



Universidad de Concepción
Dirección de Postgrado
Facultad de Agronomía - Programa de Magíster en Ciencias
Agronómicas

**Influencia de la densidad poblacional y arreglo espacial
sobre el crecimiento y rendimiento de maní (*Arachis
hypogaea* L.) tipo Valencia en la Provincia de Ñuble**

Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias Agronómicas
mención en Producción Vegetal.

LUIS ALFREDO HENRÍQUEZ LEIVA
CHILLÁN-CHILE
2015

Profesor Guía: Dr. Nelson Zapata San Martín
Dpto. Producción Vegetal, Facultad de Agronomía
Universidad de Concepción

INFLUENCIA DE LA DENSIDAD POBLACIONAL Y ARREGLO ESPACIAL
SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE MANÍ (*ARACHIS HYPOGAEA*
L.) TIPO VALENCIA EN LA PROVINCIA DE ÑUBLE

Aprobada por:

Nelson Zapata San Martín
Ing. Agrónomo, Dr.

Profesor Guía

Maritza Tapia Vargas
Lic. en Biología, Mg. Cs., Ph. D

Evaluadora Interna

Alberto Pedreros Ledesma
Ing. Agrónomo, M. Sc., Ph. D.

Evaluador Interno

Inés Figueroa Cares
Ing. Agrónomo, Mg. Cs., Dr.

Directora de Programa



RECONOCIMIENTOS

La presente investigación fue financiada por Innova Bío-Bío, en el marco del proyecto “Dosis óptima de siembra para el cultivo de maní en la región del Biobío”, código: 12.229 - EM.TES. Convocatoria “Apoyo a la realización de tesis o trabajo profesional de educación superior de pre y post grado”.



TABLA DE CONTENIDOS

	Página
Resumen	1
Summary	2
Introducción	2
Materiales y Métodos	9
Resultados y Discusión	12
Conclusiones	34
Referencias	35
Apéndices	43



ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		Página
Figura 1	Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en la acumulación de materia seca total de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/12 y 2012/13.....	13
Figura 2	Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en la tasa de crecimiento relativa de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.....	14
Figura 3	Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en la tasa de crecimiento del cultivo de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.....	15
Figura 4	Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el área foliar de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.....	17
Figura 5	Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el índice de área foliar de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.....	18
Figura 6	Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en la partición de biomasa de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.....	19
Figura 7	Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el número total de estructura vegetativa y reproductiva de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.....	21
Figura 8	Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el porcentaje de semillas de distintos calibre de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/12 y 2012/13.....	29
Figura 9	Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el rendimiento de semillas de maní tipo Valencia según	

	densidad poblacional y dosis de semilla, establecido durante las temporadas 2011/12 y 2012/13.....	32
Figura 10	Efecto de la densidad poblacional según diferentes distancia entre hileras en el rendimiento de semillas de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/12 y 2012/13.....	33
Tabla 1	Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en la partición de biomasa al momento de la cosecha de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.....	20
Tabla 2	Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el número total de estructura vegetativa y reproductiva al momento de la cosecha de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.....	22
Tabla 3	Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el rendimiento de vainas de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/12 y 2012/13.....	26
Tabla 4	Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el rendimiento de semilla de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.....	27
Tabla 5	Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el índice de cosecha de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.....	27
Tabla 6	Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el peso de 1.000 semillas de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/12 y 2012/13.....	28
Tabla 7	Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras sobre la producción de semillas de distintos calibres de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/12 y 2012/13.....	28
Tabla 8	Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el peso seco del residuo no cosechable de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/12 y 2012/13.....	29

INFLUENCIA DE LA DENSIDAD POBLACIONAL Y ARREGLO ESPACIAL SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE MANÍ (*ARACHIS HYPOGAEA* L.) TIPO VALENCIA EN LA PROVINCIA DE ÑUBLE

INFLUENCE OF POPULATION DENSITY AND SPATIAL ARRANGEMENT ON GROWTH AND YIELD OF PEANUT (*ARACHIS HYPOGAEA* L.) TYPE VALENCIA IN ÑUBLE PROVINCE.

Palabras índice adicionales: leguminosas de grano, cultivo, competencia y distribución espacial.

