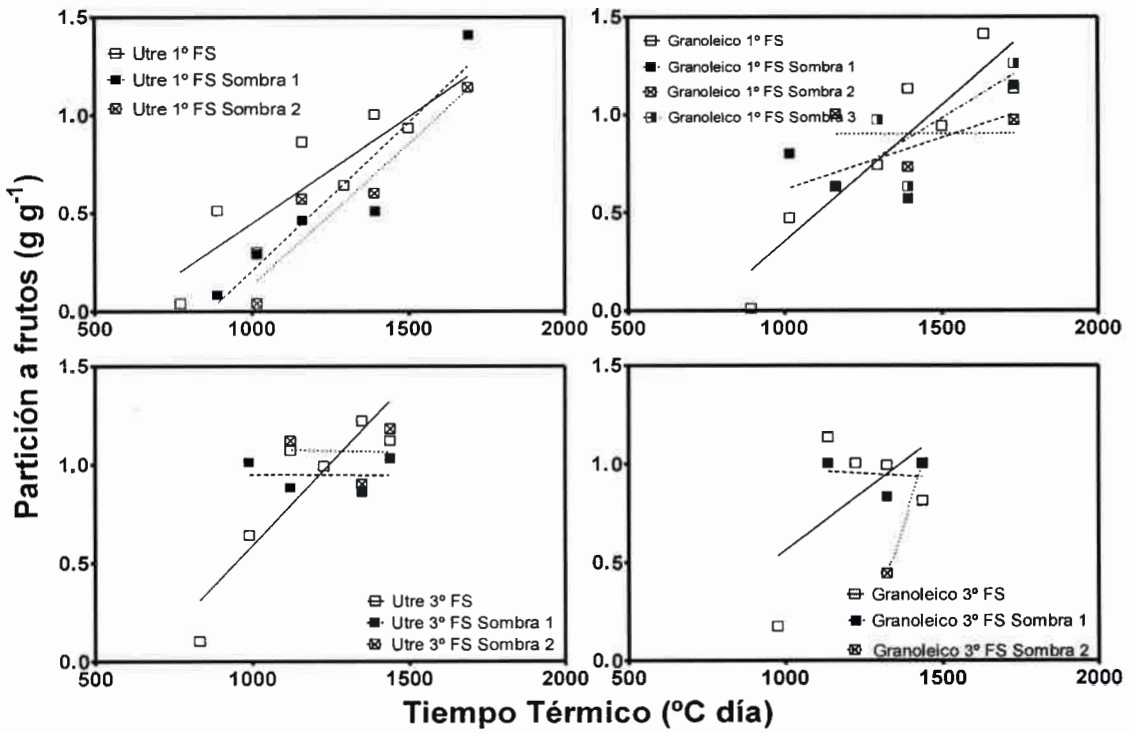
**Figura 5.2.** Biomasa aérea total por planta de los cultivares Utre y Granoleico en la 1° y 3° fecha de siembra, para los tratamientos control y sombreo en función del tiempo térmico ( $T_b=10,3^{\circ}\text{C}$ ) después de la siembra. Barras horizontales representan momentos de sombreo.

Una tendencia similar a la descrita para la dinámica temporal de la biomasa aérea total, se observó en la biomasa reproductiva o de frutos por planta (Figura 5.3). Igual que para biomasa aérea total, los tratamientos de sombreo temprano presentaron en general menores reducciones que los más tardíos con valores de 18 y 26% en U1S1 y U3S1; y 12 y 42% en G1S1 y G3S1. Para éstos las reducciones en la biomasa reproductiva por planta respecto a sus tratamientos control fueron de 31 y 33% en U1S2 y U3S2; y de 25, 48 y 29% en G1S2, G1S3 y G3S2, respectivamente. A diferencia de lo observado para la biomasa total, la de frutos mostró mayores diferencias en la reducción del crecimiento por efecto de la sombra en la 3° FS con valores medios de 32% respecto al promedio de 17% encontrado en los sombreos de la 1° FS.



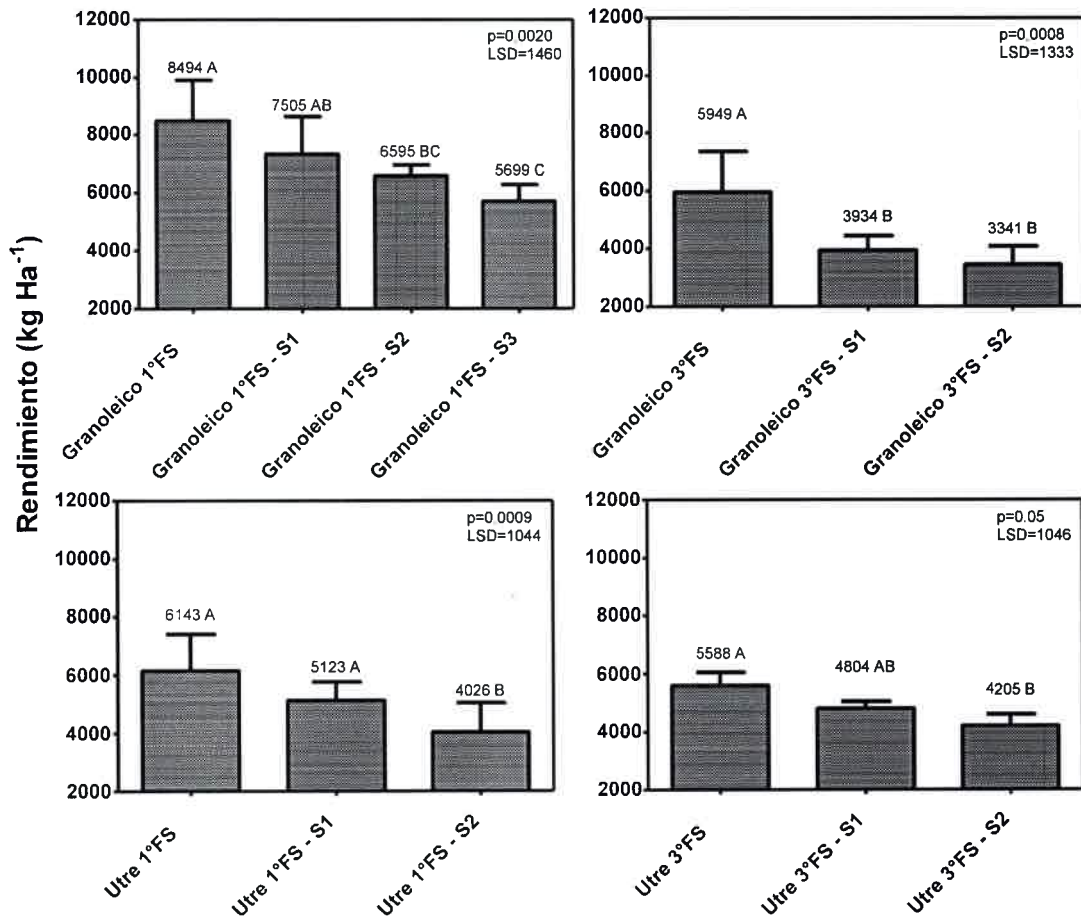
**Figura 5.3.** Biomasa de frutos por planta de los cultivares Utre y Granoleico para la 1° y 3° fecha de siembra, en los tratamientos control y sombreado en función del tiempo térmico ( $T_b=10.3^{\circ}\text{C}$ ) después de la siembra. Barras horizontales representan momentos de sombreado.

El estrés por sombreado también modificó los patrones de partición entre biomasa vegetativa y reproductiva. En la figura 5.4 se observa que, luego de superado el estrés lumínico, se produjo una modificación en la partición de biomasa a los frutos en los diferentes tratamientos. La partición final a frutos de los tratamientos bajo sombra fue menor respecto a sus respectivos tratamientos control. Por otra parte, la partición inicial a frutos luego de los sombreados tempranos resultó, en general, menor que la observada en los sombreados más tardíos, excepto en el tratamiento G3S2 que tuvo una baja partición a frutos post estrés lumínico.



**Figura 5.4.** Partición de biomasa a frutos de los cultivares Utre y Granoleico sembrados en la 1° y 3° fecha de siembra para los tratamientos control y de sombreos, en función del tiempo térmico después de la siembra.

El rendimiento del cultivo, en kilogramos de frutos por hectárea, fue menor en los tratamientos de sombreo respecto a sus testigos sin restricción lumínica (Figura 5.5), observándose una tendencia de disminución mayor en los tratamientos más tardíos de ambos cultivares y fechas de siembra. El rendimiento de frutos se redujo en respuesta al estrés lumínico en un 14; 22 y 33% para G1S1, G1S2 y G1S3; y un 17 y 34% para U1S1 y U1S2, respecto a los testigos que en la primera fecha de siembra rindieron 8494 (Granoleico 1° FS) y 6143 kg ha<sup>-1</sup> (Utre 1° FS). En la tercera fecha de siembra, la disminución del rendimiento de frutos fue de 34 y 42% para G3S1 y G3S2; y 14 y 25% para U3S1 y U3S2, respecto a los tratamientos control de Granoleico y Utre con valores de 5949 y 5588 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 5.5).



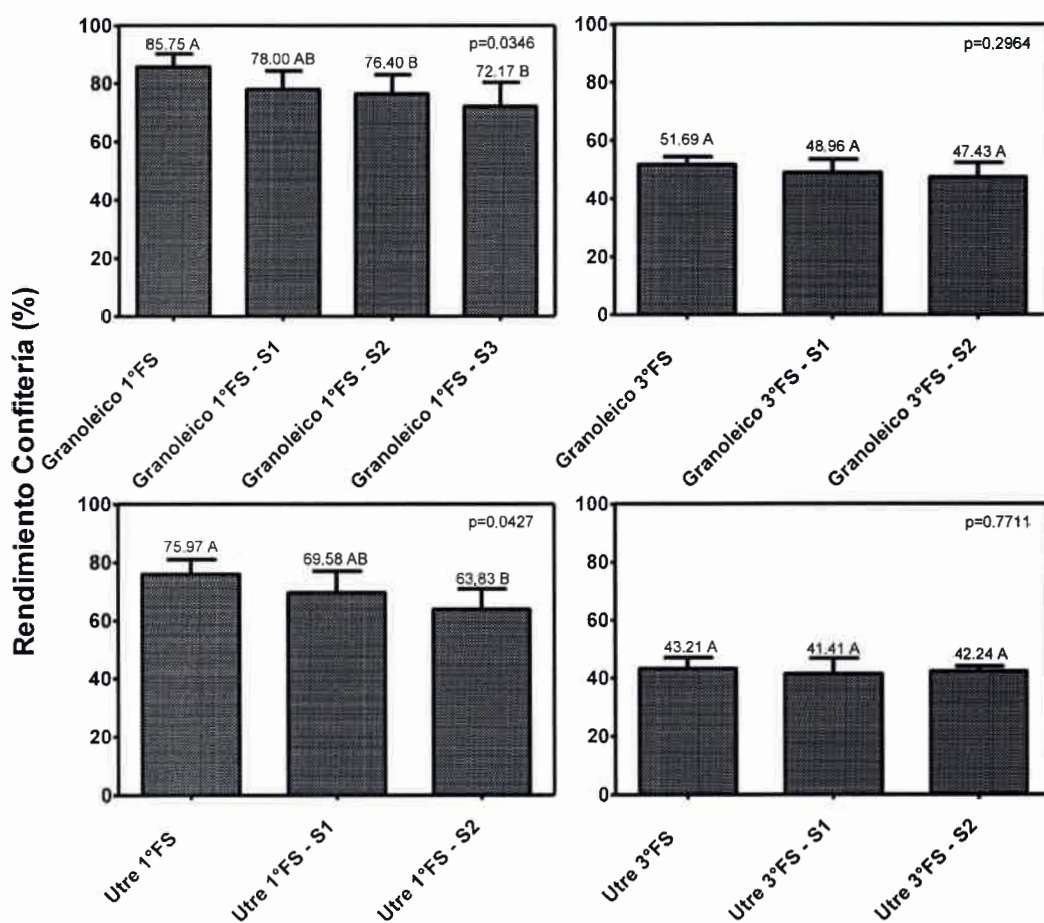
**Figura 5.5.** Rendimiento de frutos de los cultivares Granoleico y Utre en el control y los tratamientos de sombreado para ambas fechas de siembra.

Entre los parámetros de calidad del producto cosechado, la relación grano/caja (g/g) no mostró diferencias entre tratamientos ( $p=0,14$ ;  $p=0,58$ ;  $p=0,38$ ; y  $p=0,20$ ; para Granoleico 1<sup>o</sup> y 3<sup>o</sup> FS y Utre 1<sup>o</sup> y 3<sup>o</sup> FS, respectivamente) con valores entre 0,74 y 0,82. En cambio, el rendimiento de maní confitería (%) mostró una tendencia a disminuir con la sombra, siendo menor en los tratamientos más tardíos (Figura 5.6). A su vez, sólo se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos de la 1<sup>o</sup> FS de ambos cultivares. Esta variable se correlacionó altamente con el peso individual de los frutos a cosecha ( $R^2=0,82$ ;  $p=0,00002$ ).

**Tabla 5.1.** Componentes directos e indirectos del rendimiento de los cultivares Granoleico y Utre, en los tratamientos de sombreo y sus respectivos controles para la 1° y 3° fecha de siembra.

Cultivar	Frutos maduros (%)	Granos fruto <sup>-1</sup>	Peso de 1 fruto (g)	Frutos m <sup>-2</sup>	IC (g g <sup>-1</sup> )	Biomasa Vegetativa (g pl <sup>-1</sup> )
1° Fecha de Siembra						
<b>Granoleico 1</b>	0,72 B	1,76	1,29 A	659	0,64 A	42,07 A
<b>G1 S1</b>	0,83 A	1,66	1,12 B	671	0,63 A	24,78 B
<b>G1 S2</b>	0,70 B	1,77	1,10 B	615	0,58 B	39,64 A
<b>G1 S3</b>	0,71 B	1,72	1,00 C	572	0,57 B	36,62 A
<b>ANAVA</b>	††	NS	†††	NS	††	††
<b>LSD</b>	<b>0,07</b>	<b>0,096</b>	<b>0,0975</b>	<b>140</b>	<b>0,068</b>	<b>8,704</b>
<b>Utre 1</b>	0,66 B	1,52	1,01 A	623 A	0,59 A	36,01
<b>U1 S1</b>	0,68 B	1,55	0,96 AB	536 AB	0,56 A	34,74
<b>U1 S2</b>	0,78 A	1,49	0,85 B	471 B	0,50 B	35,31
<b>ANAVA</b>	††	NS	†	†	††	NS
<b>LSD</b>	<b>0,067</b>	<b>0,1</b>	<b>0,124</b>	<b>110</b>	<b>0,05</b>	<b>6,71</b>
3° Fecha de Siembra						
<b>Granoleico 3</b>	0,70	1,75	0,89	664 A	0,54	44,49 A
<b>G3 S1</b>	0,61	1,69	0,87	449 B	0,44	22,19 B
<b>G3 S2</b>	0,66	1,68	0,80	425 B	0,42	19,37 B
<b>ANAVA</b>	NS	NS	NS	††	NS	††
<b>LSD</b>	<b>0,106</b>	<b>0,096</b>	<b>0,107</b>	<b>134,7</b>	<b>0,163</b>	<b>15,03</b>
<b>Utre 3</b>	0,70 AB	1,61	0,87	642	0,52 A	45,21 A
<b>U3 S1</b>	0,76 A	1,56	0,78	617	0,51 A	40,69 A
<b>U3 S2</b>	0,64 B	1,63	0,78	534	0,49 B	31,04 B
<b>ANAVA</b>	†	NS	NS	NS	††	†††
<b>LSD</b>	<b>0,077</b>	<b>0,097</b>	<b>0,098</b>	<b>125</b>	<b>0,004</b>	<b>8,43</b>

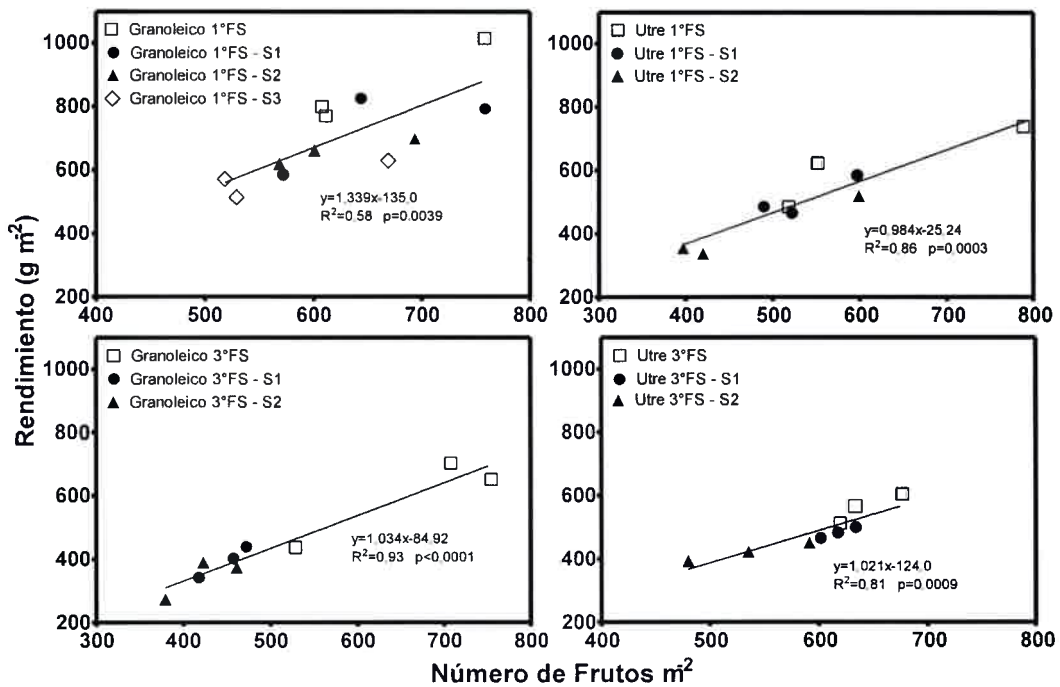
††† p<0,001; †† p<0,01; † p<0,05; NS no significativo (LSD Fisher).



**Figura 5.6.** Rendimiento confitería (porcentaje de granos de tamaño superior a 7,5 mm) de los cultivares Granoleico y Utre en el control y los tratamientos de sombreo, para ambas fechas de siembra.

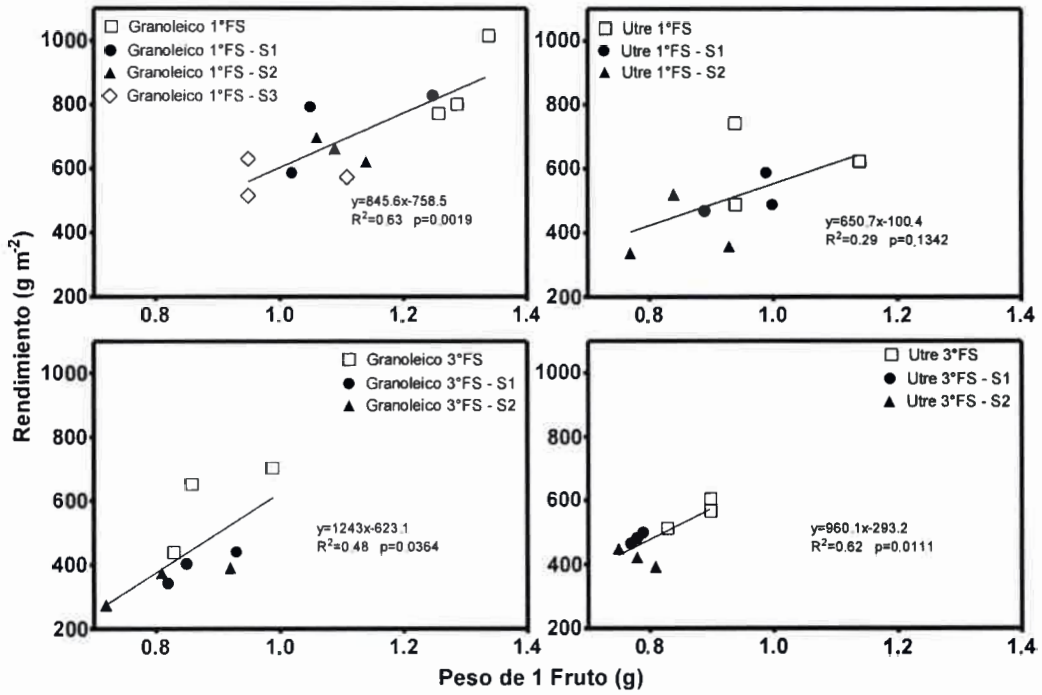
Al analizar los componentes numéricos, directos e indirectos, del rendimiento (Tabla 5.1) se observó que los tratamientos de sombreo en general redujeron el número de frutos por unidad de superficie y su peso individual, encontrándose diferencias significativas en Utre de la 1° FS y Granoleico de la 3° FS para número de frutos, y en ambos cultivares de la 1° FS para el peso individual. También se registraron disminuciones en la biomasa vegetativa final y el índice de cosecha por efecto del sombreo en la mayoría de las situaciones analizadas. Por otro lado, no hubo cambios en el número de granos desarrollados por fruto, y el porcentaje de frutos maduros respondió de manera irregular a los tratamientos de estrés lumínico.





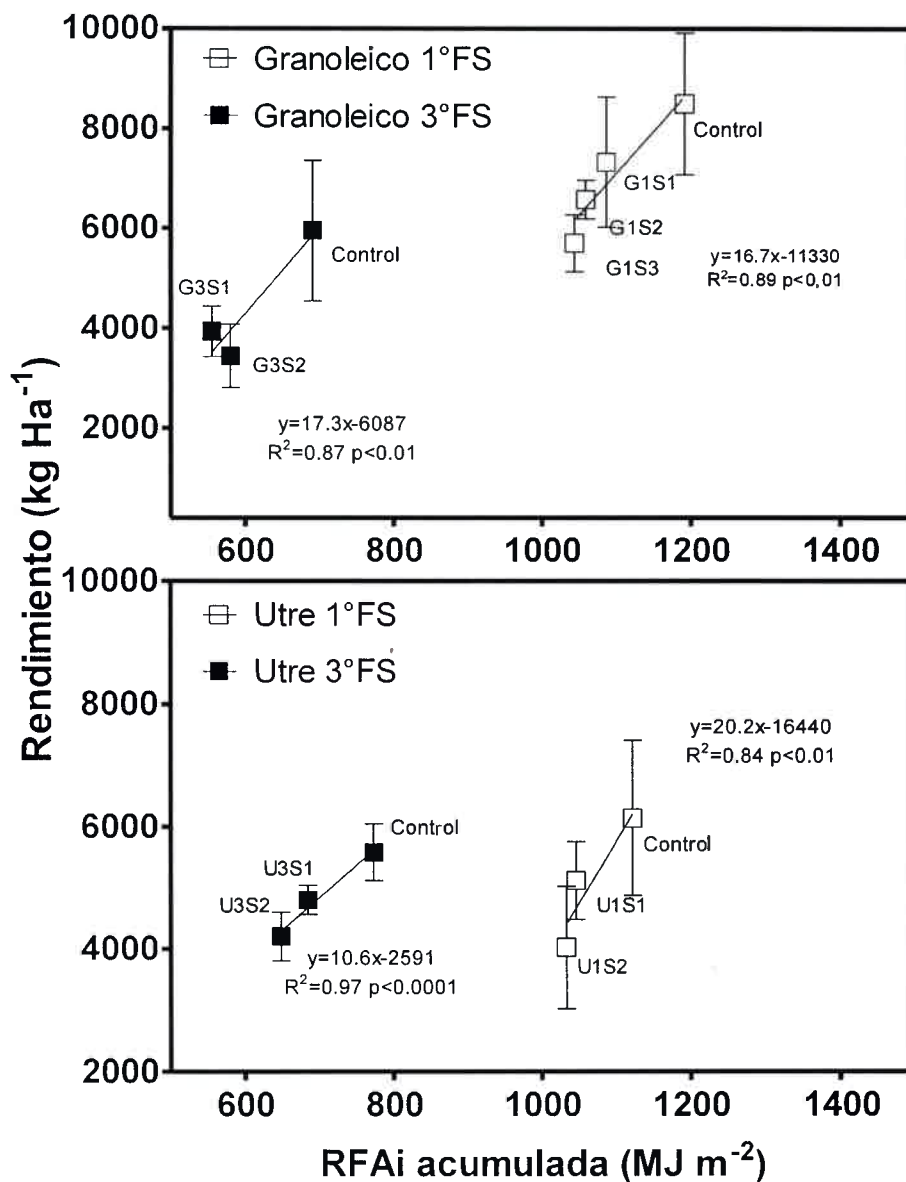
**Figura 5.7.** Relaciones entre el rendimiento de frutos y el número de frutos por superficie de los cultivares Granoleico y Utre en el control y los tratamientos de sombreo para ambas fechas de siembra.

Así, el rendimiento del cultivo se relacionó de manera lineal (positiva y significativamente) con el número de frutos m<sup>-2</sup> ( $R^2 = 0,56 - 0,93$ ;  $p = 0,0039 - <0,0001$ ) (figura 5.7), y en menor medida con el peso individual de los frutos ( $R^2 = 0,29 - 0,63$ ;  $p = 0,1342 - 0,0019$ ) (Figura 5.8), observándose en ambas figuras la ubicación relativa de los datos según su pertenencia al control o a los diferentes tratamientos de sombreo.



**Figura 5.8.** Rendimiento de frutos de los cultivares Granoleico y Utre en el control y los tratamientos de sombreado para ambas fechas de siembra en función al peso individual de un fruto (g).

El rendimiento de frutos también se relacionó positivamente con la cantidad de RFA interceptada por el cultivo durante su periodo reproductivo (R1-R8) en todos los casos evaluados (Figura 5.9), con diferencias entre las fechas de siembra para cada cultivar. Así, los tratamientos de sombreado tuvieron disminuciones en la cantidad de RFA interceptada durante ese periodo del orden del 6,8 y 7,9% en UIS1 y UIS2; 11,5 y 16,2% en U3S1 y U3S2; y de 8,8; 11,1 y 12,4% en GIS1, GIS2 y GIS3; y de 19,6 y 15,9% en G3S1 y G3S2 respecto a los tratamientos testigo, sin sombreado.



**Figura 5.9.** Relaciones entre el rendimiento de frutos de los cultivares Granoleico y Utre en los tratamientos de sombreado y control para ambas fechas de siembra, y la radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi) y acumulada por el cultivo durante el periodo reproductivo (R1-R8).

En cuanto a la biomasa producida en el tallo “n” y las categorías de ramificación de la planta, se observó en general, que los tratamientos de sombreado produjeron una tendencia decreciente en el tallo y todas las categorías de rama (Tabla 5.2). Sin embargo, sólo se encontraron diferencias significativas en las ramas primarias (n+1),

tanto cotiledonales como las otras  $n+1$  de ambos cultivares, excepto en las ramas otras  $n+1$  de Utre de la 3° FS. Estas disminuciones en la biomasa de las ramas primarias son las que explican mayormente las diferencias descriptas a nivel de planta entera (ver figura 5.2).

**Tabla 5.2.** Biomasa total del tallo  $n$  y las categorías de ramas de los cultivares Granoleico y Urte en los tratamientos de sombreo y control de ambas fechas de siembra.

Cultivar	$n$	$n+1$ Cot	Otras $n+1$	$n+2$ Cot	Otras $n+2$	$n+3$ Cot
1° Fecha de Siembra						
<b>Granoleico 1</b>	5,11	34,86 A	40,10 A	35,98	5,35	0,41
<b>G1 S1</b>	5,09	30,48 B	34,73 AB	33,10	6,36	0,32
<b>G1 S2</b>	5,43	29,55 B	33,96 AB	28,26	5,80	0,15
<b>G1 S3</b>	4,77	22,87 C	29,29 B	27,42	5,94	0,47
<b>ANAVA</b>	NS	†††	††	NS	NS	NS
<b>Utre 1</b>	13,18	33,37 A	28,25 A	20,68 A		
<b>U1 S1</b>	13,01	31,70 A	26,31 A	13,28 B		
<b>U1 S2</b>	11,64	25,12 B	20,93 B	15,83 B		
<b>ANAVA</b>	NS	††	††	†		
3° Fecha de Siembra						
<b>Granoleico 3</b>	6,00	30,81 A	33,23 A	27,52	4,11	0,87
<b>G3 S1</b>	6,21	26,27 AB	24,81 B	19,28	2,30	0,10
<b>G3 S2</b>	5,85	22,09 B	23,50 B	20,00	2,48	0,23
<b>ANAVA</b>	NS	††	††	NS	NS	NS
<b>Utre 3</b>	15,96	35,61 A	28,31	19,30		
<b>U3 S1</b>	13,41	29,40 AB	27,63	17,65		
<b>U3 S2</b>	12,42	26,73 B	22,95	17,15		
<b>ANAVA</b>	NS	†	NS	NS		

Para cada cultivar y fecha de siembra, letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas. †††: Significancia < 0,0001; ††: Significancia al 0,01; †: Significancia al 0,05; NS: no significativo

Una respuesta similar se observó en la partición final a frutos, medida como el índice de cosecha, que mostró también una tendencia decreciente en respuesta al sombreo en ambos cultivares y fechas de siembra (Tabla 5.3).

**Tabla 5.3.** Índice de cosecha ( $g\ g^{-1}$ ) del tallo  $n$  y las categorías de ramas de los cultivares Granoleico y Utre en los tratamientos de sombreado y control de ambas fechas de siembra.

Cultivar	$n$	$n+1$ Cot	Otras $n+1$	$n+2$ Cot	Otras $n+2$
1° Fecha de Siembra					
<b>Granoleico 1</b>		0,80 A	0,69	0,61 A	0,28
<b>G1 S1</b>		0,77 A	0,67	0,63 A	0,31
<b>G1 S2</b>		0,77 A	0,67	0,52 B	0,33
<b>G1 S3</b>		0,69 B	0,62	0,59 AB	0,28
<b>ANAVA</b>		††	NS	†	NS
<b>Utre 1</b>	0,45	0,62 A	0,63 A	0,69	
<b>U1 S1</b>	0,37	0,62 A	0,58 A	0,57	
<b>U1 S2</b>	0,32	0,53 B	0,50 B	0,58	
<b>ANAVA</b>	NS	††	††	NS	
3° Fecha de Siembra					
<b>Granoleico 3</b>		0,73 A	0,59 A	0,52 A	0,17 A
<b>G3 S1</b>		0,70 A	0,46 B	0,41 B	0,05 B
<b>G3 S2</b>		0,64 B	0,44 B	0,41 B	0,03 B
<b>ANAVA</b>		†	††	NS	††
<b>Utre 3</b>	0,31	0,60	0,56	0,59	
<b>U3 S1</b>	0,26	0,58	0,56	0,58	
<b>U3 S2</b>	0,37	0,55	0,57	0,52	
<b>ANAVA</b>	NS	NS	NS	NS	

Para cada cultivar y fecha de siembra, letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas. †††: Significancia < 0,0001; ††: Significancia al 0,01; †: Significancia al 0,05; NS: no significativo

En Granoleico se encontraron diferencias significativas en las ramas  $n+1$  cotiledonares de la 1° FS y en las ramas otras  $n+1$ ,  $n+2$  cotiledonares y otras  $n+2$  en los tratamientos de sombreado de la 3° FS. Mientras que en Utre la disminución del IC fue significativa solamente en ambas ramas primarias de la 1° FS.

La contribución relativa de cada categoría de rama al rendimiento del cultivo no fue modificada estadísticamente por el sombreado en ningún cultivar ni fecha de siembra (Tabla 5.4). En el caso de Granoleico la contribución relativa de las diferentes ramas fue para los testigos sin sombreado de 35, 35, 27, 2 y <0,1%; y de 41, 33, 24, 2 y <0,1% para  $n+1$  cotiledonares, otras  $n+1$ ,  $n+2$  cotiledonares, otras  $n+2$  y  $n+3$  cotiledonares, de la 1° y 3° FS, respectivamente. Mientras que en los tratamientos control de Utre, la contribución relativa del tallo  $n$  y las diferentes categorías de ramas al rendimiento fue de 11, 35, 30 y 24% y 10, 40, 29 y 21% para  $n$ ,  $n+1$  cotiledonares, otras  $n+1$  y  $n+2$  cotiledonares, en la 1° y 3° FS, respectivamente (Tabla 5.4).

**Tabla 5.4.** Contribución relativa al rendimiento del cultivo del tallo *n* y las categorías de ramas de los cultivares Granoleico y Urte en los tratamientos de sombreo y control de ambas fechas de siembra.

Cultivar	n	n+1 Cot	Otras n+1	n+2 Cot	Otras n+2
1º Fecha de Siembra					
<b>Granoleico 1</b>		0.35	0.35	0.27	0.02
<b>G1 S1</b>		0.35	0.33	0.28	0.03
<b>G1 S2</b>		0.38	0.37	0.23	0.03
<b>G1 S3</b>		0.30	0.33	0.32	0.04
<b>ANAVA</b>		<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>
<b>Utre 1</b>	0.11	0.35	0.30	0.24	
<b>U1 S1</b>	0.11	0.41	0.31	0.17	
<b>U1 S2</b>	0.10	0.37	0.28	0.25	
<b>ANAVA</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	
3º Fecha de Siembra					
<b>Granoleico 3</b>		0.41	0.33	0.24	0.02
<b>G3 S1</b>		0.52	0.26	0.19	0.01
<b>G3 S2</b>		0.42	0.32	0.25	0.01
<b>ANAVA</b>		<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>
<b>Utre 3</b>	0.10	0.40	0.29	0.21	
<b>U3 S1</b>	0.09	0.38	0.32	0.22	
<b>U3 S2</b>	0.10	0.34	0.31	0.25	
<b>ANAVA</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>NS</b>	

Para cada cultivar y fecha de siembra, letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas. †††: Significancia < 0,0001; ††: Significancia al 0,01; †: Significancia al 0,05; NS: no significativo

## 5.4 DISCUSIÓN

La menor producción de biomasa en los tratamientos de sombreo obtenidos en este trabajo (Figura 5.2) coinciden con otros resultados descritos en la bibliografía. Al igual que lo encontrado en este trabajo, Hang *et al.* (1984) describieron una detención del crecimiento de la planta en general durante el periodo de sombreo, con disminuciones de la tasa de crecimiento del cultivo de hasta un 89,5% y de la tasa de crecimiento de frutos del orden del 76,2% durante la formación de frutos (etapa similar a la sometida a estrés lumínico en el presente trabajo), señalando además, a este periodo



como el más sensible ante un estrés comparado con otras etapas como floración, clavado y la madurez del cultivo. Por su parte, Rao y Mitra (1988), señalan a los periodos que van desde floración a clavado y de formación y llenado de frutos como los de mayor sensibilidad ante estrés causado por sombreo.

Así, los resultados de este trabajo coinciden con los de Williams (1979b); Hang *et al.* (1984) y Rao y Mitra (1988), quienes identificaron la etapa de formación de frutos e inicio de llenado de granos (R3-R6) como la más susceptible al estrés.

Adicionalmente, las respuestas a la aplicación de sombreos en diferentes periodos de definición de los componentes directos del rendimiento de maní, indican que la sensibilidad a dicho estrés no es uniforme durante toda esa etapa, ya que los sombreos más tardíos produjeron las mayores reducciones del crecimiento del cultivo. Al ser de crecimiento indeterminado, los abortos tempranos pueden ser reemplazado por mayor proporción de supervivencia de los frutos de camadas posteriores, pero hacia el final del ciclo va disminuyendo esa capacidad de compensación y entonces aumenta la sensibilidad a estrés. Esta respuesta estaría relacionada con el periodo crítico del cultivo, el cual, dado el alto grado de indeterminación y la baja eficiencia reproductiva, no comienza con el inicio de formación de frutos (R3), sino que presenta un retraso respecto de esa etapa fenológica. En tal sentido, Haro *et al.* (2007a) señalan que el periodo crítico comienza en R3,5 o R4. Entonces, mientras los sombreos tempranos (U1S1, G1S1, U3S1, G3S1) se aplicaron cuando el cultivo comenzaba la etapa R3, los tardíos (U1S2, G1S2, U3S2, G3S2) se realizaron en plena formación de frutos (R3,5-R4), o inclusive con algunos frutos ya formados iniciando el llenado de granos (R4,5-R5), como el tratamiento G1S3.

No se encontraron respuestas genotípicas diferentes en el crecimiento entre los cultivares evaluados, pero sí una mayor reducción de biomasa en los tratamientos de sombreo aplicados en la tercera fecha de siembra que puede deberse a una menor cantidad de radiación incidente durante estas etapas y a tasas de desarrollo altas durante las etapas de sombreo causadas por las mayores temperaturas, propias de los periodos tempranos del ciclo del cultivo en siembras tardías (ver condiciones meteorológicas en Capítulo II).

Además, el crecimiento mostró una relación lineal con la radiación interceptada por el cultivo durante su periodo reproductivo (Figura 5.9), coincidiendo con lo

encontrado en la bibliografía tanto para maní (Ono y Ozaki, 1971a; Williams, 1979b; Rao y Mitra, 1988) como en otros cultivos extensivos (Andrade y Ferreiro, 1996; Egli, 1997; Peñaloza y Díaz, 1997; Bodega *et al.*, 2010). El corrimiento de la ordenada al origen observado en las fechas de siembra tardías estarían indicando que el cultivo comienza su fase reproductiva con mejores condiciones ambientales (ver Capítulo II).