RESUMEN

En Chile no se han realizado estudios sobre densidad poblacional en maní (*Arachis hypogaea* L.), por lo que las recomendaciones se basan más bien en experiencias de agricultores. Así, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la densidad poblacional y el arreglo espacial de las plantas sobre el crecimiento y productividad en maní tipo Valencia con hábito de crecimiento erecto. Se estableció un ensayo durante las temporadas 2011 – 2012 y 2012 – 2013 en la Estación Experimental “El Nogal” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción (36°35’S, 72°04’54O y 140 m.s.n.m). Se empleó un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones, donde la parcela principal correspondió a tres distancias entre hilera (DEH) (0,5, 0,6 y 0,7 m) y la subparcela correspondió a cuatro distancias sobre hilera (DSH) (0,05, 0,08, 0,11 y 0,14 m). En ambas temporadas una disminución de la distancia entre hilera o sobre hilera influyó negativamente en el crecimiento individual por planta disminuyendo la biomasa acumulada en un 12 % para la DEH y un 40 % para la DSH. De la misma manera, se afectó la tasa de crecimiento relativa, área foliar y número de estructuras. Sin embargo, un mayor número de plantas repercutió en una mayor productividad por unidad de superficie. La mejor DEH fue de 0,5 m ya que con una mayor distancia se estaría subutilizando el espacio, mientras que la mejor DSH fue 0,08 m ya que una menor distancia provocaría excesiva competencia entre

plantas, al utilizar este marco de plantación el rendimiento promedio de semillas y vainas fue de 4.515 y 2.604 kg ha⁻¹, respectivamente. La distancia entre hilera y sobre hilera no tuvo efecto en los parámetros de índice de cosecha, peso de semillas y calibre. La densidad óptima física y económica obtenida fue de 26 y 24 plantas m⁻², respectivamente.

ABSTRACT

There are no studies on population density in peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Chile, and the crop recommendations are based on farmer's experience. The objective of this study was to determine the population density and spatial arrangement of peanut plants on growth and yield of peanut Valencia type with erect growing. A experiments were performend during the 2011 - 2012 and 2012 - 2013 seasons at the "El Nogal" Experimental Station, Agronomy Faculty of the University of Concepción (36°35'S, 72°04'54W and 140 m), under a split-plot design with four replications. The main plot were three inter-row spacings (IRS) (0.5, 0.6 and 0.7 m) and the sub-plot were four intra-row spacing (IS) (0.05, 0.08, 0.11 and 0.14 m). A decrease in the inter-row spacings or intra-row spacing influenced negative growing per plant, reducing the accumulated biomass by 12 % for IRS and by 40 % for IS, in both seasons. The relative growth rate, leaf area and number of structures also were affected. However, a higher plant density increased productivity. The best IRS was 0.5 m while a greater distance would be underused space. The best IS was 0.08 m while a shorter distance would cause excessive peanut plant competition. Using these spacings planting (0.5 x 0.08 m) average pods and seed yield were 4,515 and 2,604 kg ha⁻¹, respectively. The interow spacing and interplant spacing had no effect on the harvest index, seeds weight and size seeds parameters. The optimum physical and economic density obtained was 26 to 24 plants m⁻², respectively.

INTRODUCCION

El maní (*Arachis hypogaea* L.) es una de las principales leguminosas de grano cultivadas en el mundo después del frejol y soya (Pereira *et al.*, 2008); también se

puede clasificar como un cultivo oleaginoso siendo el cuarto cultivo productor de aceite en el mundo (USDA, 2011). La semilla de maní es una importante fuente de aceite de consumo humano (43 - 55 %), proteínas (25 - 28 %), hidratos de carbono (10 - 20 %), minerales (fósforo, calcio, magnesio y potasio) y vitaminas (E, K y grupo B) (Savage y Keenan, 1994; Akcali *et al.*, 2006). Se utiliza principalmente para el consumo directo, en la industria de la confitería, para obtener aceite y también como una fuente de proteína en la alimentación animal. Además, la planta de maní puede ser aprovechada integralmente, puesto que su follaje se utiliza como forraje fresco o deshidratado (Pérez, 2007), al igual que las cáscaras debido a su alto contenido de fibra (Putnam *et al.*, 1991).