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que la partición de biomasa es afectada según el momento de estrés (Figura 5.4). En los tratamientos de sombreo tempranos se observa una menor partición a frutos luego de pasado el estrés y lo contrario en los tratamientos de sombreo tardíos. Esta respuesta no se observó tan claramente en los tratamientos de la 3<sup>o</sup> fecha de siembra, quizás porque el inicio de los tratamientos de estrés lumínico se retrasó a causa de condiciones meteorológicas desfavorables (Figura 5.1b).

El aumento de la partición de biomasa vegetativa respecto de los controles sin sombra, fue explicada principalmente por la mayor partición a hojas respecto a tallos (datos no mostrados). Esta respuesta ocurrida en sombreos tempranos puede interpretarse como una estrategia del cultivo para recuperar rápidamente el aparato fotosintético. Resultados similares fueron encontrados por Hang *et al.* (1984) en un estudio con tratamientos de sombreo de intensidad y duración variables, donde sombreos tempranos disminuían la partición de biomasa a órganos reproductivos (20,3 y 19,6% de disminución para sombreos aplicados en floración y clavado, respectivamente); mientras que lo contrario ocurría con sombreos durante la formación de frutos y granos. Al respecto, Jadhav *et al.* (1993) hacen referencia a una translocación selectiva de fotoasimilados por parte de la planta.

En este sentido Rao y Mitra (1988), describieron que las plantas crecidas bajo tratamientos de sombreo presentaron mayor desarrollo de hojas (AFE) y altura del cultivo. Mientras que Hang *et al.* (1984), observaron un aumento en el contenido de clorofila luego de finalizado el estrés, efecto al que podría estar relacionado el cambio de coloración de las hojas luego de los tratamientos de sombreo que fueron observados en este trabajo (datos no presentados).

Por otro lado, el aumento de biomasa foliar posterior al estrés, observado principalmente en los sombreos tempranos, disminuyó en los tratamientos posteriores posiblemente porque éstos coincidieron con una etapa más activa de los frutos en

formación (R4-R5) y, superado el estrés lumínico, la planta direccionó la biomasa producida para su llenado. Es decir, que en sombreos tardíos la partición hacia frutos fue similar a la del control, evidenciando con ello la fuerza de los destinos reproductivos (definida como el número y peso de los frutos) sobre el patrón de partición de biomasa, como lo hallado por Hang *et al.* (1984) en ensayos con sombreos, y Cerioni (2003) luego de superado un estrés hídrico aplicado durante diferentes etapas del período reproductivo del cultivo.

Las disminuciones del rendimiento del cultivo (Figura 5.5) coinciden con el patrón de respuesta encontrado para el crecimiento. En este trabajo todos los tratamientos de sombreado provocaron una disminución significativa del rendimiento coincidiendo con los resultados de Williams (1979b); Hang *et al.* (1984) y Rao y Mitra (1988), y que tal disminución fue mayor en los tratamientos de sombreado tardío dentro del período de formación de frutos señalado por esos autores como el más sensible ante la ocurrencia de un estrés.

El menor rendimiento obtenido puede ser explicado por la disminución del crecimiento (biomasa vegetativa final) y de la partición (índice de cosecha) (Tabla 5.1). Pero, además, estuvo altamente relacionado con los componentes directos número, en mayor medida, (Figura 5.7) y peso de frutos (Figura 5.8), destacando la importancia relativa superior del primero (Fernandez *et al.*, 2006). Ambos componentes presentaron la misma tendencia decreciente (Tabla 5.1), observada en otros trabajos que analizaron etapas del cultivo similares a las evaluadas en este estudio (Williams, 1979b; Rao y Mitra, 1988). Contrariamente, Hang *et al.* (1984) encontraron disminuciones del número de frutos pero no de su peso individual en los tratamientos de sombreado, por lo que consideraron al segundo componente como más estable.

El porcentaje de frutos maduros a cosecha no tuvo una respuesta definida al estrés lumínico, en contrario con lo indicado por otros autores (Williams, 1979b; Cerioni, 2003; Haro *et al.*, 2007a) quienes encontraron que un estrés abiótico de una duración no muy prolongada producía un retraso en el desarrollo del cultivo aumentando el número de frutos inmaduros por planta. En este sentido, Ono y Ozaki (1971a) señalan que un estrés por sombreado temprano resulta en una prolongación del período de floración, inhibiendo la fructificación de las flores tempranas y reduciendo el número final de frutos maduros por planta. Contrariamente, un estrés por sombreado

severo puede producir senescencia foliar prematura del cultivo coincidiendo con el cese de la producción de frutos y reduciendo, en este caso, la proporción de frutos maduros a cosecha (Stirling *et al.*, 1990).

La calidad comercial medida a través de la relación grano-caja no presentó diferencias ante un estrés por sombreo, resultados similares fueron encontrados por Hang *et al.* (1984) quienes sólo encontraron una disminución en esta variable en los tratamientos de sombreos realizados al final del ciclo del cultivo ya que en este periodo se afecta marcadamente el llenado del grano (Fernandez *et al.*, 2006).

El rendimiento de maní confitería (proporción en peso de los granos retenidos en la zaranda de 7,5 mm) disminuyó en los tratamientos de sombreo de manera similar en ambos cultivares en la primera fecha de siembra, pero sin diferencias estadísticas en la tercer fecha de siembra (Figura 5.6). Esta respuesta puede deberse a la baja oferta de radiación en esta fecha durante el periodo de llenado de grano cuando se define el tamaño final de los mismos (Fernandez *et al.*, 2006).

Al igual de lo descrito a nivel de planta, hubo una tendencia decreciente de la biomasa total a cosecha en las principales categoría de ramas en ambos cultivares y fechas de siembra (Tabla 5.2). Sin embargo, no se produjo una respuesta diferencial entre las categorías de ramas por efecto del sombreo aplicado en diferentes momentos del ciclo. Al analizar la evolución temporal de la biomasa por rama (datos no mostrados), las curvas de acumulación de materia seca seguían el mismo patrón que el descrito para la planta entera (Figuras 5.2 y 5.3).

Una respuesta similar se produjo en el índice de cosecha para cada categoría de rama (Tabla 5.3), donde también ocurre una disminución por efecto del sombreo, pero sin diferencias notorias entre categorías de ramas o portes y patrones de ramificación del genotipo.

El estrés por sombreo tampoco modificó la jerarquía de las diferentes ramas en cuanto a su contribución relativa al rendimiento por planta descritas por otros autores (Choudhari *et al.*, 1985; Shashidhar *et al.*, 1986; Giayetto *et al.*, 2007), o en capítulos anteriores de esta tesis.

Esta falta de respuesta entre las diferentes categorías de ramas (Tabla 5.4) es debida quizás a la longitud de los periodos de sombreos que no llegaron a interferir de manera diferencial entre las diferentes ventanas críticas de definición de los



componentes del rendimiento descritas en capítulos anteriores de este trabajo para las diferentes categorías de ramas (Figuras 5.1a y 5.1b). Futuras investigaciones deberían estar orientadas a detectar efectos diferenciales entre categorías de ramas por medio de sombreos de una menor duración, aunque algunas referencias bibliográficas describen pocas respuestas del cultivo a tratamientos de sombreo de corta duración o de baja intensidad (Hang *et al.*, 1984; Barbour *et al.*, 1994).

### 5.5 CONCLUSIONES

El rendimiento de frutos del cultivo de maní presentó sensibilidad al estrés lumínico causado por sombreo durante los momentos de definición del número y peso de los frutos, con una mayor magnitud del efecto en la etapa final de estos periodos de sombreo. Esta disminución del rendimiento estuvo relacionada con un menor crecimiento, índice de cosecha y reducción de los componentes principales número y peso individual de frutos afectando, además, la calidad comercial del mismo.

La partición de biomasa cambió de manera diferencial según los momentos de aplicación del estrés. Aumentó hacia hojas y detuvo el crecimiento reproductivo para reponer el aparato fotosintético una vez restablecida las condiciones lumínicas normales, en los tratamientos de sombreo tempranos; y lo contrario ocurrió a medida que el número y tamaño de los frutos (tamaño de destino de fotoasimilados) fue en aumento, en respuesta a lo cual el cultivo priorizó el llenado de los frutos ya formados para garantizar un mínimo de rendimiento.

El estrés por sombreo afectó a todas las categorías de ramificaciones de ambos cultivares sin que se pudiese determinar un efecto diferencial sobre alguna categoría de rama en particular tanto en la producción de biomasa total como en el índice de cosecha. Esto puede ser debido a que la longitud de los periodos de sombreo fue mayor al grado de solapamiento que existe entre las ventanas críticas de definición de los componentes del rendimiento en cada tipo de rama.

El estrés lumínico tampoco modificó la jerarquía de cada tipo de rama en la contribución relativa al rendimiento, la que se mantuvo estable de acuerdo al porte y patrón de ramificación de cada genotipo en particular.

# Capítulo VI



## **CAPÍTULO VI**

### **RELACIONES FUENTE-DESTINO DE LAS DIFERENTES CATEGORÍAS DE RAMAS EN CULTIVARES DE MANÍ CON DIFERENTE PORTE Y PATRÓN DE RAMIFICACIÓN**

#### **6.1 INTRODUCCIÓN**

El rendimiento de un cultivo depende de la capacidad de acumular biomasa en los órganos cosechables, por lo que un incremento de la biomasa destinada a tales órganos asegura un rendimiento superior. Los asimilados, producidos por la fotosíntesis en los órganos considerados “fuente” (principalmente las hojas), pueden ser almacenados o distribuidos vía floema hacia los diferentes órganos “destino” de una planta (Bertin, 1995). Así, la distribución de biomasa en la planta tiene un rol fundamental en el rendimiento de un cultivo. Esta distribución de materia seca entre los diferentes órganos de la planta es el resultado final de un conjunto ordenado de procesos metabólicos y de transporte que gobiernan el flujo de asimilados a través de un sistema fuente-destino (Gifford y Evans, 1981).

Duncan *et al.* (1978) definieron a la partición de asimilados a estructuras reproductivas como una característica fisiología de relevancia en el aumento del rendimiento del cultivo de maní. Sin dudas, la translocación de fotoasimilados hacia los destinos reproductivos es esencial para el desarrollo del grano (Egli y Bruening, 2001). En términos de regulación, la producción y el llenado de granos pueden ser limitados por la disponibilidad o la utilización de esos asimilados; es decir, por limitación de fuente o destino, respectivamente (Gifford y Evans, 1981).

El maní se caracteriza por tener un crecimiento marcadamente indeterminado, con crecimiento vegetativo puro solamente en una fase inicial muy corta de su desarrollo (Stalker, 1997; Cholaky *et al.*, 1998). Cumplida esa fase, florece y los frutos inician su desarrollo, convirtiéndose progresivamente en los principales órganos

destino. Con la aparición progresiva de nuevos frutos, se inicia una competencia por los asimilados disponibles entre ellos y con los órganos vegetativos (hojas, tallos y raíces), aún en activo crecimiento (Jeuffroy y Ney, 1997), debido precisamente a su hábito de crecimiento indeterminado (Huyghe, 1998). Esta competencia entre los órganos componentes de la planta es diferente, a su vez, entre los tipos botánicos de maní, donde los cultivares de tipo runner se presentan como marcadamente más indeterminados que los de tipo Valencia y Español (Nautiyal *et al.*, 2012). Por ello, el rendimiento de frutos es altamente dependiente de la relación fuente-destino.

Uno de los grandes avances en ecofisiología de los cultivos ha sido aumentar sustancialmente la comprensión de la generación del rendimiento y sus componentes numéricos (número y peso de granos), mediante la manipulación de la disponibilidad de asimilados durante diferentes fases fenológicas de los cultivos (Fischer, 1975 en trigo; Egli y Bruening, 2001 en soja; Cantagallo *et al.*, 2004 en girasol; Gambín *et al.*, 2006 y Cerrudo *et al.*, 2013 en maíz).

Para el cultivo de maní también existen numerosos trabajos en los que se modificó la relación fuente-destino a través de sombreo (Ono y Ozaki, 1971a; Hudgens y McCloud, 1975; Williams, 1979a; Hang *et al.*, 1984; Rao y Mittra, 1988; Stirling *et al.*, 1990), defoliación (Santos y Sutton, 1982; Jones *et al.*, 1982; Santos y Sutton, 1983; Wilkerson *et al.*, 1984), raleo de plantas (Williams, 1979b), defoliación y remoción de frutos (Williams *et al.*, 1976; Ghosh y Biswas, 1995; Endan *et al.*, 2006); control de floración y formación de los frutos (Amir, 1969; Hemsy *et al.*, 1974; Ghosh y Biswas, 1995; Hariprasanna *et al.*, 2008); y control del clavado (Caudana, 2006; Haro *et al.*, 2008; Reboyras, 2008; Haro *et al.*, 2010).

Por otro lado, existen diferentes metodologías para la determinación de la relación fuente destino. Por ejemplo, en girasol la fuente de fotoasimilados durante la etapa de post floración puede ser indirectamente cuantificada como la duración del índice de área foliar post floración o como la radiación fotosintéticamente activa interceptada por planta durante el llenado de granos (Alkio *et al.*, 2003).

Gambín y Borrás (2010) utilizaron el modelo teórico de Smith y Fretwell (1974) para comprender las relaciones entre el número de granos, peso del grano y los recursos disponibles de 15 especies cultivadas. Este modelo se basa en la comprensión del efecto

de compensación en el que una cantidad fija de los recursos disponibles se puede distribuir en diferentes combinaciones de números y peso de granos en la planta. Así, variaciones en los recursos disponibles debidas al genotipo y el medio ambiente, pueden resultar en relaciones negativas, neutras o positivas entre el número y el peso los granos en plantas individuales (Venable, 1992).

También se sabe que cambios en la producción de asimilados en la fuente afectan directamente la disponibilidad de asimilados para el desarrollo de los destinos. Por lo tanto, las diferencias en el crecimiento de la planta por grano (medido como el aumento de biomasa aérea total por grano) durante el período de su formación, implican distintas cantidades de asimilados disponibles para el desarrollo de los granos (Gambín y Borrás, 2010).

En maní se encontraron distintos resultados al analizar diferentes fechas de siembra (Haro *et al.*, 2007), genotipos (Haro *et al.*, 2013) y ambientes (Nautiyal *et al.*, 2012), en los que se describe a este cultivo como una especie principalmente limitada por destinos.

Sin embargo, no se han realizado evaluaciones en las cuales se analicen genotipos de diferente porte y patrón de ramificación, ni tampoco estudios sobre las diferentes categorías de ramas de estos genotipos.

En capítulos anteriores de esta tesis, se encontraron diferencias entre los tipos botánicos de maní (de diferente patrón de ramificación y porte) en la distribución de materia seca tanto a sus órganos componentes como a las diferentes categorías de ramificaciones (ver Capítulo III). Aproximadamente en la etapa fenológica de R4 se establece una jerarquía entre las categorías de ramas que se mantiene hasta la cosecha, y ese momento coincide con el inicio de la partición a frutos de las ramas con mayor importancia en la contribución al rendimiento (ver Capítulo IV). A su vez, esta jerarquía entre ramas no fue modificada por periodos de estrés lumínico producidos con tratamientos de sombreo, que afectaron notoriamente el crecimiento de la planta en general (ver Capítulo V).

El rendimiento de las ramas de los cultivares evaluados depende, principalmente, de un factor de partición ( $p$ ) diferencial entre las distintas categorías de ramas, que puede estar definido por el tamaño o fuerza de los destinos (número y peso

de frutos) los que, a su vez, son mayores en las ramas que primero definen los componentes del rendimiento. Otorgándoles así una ventaja comparativa respecto a ramas de desarrollo ontogénico posterior.

Bajo la hipótesis de que los patrones de ramificación, característicos de los distintos tipos de maní (Valencia, Español o runner), determinan el comportamiento de las categorías de ramas como fuente o destino, el objetivo de este trabajo fue analizar, con diferentes metodologías de estudio, la variabilidad de la relación fuente-destino a nivel de planta entera y entre las categorías de ramas de genotipos con patrón de ramificación y porte diferentes.

## 6.2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.2.1 Descripción del ensayo experimental

Para probar la hipótesis y dar cumplimiento al objetivo planteado, se analizaron los datos provenientes de los experimentos realizados a campo y descritos en los capítulos anteriores de esta tesis.

El experimento 1 (Exp1) consistió en los ensayos realizados con los cultivares Granoleico y Utre de diferente porte y patrón de ramificación sembrados en una fecha de siembra temprana (1° FS), media (2° FS) y tardía (3° FS) durante los ciclos experimentales 2009/10 y 2010/11 (ver detalles en el apartado materiales y métodos del Capítulo II).

El experimento 2 (Exp2) se basó en la comparación de seis cultivares tipo runner (*A. hypogaea* subespecie *hypogaea* var. *hypogaea*): Florunner, Florman, Manigran, Asem 485, Pepe Asem y Granoleico y ocho cultivares tipo Español (*A. hypogaea* subespecie *fastigiata* var. *vulgaris*): 607-4, 59-127, TMV 7, 55-437, AH 687, Utre, Manfredi 68, y U4-7-7 sembrados durante el ciclo experimental 2011/12 (ver detalles en el apartado materiales y métodos del Capítulo III).

El experimento 3 (Exp3) se basó en la combinación de tratamientos de sombreado en diferentes momentos del periodo de definición de los componentes numéricos directos del rendimiento, número y peso de los frutos, de los cultivares Utre y



Granoleico aplicados en la 1° y 3° FS (UIS1, UIS2, GIS1, GIS2, GIS3, U3S1, U3S1, G3S1 y G3S2), durante el ciclo experimental 2010/11 (ver detalles en el apartado materiales y métodos del Capítulo V).

### 6.2.2 Mediciones y Determinaciones

El análisis de la relación fuente-destino se realizó mediante diferentes metodologías empleadas para el cultivo de maní y en otros cultivos.

Durante el periodo de definición de los componentes del rendimiento (RFD, en g fruto<sup>-1</sup>) se aplicó la metodología usada por Haro *et al.* (2007a) y Haro *et al.* (2013) en maní y Gambín *et al.* (2006) en maíz, estimada como el crecimiento total del cultivo por cada fruto durante el período de formación de este, establecido entre R3-4 y R8 (ver Capítulo IV). El cálculo consistió en el cociente entre la producción total de biomasa entre R3-4 y R8 y el número de frutos maduros a cosecha.

$$RFD(g \text{ fruto}^{-1}) = \frac{\Delta \text{Biomasa en el Periodo de llenado del fruto (R3/4 - R8)}}{\text{Número de frutos finales}}$$

El peso final de un fruto maduro puede ser: (i) mayor que RFD, indicando el uso de reservas y una limitación por fuente; (ii) menor que RFD, indicando una oferta mayor que la demanda y una limitación por destinos, o (iii) de un valor similar a RFD, que sugiere una equivalencia entre la oferta y la demanda (Haro *et al.*, 2013).