A nivel mundial la superficie cultivada de maní alcanza a 25,4 millones de hectáreas, con un rendimiento promedio de 1,79 t ha⁻¹ (FAO, 2013). Los mayores países productores de esta leguminosa a nivel mundial son China (17,0 millones de t), India (9,4 millones de t), Nigeria (3,0 millones de t) y E.U.A (1,9 millones de t) (FAO, 2013), que en conjunto representan el 70 % del mercado. A la vez, estos países son los principales consumidores, ya que utilizan el maní como materia prima para producir aceite y harina. Por otra parte, los mayores exportadores son China (0,75 millones de t), Argentina (0,54 millones de t) y E.U.A (0,34 millones de t), (USDA, 2010) que representan una proporción muy baja de la producción mundial (6 %) y a la vez representa el 87,1 % del maní que se exporta. Los mayores importadores de maní en el mundo son la Unión Europea (0,82 millones de t), Rusia (0,135 millones de t) y Japón (0,13 millones de t) (USDA, 2010). El maní no posee un precio de referencia internacional, por lo que se utilizan los precios CIF del puerto de Rotterdam (USDA, 2010). Este valor es muy volátil y depende de los principales países productores en materia de volumen como lo son China y Estados Unidos.

En Chile, la producción y la superficie cultivada de maní alcanzó el año 2007 a 51,6 t y 15 hectáreas respectivamente, obteniendo un rendimiento promedio de 3,5 t ha⁻¹ (INE, 2007). Chile importa anualmente 10.017 toneladas de maní sin cáscara y 96 toneladas de maní con cáscara (ODEPA, 2014). Esto indica que Chile se abastece en un 0,5 % de su requerimiento, siendo Argentina el principal

país abastecedor. El costo total de importación alcanza a 15,42 millones de dólares (ODEPA, 2014), lo que correspondería a 1,53 US\$ kg⁻¹. El consumo por persona se puede estimar en 0,6 kg año⁻¹. Por lo tanto existe una importante demanda nacional que no se cubre con la producción del país.

El centro de origen del maní se sitúa en Sudamérica, se cree que entre el noroeste de Argentina y el sur de Bolivia debido a la alta diversidad de variedades primitivas (Ferguson *et al.*, 2004; Krapovickas *et al.*, 2009). *A. hypogaea* es una especie alotetraploide ($2n=4x= 40$ cromosomas) con constitución genómica AABB (Smartt *et al.*, 1978). El género *Arachis* reúne unas 80 especies nativas en América del Sur, que comprende seis variedades reunidas en las subespecies *hypogaea* y *fastigiata*. La primera incluye las variedades *hypogaea* e *hirsuta*, en tanto la segunda incluye las variedades *fastigiata*, *vulgaris*, *peruviana* y *aequatoriana*. Esta clasificación taxonómica está basada en la presencia o ausencia de flores y ramas laterales sobre el eje central de la planta (Krapovickas y Gregory 1994).

A nivel comercial se distinguen cuatro tipos de maní: tipo Runner y tipo Virginia (*var. hypogaea*), tipo Español (*var. vulgaris*) y tipo Valencia (*var. fastigiata*) (Knauff *et al.*, 1987). Solo estas tres variedades son las más cultivadas en el mundo (Holbrook y Stalker, 2003). El maní tipo Valencia se caracteriza por la presencia de flores y ramas laterales secuenciales sobre el eje central de la planta, esto quiere decir que las ramillas laterales vegetativas y reproductivas se disponen de forma paralela y sucesiva. Además posee un comportamiento fenológico generalmente precoz, sin dormancia y hábito de crecimiento erecto (Ferguson *et al.*, 2004).

El maní es una planta anual, herbácea, cuyo sistema radical está formado por una raíz axonomorfa, concentrándose en los primeros 5 a 15 cm de profundidad (Bonadeo *et al.*, 2003). La mayoría de los cultivares de maní presentan asociación simbiótica con bacterias del género *Bradyrhizobium* (Ashley, 1984; Sprent, 1994), no existiendo especificidad de las cepas con el cultivar (Nambiar *et al.*, 1984). Las hojas son tetrafoliadas, de tamaño y tonalidad variable según la variedad y las condiciones ambientales. Las flores del maní se disponen en inflorescencias que

se desarrollan en los nudos reproductivos que se encuentran sobre las ramificaciones y/o tallo principal dependiendo de la variedad. La floración abarca el 80 % del periodo vegetativo traslapándose con la fructificación (Fernández *et al.*, 2006b). Una vez que ocurre la fecundación y por estímulo de la luz, se alarga el ginóforo, penetrando el suelo (Ziu y Zamaski, 1975). Para que el fruto se desarrolle, normalmente es necesario oscuridad, estímulo mecánico del medio, humedad y calcio. Según Pattee *et al.* (1974), debido a la floración indeterminada, al momento de la cosecha se encuentran frutos en diferentes estados de desarrollo.