En otra metodología de análisis, utilizada en girasol por Alkio *et al.* (2003) y Williams (1996) en vides, la relación fuente-destino fue calculada como el área foliar (cm<sup>2</sup>) asignada a cada fruto maduro por planta. Para ello, se cuantificó el área foliar específica (AFE) de un cultivar tipo runner (Granoleico) y otro tipo Español (Utre) sembrados en tres fechas durante el ciclo 2010/11. El AFE fue calculado como la relación entre el área foliar (cm<sup>2</sup>) y su peso seco (g) (Garnier *et al.*, 2001). Para ello, se separaron 20 folíolos de los estratos superior, medio e inferior del canopeo del cultivo por tratamiento (cultivar y fecha de siembra) y repetición, a intervalos de 10 a 15 días durante la definición de los componentes del rendimiento del cultivo (de las principales

categorías de ramificación) y determinado en el Capítulo IV de este trabajo como el periodo entre R3-4 y R8. La superficie de cada folíolo ( $\text{cm}^2$ ) se determinó mediante LI-3000A Portable Area Meter (Li-Cor Inc., NE, USA). Luego, se secaron en estufa con aire forzado a  $70^\circ\text{C}$  hasta peso constante y registrado su peso seco.

Con los datos de biomasa de hojas por planta (g), registrada en las mismas oportunidades y de AFE se estimó el área foliar por planta ( $\text{cm}^2$ ) a la que se denominó “fuente”. Luego, se relacionó el área foliar promedio del periodo evaluado (fuente) con el número de frutos maduros (se designó un valor de 1 en aquellos casos donde el número de frutos maduros fue  $\approx 0$ ) registrados a cosecha (principales destinos de fotoasimilados) para obtener la relación fuente-destino.

Un tercer método de análisis de la relación fuente-destino fue mediante la relación entre el peso y el número de frutos al momento de cosecha. Esta metodología fue utilizada por Gambín y Borrás (2010) en diferentes cultivos, Haro *et al.* (2013) en maní y por Cerrudo *et al.* (2013) en el cultivo de maíz. Si en los resultados se observa un efecto de compensación (*i.e.* los puntos se mantienen dentro de líneas de isocuantas), existe una colimitación por fuente-destino, mientras que la no relación entre estos componentes estaría indicando una limitación por fuente (pendientes de la regresión altamente negativas) o por destinos (pendientes de la regresión cercanas a cero o positivas).

Estos procedimientos de análisis se aplicaron a la planta entera y en cada categoría de rama: tallo principal ( $n$ ), ramas primarias cotiledonares ( $n+1$  cot) y otras (otras  $n+1$ ), ramas secundarias cotiledonares ( $n+2$  cot) y otras (otras  $n+2$ ) y terciarias ( $n+3$  cot)).

### 6.2.3 Análisis Estadísticos

Se realizaron los análisis de la varianza, y cuando se detectaron diferencias estadísticamente significativas, las medias de los tratamientos se compararon mediante el test de diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher con el programa estadístico Infostat versión 2014. Los análisis de regresión y correlación de las variables bajo estudio fueron realizados utilizando el programa estadístico Graph Pad Prism version 5.00 for Windows, Graph Pad Software, San Diego California USA.

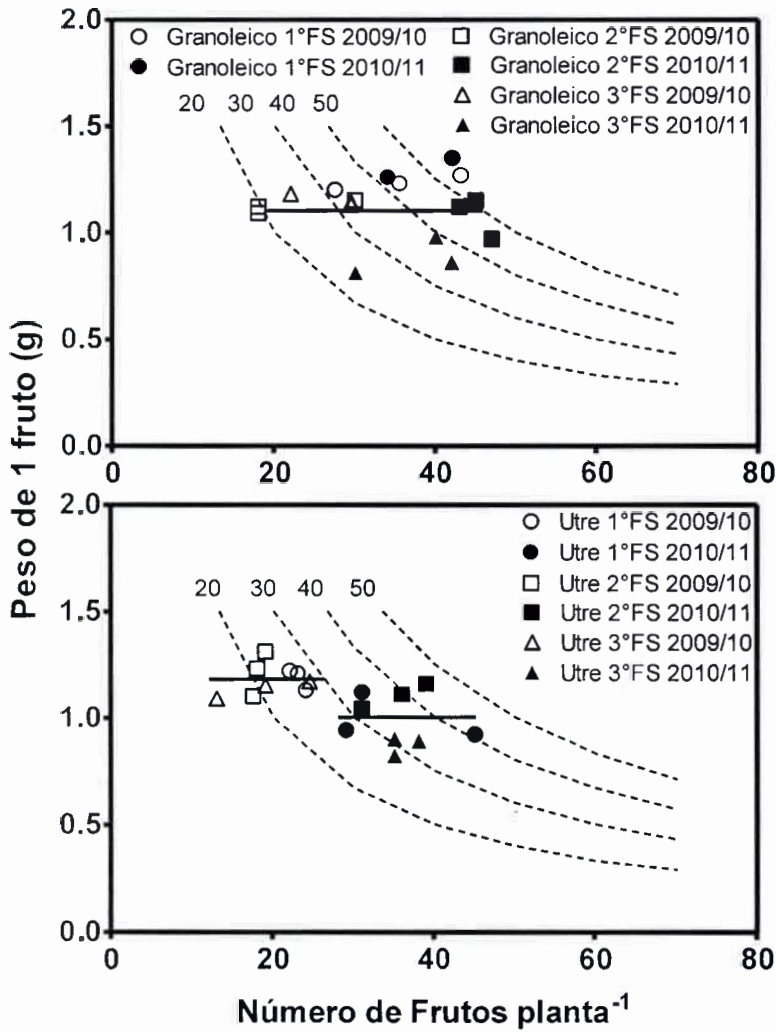


### 6.3 RESULTADOS

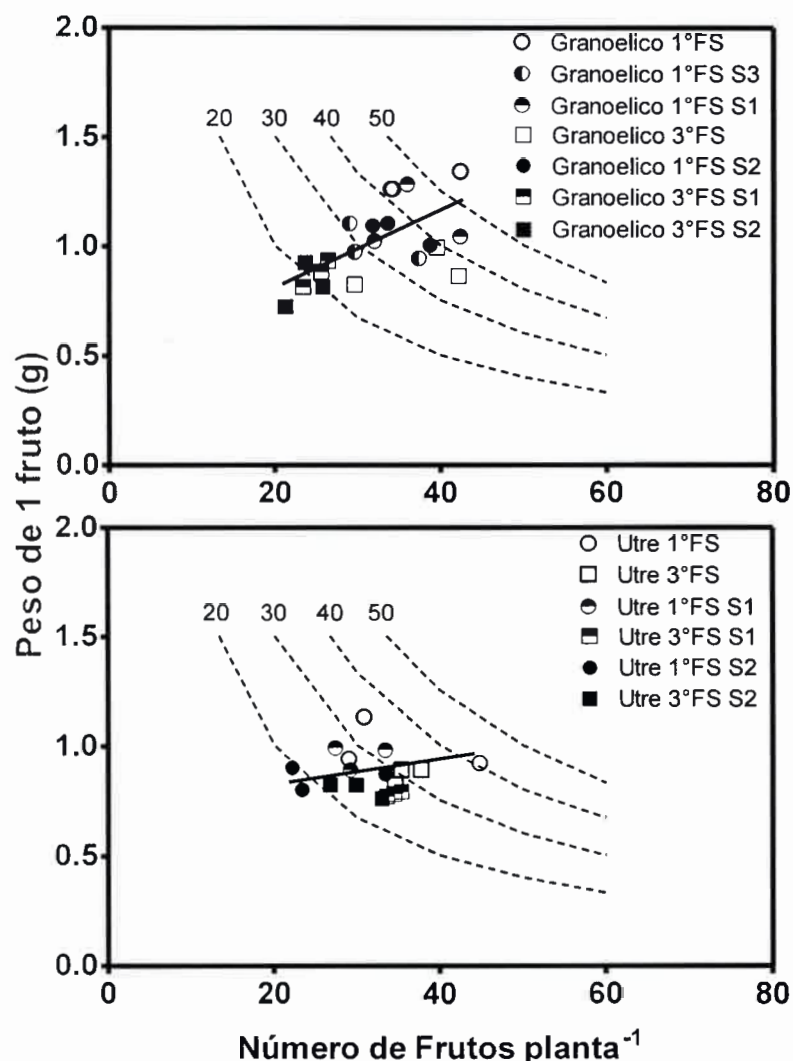
Los cultivares Granoleico y Utre evaluados en el Exp1 no presentaron efecto de compensación entre los componentes directos del rendimiento, peso individual en función del número de frutos maduros por planta (Figura 6.1).

En el cultivar Granoleico, los pares de datos exploraron las isocuantas de rendimiento de 20 a 50 g pl<sup>-1</sup>, los datos ajustaron a una regresión lineal para las tres fechas de siembra y los dos ciclos experimentales evaluados ( $y = 0,0006x + 1,14$ ), el número de frutos maduros varió en un rango de 18 a 47 frutos pl<sup>-1</sup> y el peso individual promedio de estos frutos fue de 1,13 g. Mientras que para el cultivar Utre, se diferenciaron los pares de datos en función del ciclo experimental ( $y = 0,0053x + 1,07$ ; e  $y = -0,0031x + 1,09$  para 2009/10 y 2010/11, respectivamente). En 2009/10 el número de frutos varió entre 13 y 25 frutos pl<sup>-1</sup> y su peso promedio fue de 1,18 g explorando las isocuantas de rendimiento de 20 y 30 g pl<sup>-1</sup>; mientras que durante 2010/11 el número de frutos fue mayor (en un rango de 29 a 45 frutos pl<sup>-1</sup>) y de un peso individual algo menor (0,99 g) resultando en rendimientos sobre las isocuantas de 30 a 40 g pl<sup>-1</sup>.

Resultados similares se observaron al analizar el Exp3 (Figura 6.2). Aquí los tratamientos de estrés lumínico por sombreo aplicado en diferentes momentos (especialmente los más tardíos) provocaron una disminución de ambos componentes del rendimiento resultando en una regresión lineal con pendiente positiva en ambos cultivares ( $y = 0,0143x + 0,05$  para Granoleico, e  $y = 0,0062x + 0,69$  para Utre), distribuyéndose los pares de datos entre las isocuantas de 20 a 50 g pl<sup>-1</sup> en Granoleico y de 20 a 40 g pl<sup>-1</sup> en Utre.

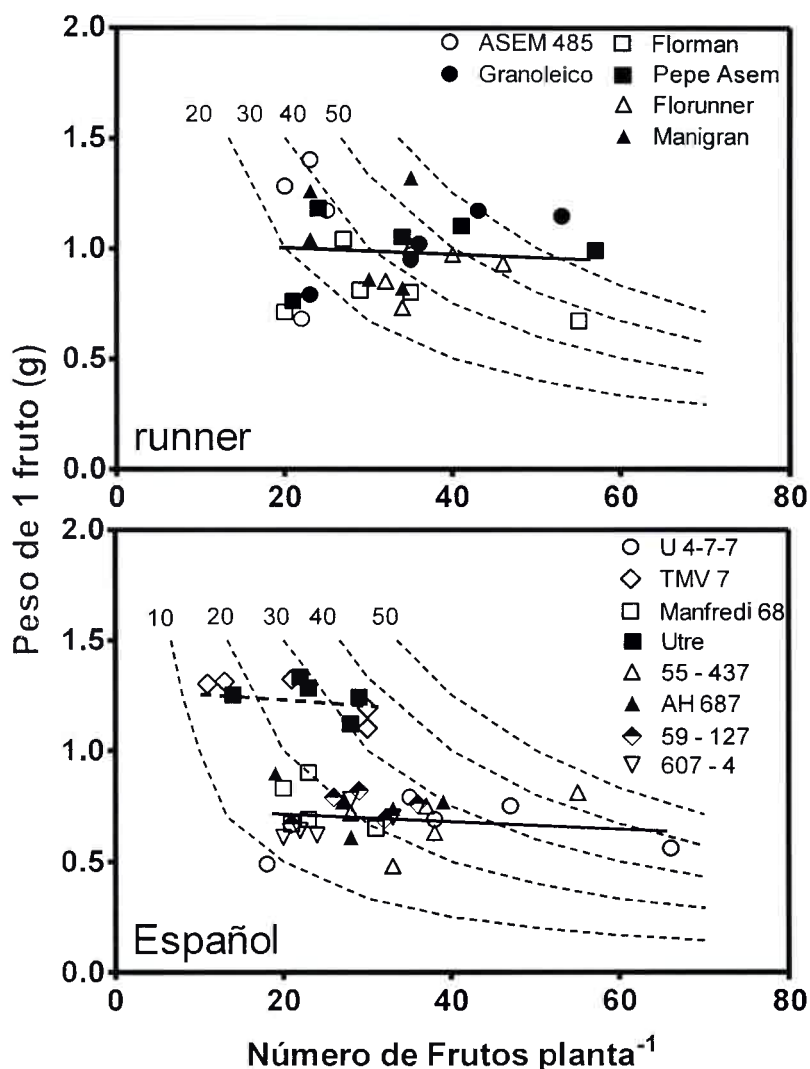


**Figura 6.1:** Peso individual de un fruto (g) en función del número de frutos maduros por planta (frutos  $pl^{-1}$ ) para los cultivares Granoleico y Utre en tres fechas de siembra y dos ciclos experimentales y su regresión lineal (línea continua). Las líneas punteadas representan isocuantas de rendimiento ( $g\ pl^{-1}$ ).



**Figura 6.2:** Peso individual de un fruto (g) en función del número de frutos maduros por planta (frutos  $pl^{-1}$ ) para los cultivares Granoelico y Utre en dos fechas de siembra y los tratamientos de sombreado durante el ciclo experimental 2010/11 y su regresión lineal (línea continua). Las líneas punteadas representan isocuantas de rendimiento ( $g\ pl^{-1}$ ).

Al analizar los diferentes genotipos de cada tipo botánico (Exp2), se observó un patrón de distribución similar (Figura 6.3) a los descriptos en Exp1 y Exp3. Los cultivares tipo runner presentaron rendimientos de frutos en un rango de 14,2 (Florman) a 60,9  $g\ pl^{-1}$  (Granoelico), los pares de datos ajustaron a un modelo lineal ( $y = -0,0012x + 1,02$ ), el peso medio de un fruto maduro fue de 0,98 g y el número de frutos maduros varió entre 20 y 57 frutos  $pl^{-1}$ .



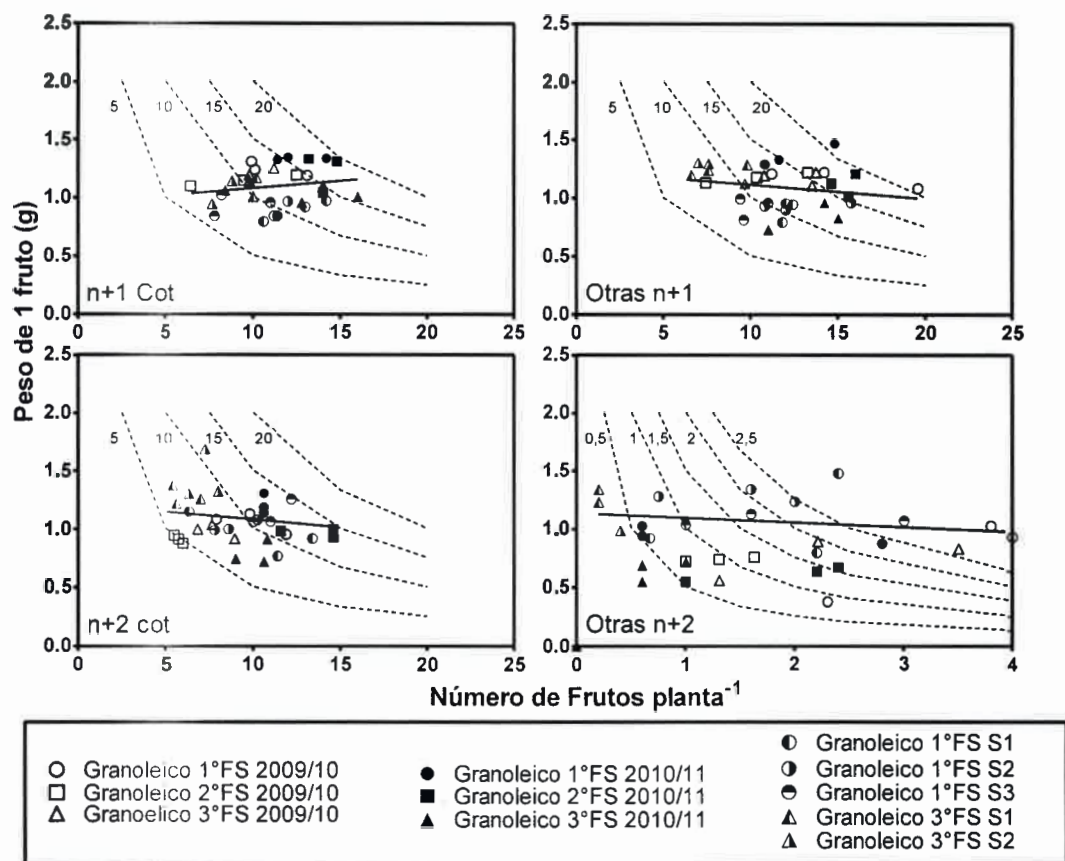
**Figura 6.3:** Peso individual de un fruto (g) en función del número de frutos maduros por planta (frutos  $pl^{-1}$ ) para los cultivares tipo runner y Español durante el ciclo experimental 2011/12 y su regresión lineal (línea continua). Las líneas punteadas representan isocuantas de rendimiento ( $g\ pl^{-1}$ ).

En los cultivares tipo Español se diferenciaron dos grupos de pares de datos. Uno conformado por los cultivares Utre y TMV7, que presentaron un menor número de frutos maduros (entre 11 y 30 frutos  $pl^{-1}$ ) y de mayor peso individual (1,24 g  $fruto^{-1}$ ); y el otro conformado por los restantes cultivares utilizados en el Exp2 (ver Capítulo III), donde el número de frutos varió entre 18 y 66 frutos  $pl^{-1}$  con un peso medio de 0,71 g  $fruto^{-1}$ . Ambos grupos mostraron una respuesta lineal con pendiente levemente negativa

( $y = -0,0016x + 1,41$  ; e  $y = -0,0007x + 0,73$ ; respectivamente), explorando las isolíneas de rendimiento entre 10 y 40 g pl<sup>-1</sup>.

Mientras que, al analizar las diferentes categorías de ramas, en base a los datos obtenidos en el Exp1 y Exp3 para Granoleico (Figura 6.4) y Utre (Figura 6.5), se observaron relaciones similares a las descriptas para la planta entera. Las pendientes de las regresiones en las principales categorías de ramas fueron cercanas a cero. Las regresiones para el cultivar Granoleico (Figura 6.4) fueron:  $y = 0,0016x + 0,95$  en ramas  $n+1$  cot;  $y = -0,0088x + 1,19$  en otras  $n+1$ ;  $y = -0,0226x + 1,27$  en  $n+2$  cot; e  $y = -0,0091x + 0,92$  en otras  $n+2$ . Mientras que para Utre (Figura 6.5) fueron:  $y = 0,0193x + 1,03$  para el eje principal  $n$ ;  $y = -0,0022x + 1,13$  en ramas  $n+1$  cot;  $y = 0,0081x + 1,03$  en otras  $n+1$ ; e  $y = 0,0137x + 1$  en  $n+2$  cot.