El maní es un cultivo que crece desde la latitud 40° N hasta los 40° S y en Chile se encuentra en la Región de O'Higgins entre los 33° y los 34°S (Anónimo, 1982), pero actualmente hay antecedentes que indican que es posible establecerlo exitosamente hasta los 37° latitud sur (región del Biobío) con periodos vegetativos de ciclo corto considerando genotipos de 100 - 130 días (Vallejos, 2011). Esto lo podría transformar en una alternativa productiva interesante para los agricultores de la zona centro-sur de Chile, siendo la zona más austral del mundo donde se ha producido. El cultivo requiere temperaturas cálidas para su crecimiento y desarrollo (Bell *et al.*, 1994) con temperaturas óptimas de crecimiento de 25° C y para germinación de 14°C. No tolera las heladas por lo que en Chile se cultiva en el periodo de primavera-verano (Bascur, 2001). Para el desarrollo de los frutos, las plantas de maní requieren suelos livianos, de textura arenosa a franca arenosa, con bajo porcentaje de arcilla, blandos a friables y bien drenados.

El rendimiento de cualquier cultivo está determinado por la eficiencia con que la población de plantas utiliza los recursos ambientales disponibles para el crecimiento (Fernández *et al.*, 2006c). Importante es alcanzar un punto de equilibrio entre la oferta de los recursos y la interferencia intraespecífica, donde el rendimiento máximo se puede obtener sólo si las plantas producen suficiente área foliar para proporcionar la máxima interceptación de la radiación (Kruk y Satorre, 2003). Una de las prácticas de manejo que permite hacer uso eficiente de los recursos, es la densidad y la distribución espacial de las plantas por superficie (Fernández *et al.*, 2006c). La densidad es el número de plantas por unidad de área

y el arreglo espacial de las plantas es la distancia entre y sobre las hileras. La densidad de siembra es una de las prácticas de manejo que determina la capacidad del cultivo de interceptar recursos, afectando la captura y utilización de radiación, agua y nutrientes (Satorre, 1999). Está orientada para maximizar la utilización de éstos y reducir los efectos perjudiciales de factores abióticos y bióticos, en consecuencia, a aumentar el rendimiento y la calidad de los granos (Kruk y Satorre, 2003). A partir del momento en que las plantas empiezan a competir, el incremento de la densidad de plantas determina una reducción de las mismas. El distanciamiento entre hileras responde más a aspectos tecnológicos que biológicos, permitiendo una mayor captación de recursos por planta. La ventaja de la reducción del espaciamiento, es contribuir a anticipar el cierre de los entresurcos e incrementar la producción temprana de biomasa, mejorando así el aprovechamiento de la radiación solar y la competencia con malezas (Baigorri, 1997; Satorre, 1999; Cirilo, 2000a; Cirilo, 2000b; Vega y Andrade, 2000). La densidad de plantas y el arreglo espacial del maní son las principales limitantes para poder alcanzar el rendimiento potencial en seco y bajo riego (Bell *et al.*, 1991).

Modelos de distribución espacial de plantas aproximadamente cuadrados (0,35 x 0,30 m), han mostrado un efecto positivo sobre el crecimiento, en comparación a los modelos de distribución espacial rectangulares (0,70 x 0,15 m y 1,05 x 0,10 m), con igual densidad de plantas. Esto debido al incremento en la interceptación de la radiación en las etapas iniciales del crecimiento, impactando así en un ritmo de crecimiento relativo más elevado que se traduce en un aumento del rendimiento de frutos y semillas (Gardner y Auma, 1989). Además Jaaffar y Gardner (1988), señalan que el índice de área foliar, la tasa de crecimiento y el rendimiento de semillas aumentan en una distribución espacial de plantas aproximadamente cuadrada. Así, menores distancias entre hileras (0,46 x 0,15 m), en comparación con las distancias comúnmente usadas por los productores de E.U.A (0,91 x 0,08 m), implican un cierre anticipado de la canopia, un mayor índice de área foliar (IAF), mayor interceptación de la luz, aumento de la tasa de crecimiento del cultivo, de la materia seca total y del rendimiento.