Por otra parte, no se pudo detectar ningún efecto debido a fechas de siembra, ciclos experimentales y tratamientos de sombreo. Así, el peso individual de un fruto maduro no presentó diferencias en las principales categorías de ramas (1,09 y 1,10 g en las principales ramas de Granoleico ( $n+1$  cot, otras  $n+1$ ,  $n+2$  cot y otras  $n+2$ ) y Utre (eje  $n$ ,  $n+1$  cot, otras  $n+1$  y  $n+2$  cot), respectivamente). Mientras que las mayores variaciones se observaron en el número de frutos maduros presentes en cada categoría de ramificación.

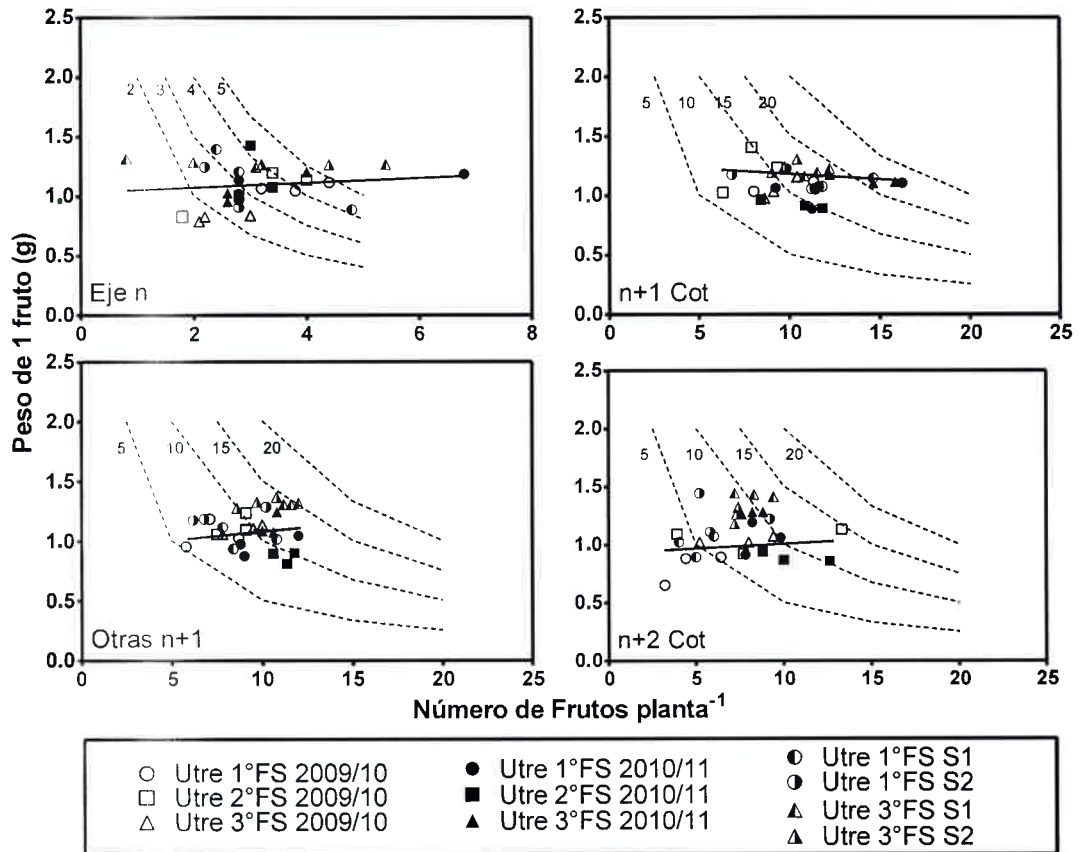


**Figura 6.4:** Peso individual de un fruto (g) en función del número de frutos maduros por planta (frutos pl<sup>-1</sup>) localizadas en diferentes categorías de rama del cultivar Utre en tres fechas de siembra, dos ciclos experimentales y los tratamientos de sombreado (ciclo 2010/11) y su regresión lineal (línea continua). Las líneas punteadas representan isocuantas de rendimiento (g pl<sup>-1</sup>).

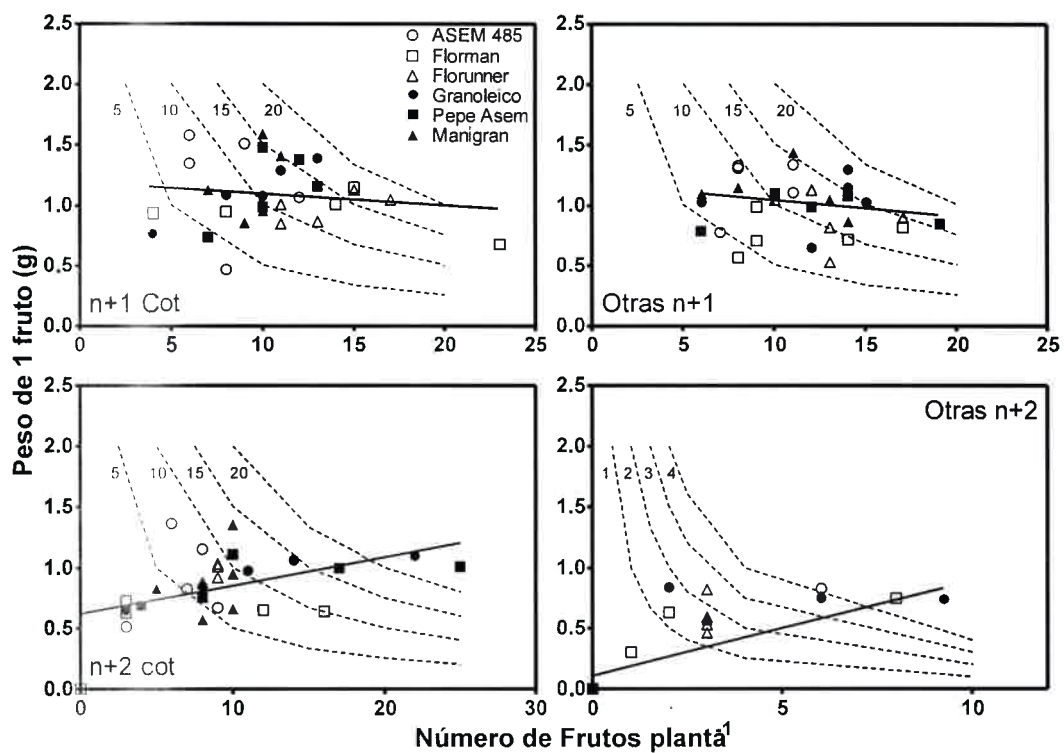
Esa misma tendencia se observó al analizar los diferentes cultivares dentro de cada tipo botánico, donde las pendientes de las regresiones en las principales categorías de ramificación fueron cercanas a cero. Las regresiones para los cultivares tipo runner (Figura 6.6) fueron:  $y = -0,005x + 1,14$  en ramas  $n+1$  cot;  $y = -0,0092x + 1,08$  en otras  $n+1$ ;  $y = 0,0225x + 0,64$  en  $n+2$  cot; e  $y = 0,0795x + 0,12$  para las ramas otras  $n+2$ ; mientras que para los cultivares tipo Español (Figura 6.7) fueron:  $y = -0,0129x + 0,81$  para el eje principal  $n$ ; e  $y = 0,1114x + 0,13$  en  $n+2$  cot, observándose que para las ramas primarias ( $n+1$  cot y otras  $n+1$ ) se pueden distinguir los mismos dos grupos identificados a nivel de planta entera,  $y = -0,0263x + 1,49$  en



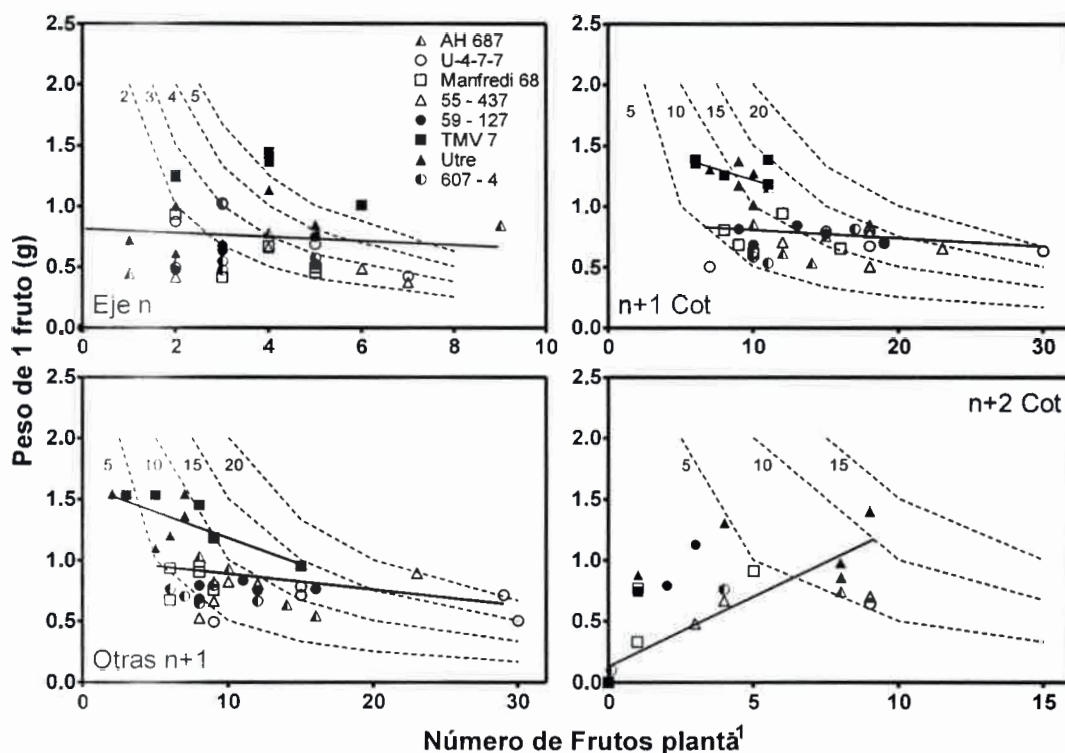
ramas  $n+1$  cot:  $y = -0,0411x + 1,61$  en otras  $n+1$  para los cultivares Utre y TMV 7, y regresiones de  $y = -0,0015x + 0,73$  en ramas  $n+1$  cot;  $y = -0,0055x + 0,81$  en otras  $n+1$  para los cultivares restantes del tipo Español.



**Figura 6.5:** Peso individual de un fruto (g) en función del número de frutos maduros por planta (frutos  $pl^{-1}$ ) localizadas en diferentes categorías de rama del cultivar Utre en tres fechas de siembra, dos ciclos experimentales y los tratamientos de sombreado (ciclo 2010/11) y su regresión lineal (línea continua). Las líneas punteadas representan isocuantas de rendimiento ( $g\ pl^{-1}$ ).

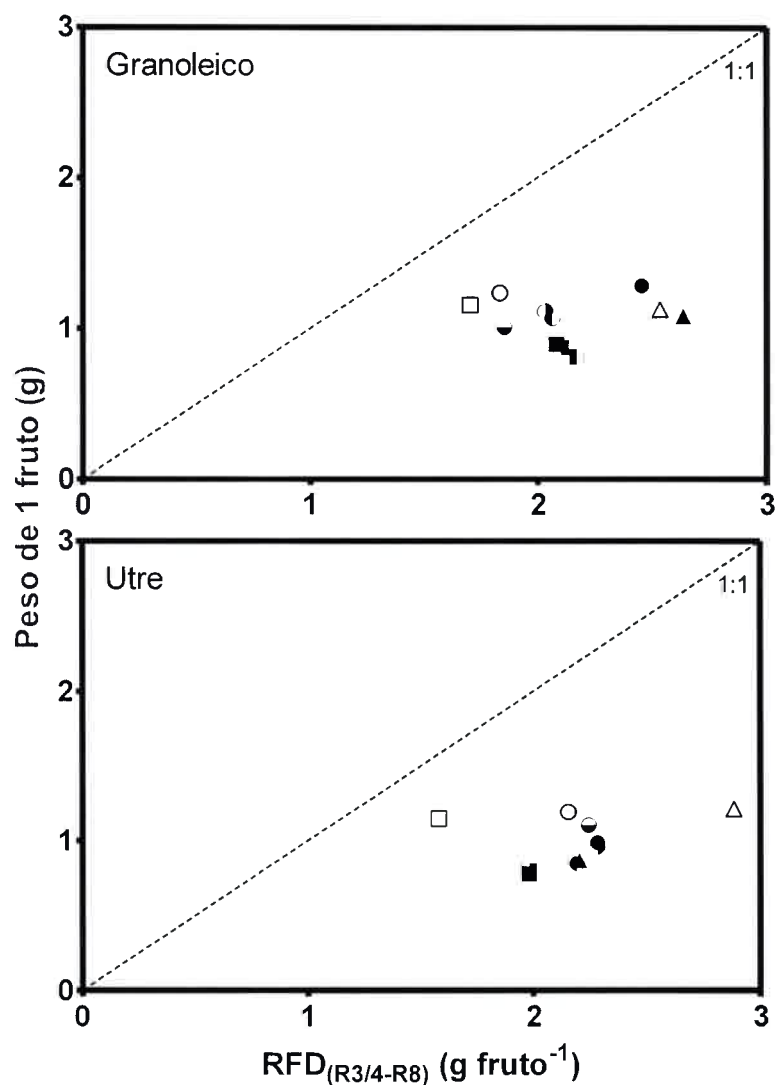


**Figura 6.6:** Peso individual de un fruto (g) en función del número de frutos maduros por planta (frutos  $pl^{-1}$ ) localizadas en diferentes categorías de rama de los cultivares tipo runner durante el ciclo experimental 2011/12 y su regresión lineal (línea continua). Las líneas punteadas representan isocuantas de rendimiento ( $g\ pl^{-1}$ ).



**Figura 6.7:** Peso individual de un fruto (g) en función del número de frutos maduros por planta (frutos  $pl^{-1}$ ) localizadas en diferentes categorías de rama de los cultivares tipo Español durante el ciclo experimental 2011/12 y su regresión lineal (línea continua). Las líneas punteadas representan isocuantas de rendimiento ( $g\ pl^{-1}$ ).

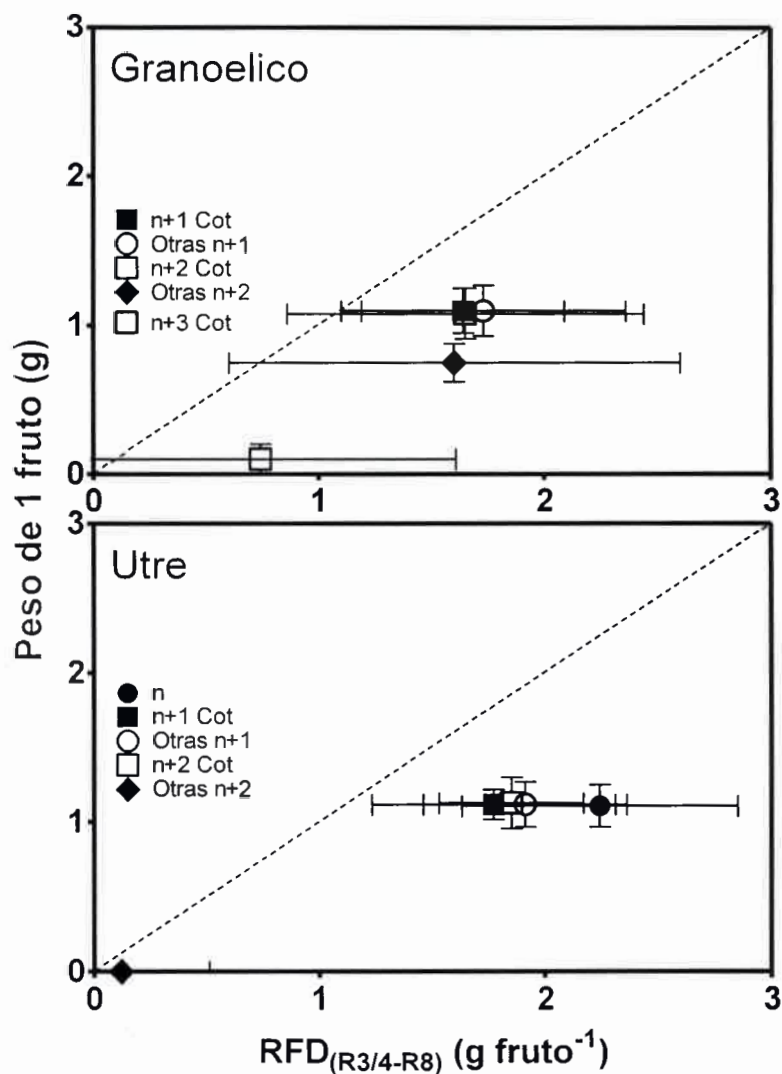
Tanto en Granoleico como Utre el peso medio de un fruto maduro fue marcadamente menor a la relación fuente-destino (RFD) para las tres fechas de siembra, los dos ciclos experimentales y los tratamientos de sombreo analizados en este trabajo (Figura 6.8). Así, en Granoleico la RFD varió entre 1,7 (3° FS 2009/10) y 2,63  $g\ fruto^{-1}$  (2° FS 2010/11); mientras que el peso medio de un fruto fue de 1,05 g. Por su parte, Utre presentó mayor variabilidad en la RFD con un rango de valores entre 1,58 (3° FS 2009/10) y 2,88  $g\ fruto^{-1}$  (2° FS 2009/10) con un peso individual medio de 0,99  $g\ fruto^{-1}$ .



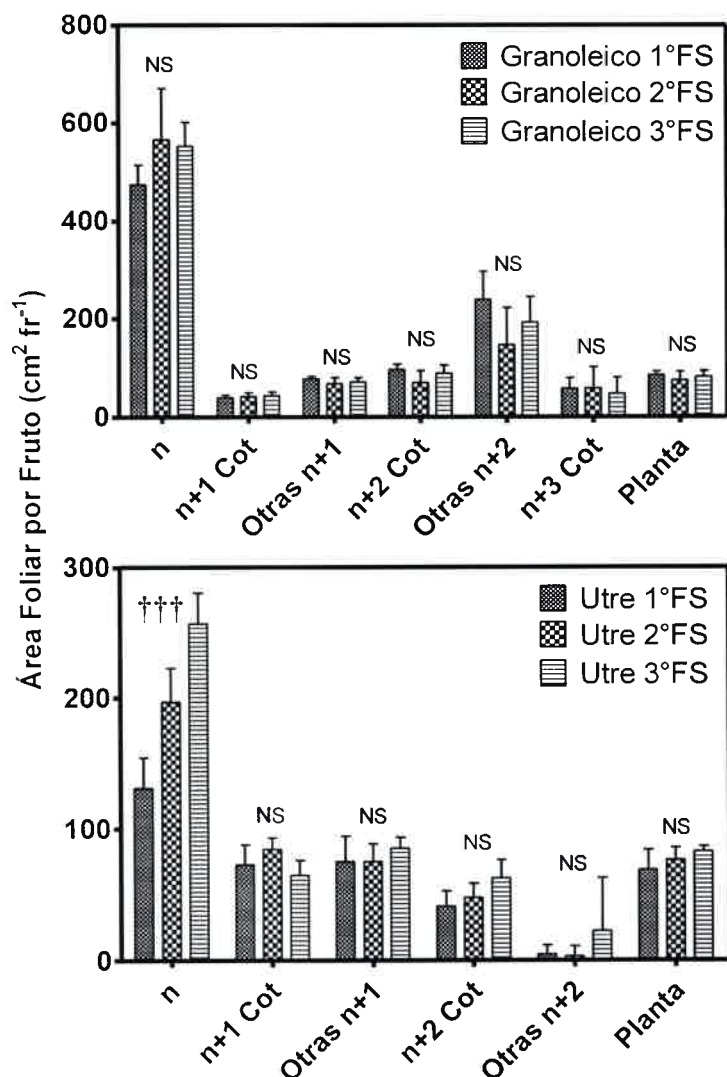
**Figura 6.8:** Peso individual de un fruto (g) en función de la relación fuente-destino (RFD) entre R3/4 y R8 para los cultivares Granoleico y Utre en tres fechas de siembran dos ciclos experimentales y los tratamientos de sombreo (ciclo 2010/11). 1° FS círculos; 2° FS triángulos; y 3° FS cuadrados. Ciclo experimental 2009/10 símbolos vacíos; 2010/11 símbolos llenos. Símbolos mitad llenos, tratamientos de sombreo.

Similares resultados se observaron al analizar las diferentes categorías de ramificaciones para ambos cultivares (Figura 6.9). En Granoleico los valores de RFD variaron entre 1,60 y 1,73 g fruto<sup>-1</sup> y un peso medio de 1,07 a 1,09 g fruto<sup>-1</sup> para las principales categorías de ramas, las ramas otras  $n+2$  presentaron un menor peso medio de fruto (0,74 g); mientras que se registraron valores de RFD de 0,74 g fruto<sup>-1</sup> y peso medio de un fruto de 0,01 g en las ramas  $n+3$  cot. Por su parte, en Utre la RFD presentó

un rango de 1,77 y 2,24 g fruto<sup>-1</sup> y un peso individual de fruto de 1,10 a 1,12 g en todas las ramificaciones; sólo las ramas otras n+2 presentaron un RFD de 0,14 g fruto<sup>-1</sup> y peso medio de un fruto de < 0,01 g.



**Figura 6.9:** Peso individual de un fruto (g) en función de la relación fuente-destino (RFD) entre R3/4 y R8 para los cultivares Granoelico y Utre. Cada símbolo es la media de tres fechas de siembra, en dos ciclos experimentales y los tratamientos de sombreo (ciclo 2010/11). Barras horizontales y verticales indican error experimental.



**Figura 6.10:** Área foliar media asignada por fruto maduro durante la fase lineal de crecimiento en las diferentes categorías de rama y la planta entera de los cultivares Utre y Granoleico en las tres fechas de siembra (durante el ciclo 2010/11).

Los cultivares evaluados mostraron diferencias estadísticamente significativas en el AFE ( $p=0.0019$ ), siendo de 162,1 y 158,7  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$  (61,7 y 63,0  $\text{g m}^{-2}$ , expresada como peso específico foliar) para Utre y Granoleico, respectivamente; pero no se detectaron diferencias entre fechas de siembra y momentos de muestreo dentro del ciclo de los cultivares ( $p>0.05$ ). Estos valores coinciden con los citados en la literatura que se ubican en un rango de 144 a 241  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$  y de 60 a 69  $\text{g m}^{-2}$  para diferentes genotipos de maní y condiciones ambientales.



En ambos cultivares, la mayor área foliar se produjo en las ramas  $n+1$  y  $n+2$  cotiledonares y en otras  $n+1$ . En Utre la mayor superficie foliar se obtuvo en las ramas  $n+1$  cot con  $1124 \text{ cm}^2$  y en Granoleico en las ramas  $n+2$  cot y otras  $n+1$  ( $1209$  y  $1252 \text{ cm}^2$ , respectivamente) (Datos no mostrados).

La relación fuente-destino, estimada a nivel de planta entera, fue similar en ambos cultivares, con  $75,9$  y  $79,9 \text{ cm}^2 \text{ fruto}^{-1}$  para Utre y Granoleico, respectivamente sin diferencias entre las fechas de siembra (Figura 6.10).

Las ramas  $n+1$  cot, otras  $n+1$  y  $n+2$  cot presentaron valores similares, o inferiores, al promedio de la planta entera en ambos cultivares, con una media para esas categorías de ramas de  $65,8$  y  $67,7 \text{ cm}^2 \text{ fruto}^{-1}$  en Granoleico y Utre, respectivamente. Valores superiores a la media por planta se hallaron en el eje  $n$  ( $530,9$  y  $194,9 \text{ cm}^2 \text{ fruto}^{-1}$  en Granoleico y Utre, respectivamente) y en las ramas otras  $n+2$  ( $191,9 \text{ cm}^2 \text{ fruto}^{-1}$ ) del cultivar Granoleico. Valores inferiores se registraron en las ramas otras  $n+2$  ( $10,1 \text{ cm}^2 \text{ fruto}^{-1}$ ) de Utre y las ramas  $n+3$  cot ( $54,2 \text{ cm}^2 \text{ fruto}^{-1}$ ) de Granoleico.

#### 6.4 DISCUSIÓN

A nivel de planta entera y para todos los genotipos analizados en este trabajo, se determinó una marcada limitación por destinos reproductivos (Figuras 6.1, 6.2, 6.3, 6.8 y 6.10).

Al no detectarse efecto de compensación (*trade-off*) entre los principales componentes del rendimiento, número y peso de frutos, en ninguno de los escenarios analizados, se demuestra que la planta de maní está en condiciones de llenar de la misma manera un amplio rango de número de frutos. Esta repuesta se observó de manera similar para diferentes genotipos (Figura 6.3), fechas de siembra y ciclos experimentales (Figura 6.1), y condiciones de estrés lumínico por sombreado (Figura 6.2). Resultados análogos a estos fueron obtenidos por Haro *et al.* (2013) quienes no encontraron limitación por fuente en cuatro cultivares tipo Valencia y Español y otros cuatro tipo runner. En ese trabajo, también se hallaron diferencias entre los genotipos

según el hábito de crecimiento, los genotipos runner exploraron las isocuantas de 400 a 500 g m<sup>-2</sup>; mientras que los cultivares tipos Español y Valencia mostraron valores entre las isocuantas de 200 a 300 g m<sup>-2</sup> de granos.

Utre presentó diferencias entre los ciclos experimentales (Figura 6.1); en 2009/10 el número de frutos fue menor que en 2010/11 pero con un peso individual de fruto levemente superior, sin embargo estas diferencias no se expresaron en las pendientes de las regresiones que, en ambos casos, fueron cercanas a cero. Similar tendencia se observó en los cultivares de tipo Español donde Utre y TMV7 presentaron un menor número de frutos maduros por planta pero de mayor peso individual que el resto de los cultivares (ver Capítulo III). Pero, al igual que en el caso anterior, no se observó efecto de *trade-off* entre los componentes del rendimiento (Figura 6.3), indicando un exceso de fuente durante el periodo de formación de los frutos. En este sentido, Ghosh y Biswas (1995) habían encontrado que con una defoliación del 25% no modificó el rendimiento del cultivo (sólo se produjo una disminución del 2% del rendimiento en granos) y las plantas no presentaron síntomas de limitación por fuente (senescencia temprana).

De igual manera el peso medio de un fruto maduro fue para ambos cultivares de maní menor al crecimiento total de la biomasa de la planta asignada a ese fruto durante su periodo de formación (RFD<sub>R3/4-R8</sub>) (Figura 6.8). En Granoleico la RFD fue de hasta 2,63 g fruto<sup>-1</sup> mientras que en Utre se registró una RFD de 2,88 g fruto<sup>-1</sup> para frutos que alcanzaron un peso medio de 1,05 y 0,99 g, respectivamente. Estos resultados indican el potencial que todavía queda por explorar en el mejoramiento de maní. Similares resultados fueron descritos por Haro *et al.* (2013), quienes remarcan que la alta relación fuente-destino encontrada en maní para la fase de llenado de grano (posterior a R5), estaría sugiriendo que no existe limitaciones para seguir mejorando por un mayor número de frutos (o granos) formados (aumento en la eficiencia reproductiva) y también por aumento de su peso individual.

Interesantemente, los menores valores de RFD en ambos cultivares ocurrieron en la 3<sup>o</sup>FS (Figura 6.8) con 1,7 y 1,58 g fruto<sup>-1</sup> para Granoleico y Utre, respectivamente. No obstante, estos valores fueron también superiores al peso individual de los frutos. Por lo que en ninguno de los análisis de la relación fuente-destino realizados, se observó

una modificación dada por diferencias en el ambiente, tratamientos de sombreo y fechas de siembra en ninguno de los dos cultivares evaluados. Por el contrario, Haro *et al.* (2007a) hallaron diferencias en el peso de un grano según la RFD, en diferentes fechas de siembra y cultivares tipo runner. En ese trabajo se encontró que en las fechas de siembra principalmente tardías, el peso medio de un grano fue superior al aumento de biomasa total por grano, sugiriendo un uso de reservas para satisfacer la demanda durante el llenado de ese grano. En este sentido, Borrás *et al.* (2004) indican una limitación por fuente en cultivos estivales durante el periodo de llenado de granos principalmente en zonas templadas y fechas de siembra tardías.

En concordancia con lo descrito en este trabajo, Haro *et al.* (2013) mostraron una marcada limitación por destinos para siembras en fechas normales de la región manisera argentina, realizadas entre el 19/10 y 10/11, con ocho cultivares de diferente porte y patrón de ramificación desarrollados por el INTA y liberados entre los años 1948 y 2004.

No se observaron modificaciones de la relación fuente-destino por el estrés lumínico causado por los tratamientos de sombreo (Figuras 6.2 y 6.8). Estas respuestas pueden deberse al comportamiento del cultivo de maní durante un estrés, y su estrategia de recuperación del aparato fotosintético (hojas) posterior al mismo (ver Capítulo V). En este sentido, se hallaron efectos de limitación por fuente cuando se limitaba el crecimiento vegetativo del cultivo por tratamientos de sombreo aplicados en pre-floración (Williams, 1979a). También puede que el momento de aplicación de los sombreos haya sido temprano, considerando que fueron diseñados para modificar el principal componente del rendimiento (número de frutos), por lo que en ese caso se lograba disminuir el tamaño de los destinos. En un estudio con diferentes intensidades de sombreo, Hang *et al.* (1984) encontraron limitación por fuente cuando los sombreos se aplicaron durante el periodo de llenado de los frutos, o sea cuando ya existía una demanda de los destinos.

Contrariamente a lo que se hipotetizó inicialmente, todas las categorías de ramas se comportaron como limitadas por destinos reproductivos (Figuras 6.4, 6.5, 6.6, 6.7 y 6.9) en todos los cultivares y condiciones experimentales evaluadas en este trabajo.

En las principales categorías de ramas las pendientes de la regresión entre el número y peso de frutos fueron cercanas a cero, levemente negativas o incluso positivas, y el modelo lineal exploró varias isocuantas de rendimiento (Figuras 6.4, 6.5, 6.6 y 6.7).

La RFD, superior al peso de un fruto en todas las categorías de ramas de ambos cultivares (Figura 6.9), indica los mismos resultados respecto a la limitación por destinos reproductivos. Sin embargo, se pudo observar que las ramas ubicadas en una posición basal de la planta (cotiledonares  $n+1$  y  $n+2$  y las otras  $n+1$ , en ese orden) son las que más se acercan a la línea 1:1, indicando una menor limitación por destinos. La descripción de estas categorías de rama (En el Capítulo III de este trabajo) indica que se encuentran cerca del suelo (posiblemente más sombreadas) y que hacen un mayor aporte relativo al rendimiento de frutos de la planta. Además, poseen hojas de un desarrollo ontogénico más temprano (hojas de mayor edad) que pueden estar disminuyendo su actividad fotosintética. A su vez, las ramas otras  $n+2$  y  $n+3$  cot de Granoleico y el eje  $n$  de Utre, se presentan aún más alejados de la línea 1:1, indicando un mayor exceso de fuente. Respuesta relacionada con la posición superior de estas ramas en la planta, la menor edad de sus hojas y por un menor número de frutos fijados sobre ellas (ver Capítulo III).

Estas diferencias en las categorías de ramas hace referencia al alto grado de indeterminación del cultivo de maní (Stalker, 1995) y al marcado solapamiento que existe entre el crecimiento vegetativo y reproductivo (Huyghe, 1998). En este sentido, numerosos autores señalan que una de las maneras para lograr aumentos del rendimiento sería disminuir el grado de indeterminación característico del cultivo vía el mejoramiento genético (Tillman y Stalker, 2009; Nautiyal *et al.*, 2012), por empleo de bioreguladores (Senoo y Isoda, 2003) o el control de la floración (Hemsey *et al.*, 1974). Nautiyal *et al.* (2012) encontraron en treinta cultivares tipo Español una estrecha relación entre el rendimiento, la tasa fotosintética y el tamaño de los destinos, indicando una incidencia de la demanda de los destinos sobre la fotosíntesis (Gifford y Evans, 1981). Estos autores, al igual que Haro *et al.* (2013), remarcan que la productividad del cultivo puede ser mejorada por un aumento del tamaño de los destinos, es decir del número de frutos fijados.

Al analizar el área foliar asignada a cada fruto maduro (Figura 6.10) y considerando el valor medio a nivel de planta entera, las categorías de ramas se pueden agrupar en aquéllas de alta cantidad de área foliar, que claramente actúan como fuente de fotoasimilados, que son el eje  $n$  de ambos cultivares y las ramas otras  $n+2$  en Granoleico. El eje  $n$  de Granoleico destina toda su área foliar a fuente ya que no presenta yemas reproductivas (Stalker, 1997). Mientras que el eje  $n$  de Utre y las ramas otras  $n+2$  de Granoleico, presentan una alta relación del área foliar por fruto debido principalmente a la baja definición de frutos en estas estructuras vegetativas. En el Capítulo III se señala que estas categorías contribuyen con el 3% (otras  $n+2$  de Granoleico) y 9% ( $n$  de Utre) del rendimiento de frutos por planta.

Por su parte, las principales categorías de ramas presentaron un comportamiento similar en la asignación de área foliar por fruto, destacándose las ramas cotiledonares  $n+1$  de Granoleico y  $n+2$  de Utre como las de menor asignación de área foliar por fruto, debido quizás a su ubicación en los estratos bajos del canopeo del cultivo y, por lo tanto, de menor desarrollo foliar. A su vez, esa cercanía al suelo se presenta como una ventaja al momento del clavado otorgando mayor probabilidad de formar frutos maduros. En tal sentido, Ono y Ozaki (1971b) encontraron una relación negativa altamente significativa entre la longitud de los clavos y el grado de desarrollo (madurez) de los respectivos frutos.

Por último, las ramas  $n+3$  cot de Granoleico y otras  $n+2$  de Utre no se consideran importantes para este análisis debido, principalmente, a su escaso desarrollo (55,1 cm<sup>2</sup> de área foliar y  $\approx 0$  frutos en las ramas  $n+3$  cot de Granoleico y 9,3 cm<sup>2</sup> de área foliar y  $\approx 0$  frutos en las ramas otras  $n+2$  de Utre).

### 6.5 CONCLUSIONES

El rendimiento del cultivo de maní resultó, en todos los casos y para las condiciones analizadas en este trabajo, limitado por los destinos reproductivos. No se encontraron diferencias relativas al grado de indeterminación, porte y patrón de ramificación de los genotipos analizados.

Tampoco se observaron variaciones en la relación fuente-destino provocadas por la fecha de siembra, longitud del ciclo de los cultivares y tratamientos de sombreo durante el periodo de definición del número de frutos.

Los métodos empleados para evaluar la relación fuente-destino arrojaron resultados similares tanto a nivel de planta entera como de las categorías de ramas.

Contrariamente a lo esperado, todas las categorías de rama mostraron una limitación por destinos durante el periodo de formación de componentes numéricos del rendimiento, número y peso de los frutos. Futuros trabajos de investigación podrían analizar la dinámica de la translocación de fotoasimilados entre las diferentes ramas.

Los resultados encontrados en este trabajo para un amplio rango de genotipos y condiciones ambientales indican, en concordancia con la bibliografía, la posibilidad de lograr aumentos del rendimiento a través de mejoras del tamaño de los destinos. Es decir, en la producción de estructuras y en la eficiencia reproductiva aún a expensas de una disminución de la capacidad de la fuente de fotoasimilados.



# Capítulo VII

## **CAPÍTULO VII**

### **SINTESIS DE RESULTADOS**

Los resultados de este trabajo de tesis, corroboran otros encontrados en la bibliografía sobre las modificaciones de los distintos regímenes ambientales (principalmente radiación y temperatura) debidas a la longitud del ciclo de los cultivares y la fecha de siembra, y cómo estos factores tienen una fuerte influencia sobre el crecimiento, desarrollo, partición y, consecuentemente, el rendimiento del cultivo de maní.

La combinación entre fecha de siembra y longitud de ciclo de los cultivares modificaron la ubicación del período crítico de definición de los componentes del rendimiento y la cantidad de energía radiante capturada por el cultivo durante los mismos. Ante retrasos en la fecha de siembra, el crecimiento fue mayor en las etapas iniciales del ciclo del cultivo, en respuesta a una mayor temperatura y radiación, y que se refleja también en el patrón de producción de biomasa y su partición a los diferentes órganos de la planta. Así, en las fechas de siembra tardías de ambos cultivares y ciclos experimentales se observó un adelantamiento temporal de la partición a frutos, y una disminución notable de la partición final a frutos maduros -o índice de cosecha-, mostrando una alta correlación con la temperatura durante el periodo de llenado de frutos.

De igual manera, el rendimiento de frutos presentó sensibilidad al estrés lumínico por sombreo durante los momentos de definición del número y peso de los frutos. Así también la partición de biomasa cambió de manera diferencial según los momentos de aplicación del estrés. En los tratamientos de sombreo temprano, aumentó la partición hacia hojas y se detuvo el crecimiento reproductivo para reponer el aparato fotosintético una vez restablecida las condiciones lumínicas normales. Lo contrario

ocurrió a medida que el número y tamaño de los frutos (tamaño de destino de fotoasimilados) fue en aumento, en respuesta a lo cual el cultivo priorizó el llenado de los frutos ya formados para garantizar un rendimiento mínimo.