La biomasa producida por unidad de área se incrementa con el aumento de la densidad, hasta aproximarse a un valor máximo, incrementando el área foliar y por ende la captación de los recursos hasta que el área foliar se maximiza (Kruk y Satorre, 2003). Paralelamente, la producción de biomasa por planta va disminuyendo, siendo la producción por unidad de área compensada por el mayor número de individuos. La densidad de plantas y la distribución espacial no modifican el desarrollo fenológico de maní, aunque sí afectan la acumulación de materia seca por planta (Giayetto *et al.*, 2003). Así, las densidades altas (0,30 x 0,06 m), producen una mayor acumulación de biomasa por superficie (Yayok, 1979; Giayetto *et al.*, 1995 a, b; 1998; 2003), pero una menor acumulación de biomasa aérea (hojas + tallos), de frutos y de superficie foliar por planta, en comparación con densidades recomendadas (0,70 x 0,08 m ó 0,70 x 0,12 m). Además expresan un incremento del índice de área foliar (IAF) (Giayetto *et al.*, 1998) y no afecta la distribución de materia seca en los diferentes órganos (Giayetto *et al.*, 1993; 1994; 1995 a, b; 1998; 2003). El mayor IAF, obtenido en siembras de mayor densidad poblacional, se relaciona en forma inversa con el tiempo requerido para alcanzar una cobertura del suelo igual o superior al 90 %, no influyendo la distancia entre plantas (Giayetto *et al.*, 1998). Por otra parte, el número de ramas por plantas disminuye con el aumento de la densidad (Yayok, 1979; Giayetto *et al.*, 1998). Así mismo, estudios han demostrado que el efecto sobre el peso de 100 semillas, depende de la densidad de población (Kvien y Bergmark, 1987; Giayetto *et al.*, 1994; Nakagawa *et al.*, 2000).

En Argentina se recomienda una densidad óptima de 25 a 30 plantas m⁻² a una distancia de 0,70 m entre hileras, para maní tipo Runner y Virginia, de crecimiento rastrero o decumbente, ya que densidades mayores no mejoran el rendimiento de frutos ni los ingresos económicos (Giayetto *et al.*, 2003; Pedelini, 2008). Sin embargo, la densidad de siembra puede reducirse cuando el cultivar utilizado y las condiciones de hábito de crecimiento son favorables para el crecimiento vegetativo (Tewolde *et al.*, 2002). Además, densidades menores son capaces de compensar el rendimiento, debido a la plasticidad de la planta. Sin

embargo, el grado de ajuste depende del ambiente, del hábito de crecimiento y de la precocidad de la variedad (Tewolde *et al.*, 2002).

Cahaner y Ashri (1974) estudiaron la respuesta a diferentes densidades de siembra de cultivares de maní tipo Virginia y concluyeron que al aumentar la densidad desde 7,6 a 15,2 plantas m^{-2} incrementó el crecimiento vegetativo, sin aumentar el rendimiento de las vainas. Bell *et al.* (1991) determinaron que la densidad óptima para el rendimiento de materia seca y de vainas en Australia fue de 6,5 a 7,5 plantas m^{-2} , para dos cultivares de maní tipo Virginia de hábito decumbente en comparación con las 22,5 plantas m^{-2} para el cultivar tipo Español de hábito de crecimiento erecto. En Argentina, el maní tipo Valencia se siembra a una distancia entre hileras de 0,70 m y considerando de 16 a 18 semillas por metros lineal, para obtener entre 13 a 15 plantas metro lineal (Fernández *et al.*, 2006c). Existen numerosos estudios sobre densidad poblacional, sin embargo pocos de ellos se relacionan a modelos matemáticos que permitan estimar la densidad de siembra óptima a partir de datos de producción del cultivo (Azam *et al.*, 1993).

En Chile, no se han realizado estudios sobre densidad poblacional y su impacto sobre el crecimiento y rendimiento del maní cultivado (tipo Valencia y Español), y las recomendaciones se basan más bien en lo que los propios agricultores utilizan, abarcando un rango amplio de distancias que varían entre 0,40 a 0,70 m entre hileras y 0,1 a 0,4 m sobre la hilera (Faiguenbaun, 1983; Anónimo, 1987 y Anónimo, 1995). Esto ha contribuido a que este rubro haya tenido un desarrollo lento. Si bien se ha investigado diferentes densidades a nivel mundial, con distintos arreglos espaciales, éstos se han orientado especialmente hacia maní tipo Runner y Virginia en Tanzania (Bunting y Anderson, 1960), en Zimbabwe (Williams, 1979), en Nigeria (Yayock, 1979), en E.U.A. (Duncan *et al.*, 1978; Tom y Weaver, 1981; Hang *et al.*, 1984), en Inglaterra (Leong y Ong, 1983; Ong, 1984), en Japón (Ono y Ozaky, 1974; Ono *et al.*, 1974) y en Argentina (Cholaky *et al.*, 1984). Sin embargo, los resultados no pueden ser aplicables en Chile debido a las variaciones genéticas y medio ambiente, por lo tanto se