El rendimiento del cultivo de maní resultó, en todos los casos y para las condiciones analizadas en este trabajo, limitado por los destinos reproductivos. No se encontraron diferencias relativas al grado de indeterminación, porte y patrón de ramificación de los genotipos analizados. Tampoco se observaron variaciones en la relación fuente-destino provocadas por la fecha de siembra, longitud del ciclo de los cultivares y tratamientos de sombreo durante el periodo de definición del número de frutos.

A su vez, se confirmó la existencia de una diferencia en la distribución de la biomasa vegetativa y reproductiva entre genotipos de distinto patrón de ramificación, hábito de crecimiento y porte, y que estas diferencias se dan entre tipos botánicos y no entre genotipos de igual porte y patrón de ramificación.

El análisis a nivel de ramificaciones reveló, por un lado, que los cultivares Granoleico y Utre, utilizados en este trabajo de tesis, se comportaron como genotipos representativos de los tipos *hypogaea* y *fastigiata*, respectivamente; y por otro que las ramas de mayor importancia, por su contribución al rendimiento de frutos en ambos tipos de maní, fueron las ramas primarias, tanto cotiledonares como las otras  $n+1$  y las  $n+2$  cot. Estas categorías también fueron las que presentaron los mayores valores de partición inicial y final tanto de biomasa vegetativa como reproductiva.

Además, este trabajo, puso en evidencia que las diferentes contribuciones de cada categoría de rama al rendimiento del cultivo, son debidas a los distintos periodos o ventanas de generación de los componentes directos, número y peso de frutos. Estos periodos varían entre genotipos representativos de los tipos botánicos de maní (Granoleico y Utre). Destacándose que las ramas de mayor contribución al rendimiento ( $n+1$  cot, otras  $n+1$  y  $n+2$  cot) tienen, en general, un inicio más temprano en el ciclo del cultivo, mayores tasas de aparición y crecimiento de frutos y mayor duración de esas ventanas, respecto a las ramas de menor importancia en la generación del rendimiento del cultivo. No obstante, no se encontraron diferencias en las condiciones ambientales (RFAi y temperatura media) a las que estuvo expuesto el cultivo durante los periodos de

generación del número y peso de frutos en las diferentes categorías de ramas, ya que esos periodos en las ramas de mayor importancia están solapados temporalmente.

Interesantemente, se encontró que existe un factor de partición ( $p$ ) diferencial entre las distintas categorías de ramas, que puede estar definido por el tamaño o fuerza de los destinos (número y peso de frutos) los que, a su vez, son mayores en las ramas que definen los componentes del rendimiento más temprano. Esto, les otorga una ventaja comparativa respecto a las ramas de desarrollo ontogénico posterior.

El estrés por sombreo afectó a la planta entera y a todas las categorías de ramificaciones de ambos cultivares, sin que se pudiese determinar un efecto diferencial sobre alguna categoría de rama en particular, tanto en la producción de biomasa total como en la partición final a frutos. Dicho estrés, tampoco modificó la jerarquía de cada tipo de rama en la contribución relativa al rendimiento, la que se mantuvo estable según el porte y patrón de ramificación de cada tipo botánico en particular.

Contrariamente a lo esperado, todas las categorías de rama mostraron una limitación por destinos durante el periodo de formación de los componentes numéricos del rendimiento, número y peso de los frutos, al igual que lo observado para la planta entera. Por otro lado, no se encontraron diferencias relativas al grado de indeterminación, porte y patrón de ramificación de los genotipos analizados.

### Consideraciones Finales

Los resultados de esta tesis brindan nuevos aportes al conocimiento de la partición de biomasa en el cultivo de maní, con un marcado énfasis en las diferentes categorías de ramas que configuran la arquitectura de la planta. La estabilidad de respuesta estable de la partición de biomasa a las diferentes categorías de ramas encontrada para un amplio rango de genotipos evaluados y de condiciones ambientales (fechas de siembra, ciclos experimentales y tratamientos de sombreo) generadas en este trabajo, confirman una fuerte regulación genética en la distribución o partición de la biomasa producida entre las diferentes categorías de ramas.

Esto resulta, por un lado, en un aporte significativo a la búsqueda de mayores rendimientos del cultivo mediante el mejoramiento genético a través de modificaciones de la arquitectura de la planta, en donde se priorice el crecimiento de aquellas ramas de mayor importancia relativa en la contribución al rendimiento final del cultivo, a expensas de un menor crecimiento de las ramas de desarrollo espacial (más alejadas del suelo) y temporal (más tardías) menos beneficioso para el rendimiento de frutos.

Así mismo, la marcada limitación por destinos reproductivos abre otra posibilidad de aumentar el rendimiento del cultivo mediante el aumento de la fuerza de estos destinos. Es decir, poder incrementar la cantidad de estructuras (número y peso de frutos que lleguen a la condición de maduros) y la eficiencia reproductiva del cultivo, aún en detrimento de la capacidad de la fuente de fotoasimilados (biomasa vegetativa).

Estos nuevos conocimientos, generan también la posibilidad de ajustar prácticas de manejo agronómico tales como el arreglo espacial procurando que la competencia intraespecífica reduzca el número de las ramificaciones de orden superior (otras  $n+2$  y  $n+3$  cot) y la longitud de las ramificaciones de mayor impacto en el rendimiento de frutos. Orientan, además, sobre el ajuste de la técnica de uso de reguladores de crecimiento (*e.g.* Paclobutrazol; 2,4-DB) que limitan la producción de biomasa vegetativa favoreciendo los órganos reproductivos fijados. Ambas prácticas de manejo del cultivo producirían un aumento del número y tamaño de frutos maduros, del rendimiento y de la calidad comercial (granometría) del cultivo de maní.

Aún quedan interrogantes pendientes de resolver que surgen de haber realizado este estudio de tesis. Especialmente aquéllos orientados a la posibilidad de lograr modificaciones en (i) la arquitectura de la planta, mediante mejoramiento genético, estudiando su heredabilidad, y (ii) del cultivo con arreglos espaciales y sus efectos sobre la arquitectura de la planta.

En este trabajo se corroboró que la formación de frutos en maní es un proceso complejo. El desarrollo de dichos frutos depende de la posición del nudo reproductivo sobre la planta y del momento en que se produzca la fecundación. Por lo que futuros trabajos de investigación pueden estar orientados a evaluar como la edad y posición del fruto en formación regulan el flujo de asimilados para su crecimiento a través de relaciones de jerarquía entre ellos y según la dinámica temporal de la relación fuente-

destino. Como así también, la caracterización de la competencia por asimilados entre frutos que crecen en condiciones similares (en un mismo nudo reproductivo) y/o el efecto de estos frutos sobre otros en la misma inflorescencia, o entre diferentes nudos reproductivos dentro de una misma categoría de rama.



# Capítulo VIII

## CAPÍTULO VIII

### BIBLIOGRAFIA

- Aboagye, I. M., Isoda, A., Nojima, H., Takasaki, Y., Yoshimura, T., and T. Ishikawa. (1994). Plant Type and Dry Matter Production in Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Cultivars: I. Varietal differences in dry matter production. *Japanese Journal of Crop Science*, 63(2), 289-297.
- Ahmad N., M. Rahim and U. Khan. (2007). Evaluation of various sowings dates for groundnut varieties under agro-ecological conditions of Malakand division. *Gomal University Journal of Research*, 23 (2), 1-4.
- Alkio, M., Schubert, A., Diepenbrock, W., and E. Grimm. (2003). Effect of source-sink ratio on seed set and filling in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant, Cell & Environment*, 26(10), 1609-1619.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and M. Smith. (1998). Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper 56*, Rome.
- Amir, J. (1969). A Study on the Reproductive Stage of the Groundnut (*Arachis hypogaea* L.), Induction of pod setting in the upper-nodal gynophores. *Annals of Botany*, 33(2), 333-338.
- Andersen, P. C. and D. W. Gorbet. (2002). Influence of year and planting date on fatty acid chemistry of high oleic acid and normal peanut genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(5), 1298-1305.
- Andrade, F. H. and M. A. Ferreiro. (1996). Reproductive growth of maize, sunflower and soybean at different source levels during grain filling. *Field Crops Research*, 48(2), 155-165.
- Awal M.A. and T. Ikeda. (2003a). Controlling canopy formation, flowering, and yield in field-grown stands of peanut (*Arachis hypogaea* L.) with ambient and regulated soil temperature. *Field Crops Res.* 81: 121-132.
- Awal, M. A., and Ikeda, T. (2003b). Effect of elevated soil temperature on radiation-use efficiency in peanut stands. *Agricultural and forest meteorology*, 118(1), 63-74.
- Bagnall, D. J., and R. W. King. (1991). Response of peanut (*Arachis hypogaea*) to temperature, photoperiod and irradiance 1. Effect on flowering. *Field Crops Research*, 26(3), 263-277.

- Ball, S.T. (1981). *Physiological basis for yield differences in peanuts (Arachis hypogaea L.)*. M.S. thesis. North Carolina State Univ. Raleigh. EUA.
- Barbour, J. C., Bridges, D. C., and D. S. NeSmith. (1994). Peanut acclimation to simulated shading by weeds. *Agronomy journal*, 86(5), 874-880.
- Baydar H. (1992). *Some agronomic and quality characters of peanut (Arachis hypogaea L.) cultivars*. Master Thesis. Institute of Natural Science. Ankara Üni. Turquía.
- Bell M. J., R. Shorter and R. Mayer. (1991). Cultivar and environmental effects on growth and development of peanuts (*Arachis hypogaea* L.). II. Reproductive development. *Field Crops Research*, 27(1-2): 35-49.
- Bell, M. J. (1986). Effect of sowing date on growth and development of irrigated peanuts (*Arachis hypogaea* L. cv. Early Bunch) in a monsoonal tropical environment. *Australian Journal of Agricultural Research*. 37(4) 361 - 373.
- Bell, M. J. and G. C. Wright. (1998). Groundnut growth and development in contrasting environment. 2. Heat unit accumulation and Photo-Thermal effects on Harvest Index. *Expl. Agric.* 34(1): 113-124 .
- Bell, M. J., Wright, G. C., and Harch, G. R. (1993a). Environmental and agronomic effects on the growth of four peanut cultivars in a sub-tropical environment. I. Dry matter accumulation and radiation use efficiency. *Experimental agriculture*, 29(04), 473-490.
- Bell, M. J., Wright, G. D. and G. Harch. (1993b). Environmental and Agronomic Effects of four Peanut Cultivars in a Sub-Tropical Environment. II. Dry Matter Partitioning. *Expl. Agric.* 29: 491-501.
- Bell, M. J., Wright, G. C., and Hammer, G. L. (1992). Night temperature affects radiation-use efficiency in peanut. *Crop Science*, 32(6), 1329-1335.
- Bertin, N. (1995). Competition for assimilates and fruit position affect fruit set in indeterminate greenhouse tomato. *Annals of botany*, 75(1), 55-65.
- Bodega, J. L., Dios, M. A. D., y M. M. Pereyra Iraola. (2010). Alpiste: Efectos de sombreos antes y después de anthesis sobre el rendimiento de granos y sus componentes. *Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires*, 30 (3) 137-149.
- Boote, K. J. (1982). Growth Stages of Peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Peanut Science*. 9(1): 35-40.
- Borrás, L., Slafer, G. A., and M. E. Otegui. (2004). Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research*, 86(2), 131-146.

- Bunting A. H. and J. Elston. (1980). Ecophysiology of growth and adaptation in groundnut: an essay on structure, partition and adaptation. In: Summerfield, R.J.; Bunting, A.H. *Advances in legume science*. pp. 495-500
- Caliskan S., M.E. Caliskana, M. Arslan and H. Arioglu. (2008). Effects of sowing date and growth duration on growth and yield of groundnut in a Mediterranean-type environment in Turkey. *Field Crops Research*. 105, 131-140.
- Cámara Argentina de Maní. (2013). Outlook del cluster manisero Argentino. En: <http://www.camaradelmani.com.ar/es/cluster-produccion.php> Consultado en julio de 2013.
- Canavar O. and M. A. Kaynak. (2010). Effect of different planting dates on yield and yield components of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Turk J Agric For*. 32: 521-528.
- Cantagallo, J. E., Medan, D., and A. J. Hall. (2004). Grain number in sunflower as affected by shading during floret growth, anthesis and grain setting. *Field Crops Research*. 85(2), 191-202.
- Carcova J. Abeledo L. G. y M. Lopez Pereira. (2003). Análisis de la generación del rendimiento: Crecimiento, Partición y Componentes. En: Satorre, E. *et al.*, *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Ed. Facultad de Agronomía-UBA. Cap. 6:75- 101.
- Casini C., Martínez M. J., Dardanelli J., Balzarini M., Borgogno C., Nassetta M., Silva C. y D. Avalis. (2002). Características del maní Argentino. *Idia XXI*. II (3): 160-168.
- Cattan, P., and A. Fleury. (1998). Flower production and growth in groundnut plants. *European journal of agronomy*, 8(1), 13-27.
- Caudana, G. D. (2006). Efecto del estrés hídrico sobre el número, peso, tasa de crecimiento y relación grano/caja de frutos de maní. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Río Cuarto, Cordoba, Argentina.
- Cerioni G. A. (2003). Déficit hídrico en las etapas reproductivas del maní (*Arachis hypogaea* L.), su influencia sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad. *Tesis MSc. FAV-Universidad Nacional de Río Cuarto*. Río Cuarto, Cordoba, Argentina.
- Cerioni G. A. R. M. Baliña, D. R. Toniotti, O. Giayetto y E. M. Fernandez. (2007). Inoculación de maní aplicada en el surco. Biomasa, componentes del rendimiento y calidad. *XXII Jornada Nacional de Maní, 1er Simposio de Maní en el MERCOSUR*. General Cabrera, Córdoba (AR): CIA - INTA. p: 52-53.
- Cerrudo, A., Di Matteo, J., Fernandez, E., Robles, M., Pico, L. O., and F. H. Andrade. (2013). Yield components of maize as affected by short shading periods and thinning. *Crop and Pasture Science*, 64(6), 580-587.

- Chandrika, V., Parameswari, P., and G. Sreenivas. (2008). Effect of sowing time and rainfall distribution on yield of rainfed groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in southern agro-climatic zone of Andhra Pradesh. *Legume Research-An International Journal*, 31(1), 54-56.
- Chialvo C., R. Sandrini, A. Moresi y J. Soave (2006). Influencia de la fecha de siembra y de la madurez en los contenidos de ácido oleico y linoleico en maníes de alto Oleico. XXI Jornada Nacional del Maní, Gral. Cabrera (Córdoba), p.40-42.
- Cholaky, L.; Giayetto, O.; Fernández, E.; y E. Asnal. (1998). Análisis de crecimiento de maní (*Arachis hypogaea* L.) tipos Valencia, Español y Virginia. *Revista Universidad Nacional de Río Cuarto* 18: 5-23.
- Choudhari, S. D., Udaykumar, M. and K.S.K. Sastry. (1985). Physiology of bunch groundnuts (*Arachis hypogaea* L.). *The Journal of Agricultural Science*. 104(02): 309-315.
- Cirilo A. G. and F. H. Andrade. (1994). Sowing Date and Maize Productivity: I. Crop Growth and Dry Matter Partitioning. *Crop Sci.* 34:1039-1043.
- Collino, D. J., Dardanelli, J. L., Sereno, R., and R. W. Racca. (2000). Physiological responses of argentine peanut varieties to water stress. Water uptake and water use efficiency. *Field Crops Research*, 68 (2), 133-142.
- Collino, D. J., Dardanelli, J. L., Sereno, R., and R. W. Racca. (2001). Physiological responses of argentine peanut varieties to water stress: Light interception, radiation use efficiency and partitioning of assimilates. *Field Crops Research*, 70 (3), 177-184.
- Cox, F. R. (1979). Effect of Temperature Treatment on Peanut Vegetative and Fruit Growth. *Peanut Science*, 6 (1), 14-17.
- Craufurd, P.Q., P.V.V. Prasad and R.J. Summerfield. (2002). Dry matter production and rate of change of harvest index at high temperature in peanut. *Crop Sci.*, 42: 146-151.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., González, L. A., Tablada, E. M., Díaz, M. D. P., Robledo, C. W., y M. G. Balzarini. (2005). *Estadística para las ciencias agropecuarias*. Sexta Edición. Editorial Brujas. Córdoba, Argentina. 340 p.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión (2014). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URI. <http://www.infostat.com.ar>
- dos Santos, R. C., de Albuquerque Melo Filho, P., de Brito, S. D. F. M., y J. de Sousa Moraes. (1997). Fenología de genótipos de amendoim dos tipos botânicos Valência e Virgínia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32(6), 607-612.

- Duncan, W.G., D.E. McCloud, R.L. McGraw, and K.J. Boote. (1978). Physiological aspects of peanut yield improvement. *Crop Sci.*18:1015–1020.
- Dwivedi, S.L., Bertioli, D.J., Crouch, J.H., Valls, J.F., Upadhyaya, H.D., Favero, A., Moretzsohn, M. and A.H. Paterson. (2007). Peanut. In: C. Kole (Ed.), *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants*, Vol. 2, Oilseeds. pp. 115–151. Springer, Berlin, Germany.
- Egli, D. B. (1997). Cultivar maturity and response of soybean to shade stress during seed filling. *Field Crops Research*, 52(1), 1-8.
- Egli, D. B. and W. P. Bruening. (2001). Source-sink relationships, seed sucrose levels and seed growth rates in soybean. *Annals of Botany*, 88(2), 235-242.
- Egli, D. B., and W. P. Bruening. (2005). Shade and temporal distribution of pod production and pod set in soybean. *Crop science*, 45(5), 1764-1769.
- Endan, J. B., Young, J. H., and M. A. Awal. (2006). Effect of hand defoliation on peanut growth. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5(2), 281-286.
- Fernandez, E.M., O. Giayetto y L. Cholaky Sobari. (2006). Crecimiento y Desarrollo. En: Fernandez, E.M. y O. Giayetto. *El cultivo de maní en Córdoba*. Capítulo IV. p: 73-88. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Fernandez, E.M.; Cerioni, G.A.; Giayetto, O.; Birri, M.; Peiretti, E.G.; y M.A. Ibañez. (2009). Evaluación de nuevos genotipos de maní. XXIV Jornada Nacional de Maní, General Cabrera, Córdoba (AR): CIA - INTA. 62 p.
- Fischer R.A. (1975). Yield potential in dwarf spring wheat and the effect of shading. *Crop Science*, 15, 607–613.
- Gambín, B. L., and L. Borrás. (2010). Resource distribution and the trade-off between seed number and seed weight: a comparison across crop species. *Annals of Applied Biology*, 156(1). 91-102.
- Gambín, B. L., Borrás, L., and M. E. Otegui. (2006). Source–sink relations and kernel weight differences in maize temperate hybrids. *Field crops research*, 95(2), 316-326.
- Garnier, E., Shipley, B., Roumet, C., and G. Laurent. (2001). A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. *Functional Ecology*, 15(5), 688-695.
- Ghosh, A. K., and A. K. Biswas. (1995). Regulation of Correlative Senescence in *Arachis hypogaea* L. by Source-Sink Alteration through Physical and Hormonal Means. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 175 (3), 195-202.