necesitan estudios locales para validar las recomendaciones generales (Azam *et al.*, 1993).

Por lo antes indicado, el objetivo de este estudio fue determinar la influencia de la densidad poblacional y el arreglo espacial de las plantas sobre el crecimiento y productividad en maní tipo Valencia establecido en la Provincia de Ñuble.

MATERIALES Y MÉTODOS

Genotipos de maní

Se empleó semilla de maní tipo Valencia, denominado línea 20 la cual ha sido seleccionada en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción.

Ubicación geográfica de los ensayos

El ensayo se realizó durante dos temporadas agrícolas 2011 - 2012 y 2012 - 2013 en la Estación Experimental "El Nogal" de la Universidad de Concepción, ubicada en la Provincia de Ñuble, Región del Biobío (36°35'S, 72°04'54O y 140 m.s.n.m). El suelo del sitio experimental corresponde a la Serie Arrayán (medial, thermic Humic Haploxerands), con topografía plana y buen drenaje (Carrasco, 1998). El clima de esta localidad corresponde a mediterráneo temperado con temperaturas medias mínimas y medias máximas anuales de 6,9 y 20,2 °C, con un período libre de heladas de 5 - 6 meses y con una precipitación anual promedio de 1.200 mm (Del Pozo y Del Canto, 1999).

Establecimiento y manejo agronómico del cultivo

El suelo se preparó secuencialmente con arado de vertedera, rastra de discos y vibrocultivador. Las semillas se desinfectaron con fungicida e insecticida, Celest® XL 035 FS (Fludioxonilo 2,5 % i.a y Mefenoxam 1,0 % i.a) y Donau® 25 SC (Fipronil 25 % i.a) respectivamente, con una dosis de 2 mL kg⁻¹ de semilla de cada uno de los productos. En ambas temporadas, la siembra se realizó la primera semana de noviembre, donde se abrieron surcos manualmente con binador hasta 8 cm de profundidad. Luego y de acuerdo a los resultados del análisis químico de suelo se realizó una fertilización base en forma localizada en el surco de siembra, consistente en 250 kg ha⁻¹ de mezcla 9 - 41 - 12 (9 % N - 41 % P₂O₅ -12 % K₂O) y 130 kg ha⁻¹ de urea (46 % N), que correspondió al primer tercio de la fertilización

nitrogenada (Apéndice 1). Una vez aplicado el fertilizante se cubrió con una capa de suelo y sobre él se distribuyeron dos semillas por cada distancia deseada, es decir a 5, 8, 11, 14 cm, a una profundidad de 3 - 4 cm para todos los tratamientos. Para el control de malezas, luego de la siembra, se aplicó Spider® (Diclosulam 84 % i.a) en dosis de 30 g ha⁻¹, el cual se incorporó con un riego. Una vez emergidas las plántulas (20 días después de siembra), se raleó a la distancia deseada. Las posteriores parcializaciones de urea (260 kg ha⁻¹) se aplicaron equitativamente en prefloración y floración.

Durante todo el ciclo de crecimiento del cultivo, el ensayo se mantuvo libre de malezas mediante control químico de postemergencia. Para malezas de hoja ancha se utilizó Venceweed extra® EC (2,4 Diclorofenoxibutírico 93,1 % i.a) y Flex® SL (Fomesafen 21,7 % i.a) en dosis de 1 L ha⁻¹ y 0,5 L ha⁻¹, respectivamente; y para malezas hoja angosta se aplicó Centurion super® EC (Clethodim 12,5 % i.a) en dosis de 2 L ha⁻¹, además se complementó con control manual. A partir de diciembre de cada año y hasta comienzos de marzo se proporcionaron riegos por surco al cultivo con frecuencia semanal. Para facilitar la formación de frutos se efectuaron dos aporcadas durante el período de cultivo (mediados de diciembre y finales de enero). En ambas temporadas, la cosecha de los experimentos se efectuó de forma manual la última semana de marzo.