- Giambastiani G. (2000). Rendimiento de dos cultivares de maní de distinto ciclo en diferentes épocas de siembra. XV Jornada Nacional de maní. Gral Cabrera – Córdoba. Pag 56.
- Giandana, E.H.. (2006). Mejoramiento Genético. In: Fernandez, E.M., Giayetto, O. (Eds.), *El cultivo de maní en Córdoba*. pp. 37–48. Publicaciones de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina.
- Giayetto O., E. M. Fernandez y G. A. Cerioni. (2006). Fechas y modelos de siembra. En: *El Cultivo de maní en Córdoba*. Fernandez y Giayetto. Ed. 280p. Publicaciones de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina.
- Giayetto O., E. M. Fernandez, G. A. Cerioni, F. D. Morla, M. B. Rosso, M. I. T. Kearney, y M. G. Violante. (2012). Cambios en el rendimiento y la calidad comercial de dos cultivares de maní debido a variaciones de la fecha de siembra, temperatura y radiación. *Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales*. 3: 237 - 243.
- Giayetto, O., Fernandez, E. M., Bessone, A. y Cerioni, G. A. (2007). Patrones de ramificación, crecimiento de frutos y calidad de genotipos de maní. In XXII Jornada Nacional de Maní, 1er Simposio de Maní en el MERCOSUR. General Cabrera, Córdoba.
- Gifford, R.M., and L.T. Evans. (1981). Photosynthesis, carbon partitioning, and yield. *Annual Review of Plant Physiology*, 32(1), 485-509.
- Hang, A. N., McCloud, D. E., Boote, K. J., and W. G. Duncan. (1984). Shade effects on growth, partitioning, and yield components of peanuts. *Crop Science*, 24(1), 109-115.
- Hariprasanna, K.; Lal, Chuni; and T. Radhakrishnan. (2008). Relationship between flowering duration and physical-quality traits as well as pod yield in groundnut (*Arachis hypogaea*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 78(2): 180-182
- Haro, R.J., M.E. Otegui, D.J. Collino and J.L. Dardanelli. (2007a). Environmental effects on seed yield determination of irrigated peanut crops: Links with radiation use efficiency and crop growth rate. *Field Crops Research*, 103(3): 217-228.
- Haro R.H., C. Macedo, L. Gastaldi y C. Casini. (2007b). Efecto de labranza, cultivos antecesores y fechas de siembra sobre la producción y calidad de grano de maní. XXII Jornada Nacional del maní, Gral Cabrera. Córdoba. 20/09/07, pag 54-56.
- Haro, R. J., Dardanelli, J. L., Otegui, M. E., and D.J. Collino. (2008). Seed yield determination of peanut crops under water deficit: soil strength effects on pod set, the source–sink ratio and radiation use efficiency. *Field crops research*, 109(1), 24-33.

- Haro, R. J., Dardanelli, J. L., Collino, D. J., and M. E. Otegui. (2010). Water deficit and impaired pegging effects on peanut seed yield: links with water and photosynthetically active radiation use efficiencies. *Crop and Pasture Science*, 61(5), 343-352.
- Haro, R.J., Baldessari, J. and M.E. Otegui. (2013). Genetic improvement of peanut in Argentina between 1948 and 2004: Seed yield and its components. *Field Crops Research*, 149, 76-86.
- Hemsey V., E. L. Rodríguez, J. Scandaliaris, H. Lozano Muñoz, y J. A. Cajal. (1974). Posibilidad de aumentar la producción de maní (*Arachis hypogaea*L.) controlando la floración. *Rev. Agron. N.O. Argent.*, XI (3-4), 163-178.
- Heuvelink, E. (1997). Effect of fruit load on dry matter partitioning in tomato. *Scientia Horticulturae*, 69(1), 51-59.
- Hudgens R. E. and D. E. McCloud. (1975). Effects of low light intensity on flowering, yield and kernel size of Florunner peanut. *Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc.*, 34 (1975), pp. 176-178
- Huyghe, C. (1998). Genetics and genetic modifications of plant architecture in grain legumes: a review. *Agronomie*, 18(5-6), 383-411.
- Jadhav, B. B., and V. K. Sengupta. (1991). Effect of light stress on peanut productivity. *Ann. Pl. Physiol*, 5(2), 194-201.
- Jadhav, B. B. (1992). Effect of light intensity on physiological and yield of peanut. *Ann Plant Physiol*. 6(2); 242-247.
- Jadhav, B. B., Sengupta, U. K., and A. Sharma. (1993). Effect of light intensity on translocation of assimilates in peanut. *Indian Journal of Plant Physiology*. 36(2): 128-130.
- Jeuffroy, M. H. and B. Ney. (1997). Crop physiology and productivity. *Field Crops Research*, 53(1), 3-16.
- Jones, J. W., Barfield, C. S., Boote, K. J., Smerage, G. H., and J. Mangold. (1982). Photosynthetic recovery of peanuts to defoliation at various growth stages. *Crop Science*, 22(4), 741-746.
- Kane, M. V., and Grabau, L. J. (1992). Early planted, early maturing soybean cropping system: Growth, development, and yield. *Agronomy journal*, 84(5), 769-773.
- Khalfaoui, K. L. (1990). Study of precocity components in groundnut. *Oleagineux*, 45(2), 81-87.

- Kiniry, J.R.; C.E. Simpson, A.M. Schubert and J.D. Reed. (2005). Peanut leaf area index, light interception, radiation use efficiency, and harvest index at three sites in Texas. *Field Crop Research*, 91: 297-306.
- Kigel, J., Konsens, I., and M. Ofir. (1991). Branching, flowering and pod-set patterns in snap-bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by temperature. *Canadian Journal of Plant Science*, 71(4), 1233-1242.
- Koester, R. P., Skoneczka, J. A., Cary, T. R., Diers, B. W., and E. A. Ainswort. (2014). Historical gains in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seed yield are driven by linear increases in light interception, energy conversion, and partitioning efficiencies. *Journal of experimental botany*, 65(12), 3311-3321.
- Krapovickas, A. y W.C. Gregory. (1994). Taxonomía del género *Arachis* (Leguminosae). *Bonplandia* 8, 1-186.
- Kraus A. T., M. A. Grosso, S. C. Basconsuelo y C. A. Bianco. (1996). Growth forms of *Arachis hypogaea* L. *Flora*, 191: 221-229.
- Kumar, U., Singh, P., and K. J. Boote. (2012). Effect of Climate Change Factors on Processes of Crop Growth and Development and Yield of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Advances in Agronomy*, 116, 41-69.
- Kumar, S., and A. Kumar. (2013). Production potential of various Spanish and Virginia groundnut (*Arachis hypogaea*) cultivars in mid-western plains of Uttar Pradesh. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 69(7): 519-520.
- Lanier, J. E., Jordan, D. L., Spears, J. F., Wells, R., Johnson, P. D., Barnes, J. S., Hurt, C.A., Brandenburg, R.L. and J. E. Bailey. (2004). Peanut response to planting pattern, row spacing, and irrigation. *Agronomy journal*, 96 (4), 1066-1072.
- Leong, S.K., and C.K. Ong. (1983). The influence of temperature and soil water deficit on the development and morphology of peanuts (*Arachis hypogaea* L.). *J. Exp. Bot.* 34:1551-1561.
- Marcelis, L. F. M. (1996). Sink strength as a determinant of dry matter partitioning in the whole plant. *Journal of Experimental Botany*, 47(Special Issue), 1281-1291.
- Monteith, J. L. (1972). Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of applied ecology*, 9 (3), 747-766.
- Monteith J. L. (1990). Conservative behaviour in the response of crop to water and light. In *Theoretical Production Ecology: Reflections and Prospects* (Eds R. Rabbinge, J. Goudriaan, H van Keulen F.W.T. Penning de Vries & H.H. Van Laar), Wageningen. The Netherlands: PUDOC. pp. 3-16.

- Mozingo R.W., Coffelt T.A., and F.S. Wright. (1991). The Influence of Planting and Digging Dates on Yield, Value, and Grade of Four Virginia-type Peanut Cultivars. *Peanut Science*, 18: 55-62.
- Munier-Jolain, N. M., Ney, B., and C. Duthion. (1996). Analysis of Branching in Spring-sown White Lupins (*Lupinus albus*L.): The Significance of the Number of Axillary Buds. *Annals of botany*, 77(2), 123-131.
- Nanja Reddy, Y. A., Udaya Kumar, M., Prasad, T. G., and S. C. Aswathnarayana. (1995). Flowering Behaviour and Yield Attributes of Alternate and Sequential Types of Groundnut in Relation to Date of Sowing. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 8(2): 210-213.
- Nautiyal, P. C., Ravindra, V., Rathnakumar, A. L., Ajay, B. C., and P. V. Zala. (2012). Genetic variations in photosynthetic rate, pod yield and yield components in Spanish groundnut cultivars during three cropping seasons. *Field Crops Research*, 125, 83-91.
- Nigam, S.R., R.C.N. Rao and J.C. Wynne. (1998). Effects of temperature and photoperiod on vegetative and reproductive growth of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *J. Argon. Crop. Sci.* 181: 117- 124.
- Ong, C. K. (1984). The influence of temperature and water deficits on the partitioning of dry matter in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Experimental Botany*, 35(5), 746-755.
- Ono, Y. and K. Ozaki. (1971a). Effects of shading treatment at early growth stage on growth and yield of peanut plants. In *Crop SciSoc Japan Proc.* 40(4), 480-485.
- Ono, Y. and K. Ozaki. (1971b). Studies on peg elongation of peanut plant. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan.* 40:486-490.
- Padmalatha, Y., S. Rami Reddy and T. Yellamanda Reddy. (2006). The relationship between weather parameters during developmental phase and fruit attributes and yield of peanut. *Peanut Science*, 33: 118–124.
- Pedelini R. (2014). Maní. Guía práctica para su cultivo. Boletín de Divulgación Técnica N° 2. 3° Edición. Ediciones INTA. 20 p.
- Peiretti E.G., Ibañez M.A., y E.M. Fernandez. (2011). Descripción de tres nuevos cultivares de maní (*Arachis hypogaea* L.) desarrollados en la UNRC.V Jornada Científico Técnica de la Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Río Cuarto, Córdoba.
- Peñaloza, E., y J. Diaz. (1997). Response of lentil (*Lens culinaris* Medik.) to artificial shading during the reproductive stage. *Agricultura Tecnica (Chile)* 57(1) 8:14.



- Phakamas, N., Patanothai, A., Jogloy, S., Pannangpetch, K., and G. Hoogenboom. (2008). Physiological determinants for pod yield of peanut lines. *Crop science*, 48(6), 2351-2360.
- Pilumwong, J., Senthong, C., Srichuwong, S., and K. T. Ingram. (2007). Effects of temperature and elevated CO<sub>2</sub> on shoot and root growth of Peanut (*Arachis hypogaea* (L.)) grown in controlled environment chambers. *Sci. Asia*, 33, 79-87.
- Prasad, P.V.V., P.Q. Craufurd and R.J. Summerfield. (2000). Effect of high air and soil temperature on dry matter production, pod yield and yield components of groundnut. *Plant and Soil*. 222: 231- 239.
- Prasad, P.V.V., K.J. Boote, L.H. Allen Jr. and J.M.G. Thomas. (2003). Super-optimal temperatures are detrimental to peanut (*Arachis hypogaea* L.) reproductive processes and yield at both ambient and elevated carbon dioxide. *Global Change Biology*, 9: 1775-1787.
- Prasad, P.V.V., Kakani, V. G., and H. D. Upadhyaya. (2010). Growth and production of groundnut. *UNESCO Encyclopedia*, 1-26.
- Prathima T., T. Yellamanda Reddy, K. M. Dakshina Murthy, T. Murali Krishna, K. Devaki, K. V. Naga Madhuri and P. Parameswari. (2012). Influence of sowing date and crop variety on phenology, Growth and yield of rainfed groundnut (*Arachis hypogaea* L.) In Southern zone of Andhra Pradesh, India. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*. 3(1): 26-39.
- Raes, D. (2009). Reference Manual - ETo calculator (Version 3.1). FAO Land and Water Division. 38 págs. Rome.
- Rao, L. J., and B. N. Mittra. (1988). Growth and yield of peanut as influenced by degree and duration of shading. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 160(4), 260-265.
- Reboyras, C. W. (2008). Estado hídrico del maní bajo condiciones hídricas sub-óptimas durante la fructificación. *Tesis de Grado*. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. 24p. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Rehman, A.U., Wells, R. and T. G. Isleib. (2001). Reproductive Allocation on Branches of Virginia-Type Peanut Cultivars Bred for Yield in North Carolina. *Crop Sci* 41: 72-77.
- Santos, R. B., and B. G. Sutton. (1982). Effect of defoliation on Virginia Bunch peanuts at Camden, NSW. *Crop and Pasture Science*, 33(6), 1037-1048.
- Santos, R. B., and B. G. Sutton. (1983). Effect of defoliation on reproductive development of the peanut. *Crop and Pasture Science*, 34(5), 527-535.

- Sardana V. and S.S. Kandhola. (2007). Productivity of semi-spreading and bunch type varieties of groundnut as influenced by sowing dates. *Journal of SAT Agricultural Research*, 5(1): 1-3.
- Seiler, R., Fabricius, R., Rotondo, V., Vinocur, M., y J. Bonacci. (1995). Agroclimatología de Río Cuarto 1974/1993. Vol I. Catedra de Agrometeorología-Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba, Argentina.
- Senoo, S., and A. Isoda. (2003). Effects of Paclobutrazol on Dry Matter Distribution and Yield in Peanut. *Plant production science*, 6(1), 90-94.
- Shashidhar V. R., Malathi Chari, T. G. Prasad and M. Udaya Kumar. (1986). A Physiological Analysis of the Branching Pattern in Sequential Types of Groundnut in Relation to the Fruiting Nodes and the Total Mature Pods Produced. *Ann Bot* 58(6): 801-807.
- Sholar, J. R., R. W. Mazingo y J. P. Beasley (1995). Peanut cultural practices. En: Patee, H.E. y H.T. Stalker 1995. *Advances in Peanut Science* APRES Stillwater-OK, USA Cap. 10, p. 354-418.
- SIIA. Sistema Integrado de Información Agropecuaria. (2015). Series temporales relacionadas a cultivos, ganadería y agrometeorología. En: <http://www.sii.gov.ar/>. Consultado el 15/03/2015.
- Smith C.C. and S.D. Fretwell. (1974). The optimal balance between size and number of offspring. *The American Naturalist*, 108, 499-506.
- Soave, J. H.; C. A. Bianco y T. A. Kraus. (2004). Descripción de dos nuevos cultivares de maní *Arachis hypogaea* subsp. *hypogaea* var. *hypogaea*. *Agriscientia*, XXI (2): 85-88.
- Stalker, H. T. (1997). Peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Field Crops Research* 53: 205-217.
- Stirling, C. M., Williams, J. H., Black, C. R., and C. K. Ong. (1990). The effect of timing of shade on development, dry matter production and light-use efficiency in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) under field conditions. *Crop and Pasture Science*, 41(4), 633-644.
- Talwar, H. S., Takeda H., Yashima, S., and T. Senboku. (1999). Growth and photosynthetic responses of groundnut genotypes to high temperature. *Crop Sci.* 39 (2), 460-466.
- Tanaka, W. and G. A. Maddonni. (2009). Maize Kernel Oil and Episodes of Shading during the Grain-Filling Period. *Crop Sci.* 49(6):2187-2197.
- Tillman, B. L., and H. T. Stalker. (2009). Peanut. In Vollmann, J., and I. Rajcan (eds.) *Handbook of plant breeding-oil crops*. Springer, New York, USA. p. 287-316.



- Uberto M. E. (2008). Adaptación de un modelo de simulación para el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.) en las condiciones edafoclimáticas de Río Cuarto. *Tesis MSc. FAV-UNRC*. 123p. Río Cuarto – Córdoba, Argentina.
- Unkovich, M., Baldock, J. and M. Forbes. (2010). Variability in Harvest Index of Grain Crops and Potential Significance for Carbon Accounting: Examples from Australian Agriculture. In *Advances in Agronomy*. Volume 105, 173-219.
- Upadhyaya, H. D., Ortiz, R., Bramel, P. J., and S. Singh. (2003). Development of a groundnut core collection using taxonomical, geographical and morphological descriptors. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 50(2), 139-148.
- USDA. (2015). Production, Supply and Distribution Online. En:<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx> Consultado en abril de 2015.
- Vega A. J. and A. J. Hall. (2002). Effects of Planting Date, Genotype, and Their Interactions on Sunflower Yield: I. Determinants of Oil-Corrected Grain Yield. *Crop Sci.* 42:1191–1201.
- Venable D. L. (1992). Size-number trade-offs and the variations of seed size with plant resource status. *The American Naturalist*, 140,287–304.
- Wiechers, D., Kahlen, K., and H. Stützel. (2011). Dry matter partitioning models for the simulation of individual fruit growth in greenhouse cucumber canopies. *Annals of botany*, 108(6), 1075-1084.
- Wilkerson, G. G., Jones, J. W., and S. L. Poe. (1984). Effect of defoliation on peanut plant growth. *Crop Science*, 24(3), 526-531.
- Williams, J. H., Wilson, J. H. H., and G. C. Bate. (1976). Influence of defoliation and pod removal on growth and dry matter distribution in groundnuts (*Arachis hypogaea* L. cv. makulu red). *Rhod J Agric Res.* 14(1), 111-117.
- Williams, J. H. (1979a). The influence of shading during the pre flowering phase of groundnuts (*Arachis hypogaea*) on subsequent growth and development. *Rhodesian Journal of Agricultural Research*, 17(1), 31-40.
- Williams, J. H. (1979b). The physiology of groundnuts (*Arachis hypogaea* L. cv. Egret). 3. The effect of thinning at different stages of development on reproductive growth and development. *Rhodesian journal of agricultural research*, 17 (1). pp. 57-62.
- Williams J. H. (1992). Concepts for the application of crop physiological models to crop breeding. In *Groundnut - A Global Perspective: Proceedings and International Workshop* (Ed. S.N. Nigam) ICRISAT. pp. 345-352. India
- Williams, J. H., (2000). The implications and applications of resource capture conceptsto crop improvement by plant breeding. *Agric. For. Meteorol.* 104, 49–58.

- Williams, L. E. (1996). Grape. In: *Photoassimilate distribution in plants and crops: source-sink relationships*. E. Zamski and A. A. Schaffer Eds. Marcel Dekker Inc. pp. 851-881.
- Wubs, A. M., Ma, Y., Heuvelink, E., and L. F. M. Marcelis. (2009). Genetic differences in fruit-set patterns are determined by differences in fruit sink strength and a source: sink threshold for fruit set. *Annals of botany*, 104(5), 957-964.