Densidad poblacional y arreglo espacial

El ensayo se estableció durante la primera semana de noviembre de 2011 y 2012, empleando para ello un diseño de parcelas divididas, donde la parcela principal correspondió a tres distancias entre hilera (DEH) (0,5, 0,6 y 0,7 m) y la subparcela corresponde a cuatro distancias sobre hilera (DSH) (0,05, 0,08, 0,011 y 0,14 m) (Apéndice 2 y 3). Cada unidad experimental constó de cuatro hileras de cinco metros de largo y cuatro repeticiones.

Evaluaciones de crecimiento

Durante el desarrollo del cultivo, a partir del quinto nudo y posteriormente cada 20 días se extrajeron dos plantas desde la hilera central de cada parcela, a las cuales se les determinó:

- 1.- Biomasa seca total de estructuras vegetativas y reproductivas. Se secó la raíz, tallos, hojas y vainas en estufa con circulación de aire forzado (72 horas a 65° Celsius) hasta peso constante, cada estructura separadas en bolsas de papel.
- 2.- Número de estructuras vegetativas y reproductivas. Se cuantificó el número de tallos, hojas y vainas para cada planta.
- 3.- Tasa de crecimiento relativa (TCR) mediante la siguiente fórmula $TCR = [(\ln P_2 - \ln P_1) / (t_2 - t_1)]$. Donde \ln corresponde al logaritmo natural, P es el peso seco y t es el tiempo (Williams *et al.*, 1975).
- 4.- Tasa de crecimiento del cultivo (TCC) mediante la siguiente fórmula $TCC = [(P_2 - P_1) / (t_2 - t_1)] \times (1/S)$. Donde S es la superficie de siembra por planta (Williams *et al.*, 1975).
- 5.- Área foliar (AF) se calculó mediante la metodología utilizada por Ma *et al.*, 1992 y Cerioni, 2003; la cual relaciona el peso seco de hojas y el área foliar de la planta, $AF = (137,08 \times PSH) + 1971,8$ ($R^2 = 0,98$). Donde $PSH =$ peso seco de hojas (g).
- 6.- Índice de área foliar (IAF) mediante la siguiente fórmula $IAF = [\text{Área Foliar} / S]$ (Cerioni, 2003).

Evaluaciones a cosecha

Al momento de cosecha se extrajeron las plantas en los 2 m lineales de las dos hileras centrales de cada parcela, para obtener:

- 1.- Peso seco de vainas. Los frutos cosechados se secaron en estufa con circulación de aire forzado (72 horas a 40°C).
- 2.- Peso seco de semillas. Las semillas se extrajeron manualmente de las vainas.
- 3.- Peso de 1.000 semillas. Para cada unidad experimental se pesaron 3 lotes de 1.000 semillas al azar y luego se determinó el promedio.
- 4.- Calibre de semillas. Las semillas se tamizaron en harneros con orificios circulares de 9,5; 8; y 6,5 mm (Fernández *et al.*, 2006a).
- 5.- Peso seco del residuo no cosechable (parte aérea + raíces). Se pesó el residuo fresco, luego se extrajo una muestra de 250 gramos la cual se utilizó para determinar el porcentaje de materia seca del residuo, posteriormente con este dato se calculó el peso seco del residuo.

6.- Índice de cosecha (IC) = [(Rendimiento de semilla) / (Materia seca total)].

Determinación de la densidad óptima

La relación entre el rendimiento del maní y la densidad de plantas, se ajustó a un modelo cuadrático ($y = ax^2 + bx + c$), donde x corresponde a la densidad poblacional (variable independiente) e y corresponde al rendimiento del cultivo (variable dependiente) (Giayetto *et al.*, 2003). La densidad óptima física (DOF) con la cual se obtiene el mayor rendimiento se calculó algebraicamente con la fórmula $DOF = [(-b)/(2a)]$, donde los parámetros a,b,c se determinaron con regresión cuadrática. Además, se determinó la densidad óptima económica (DOE), para esto la densidad poblacional se llevó a kilogramos de semillas, obteniendo una nueva ecuación cuadrática. La fórmula utilizada para el cálculo fue $DOE = [-(b - (Px/Py))/(2a)]$, donde Px: precio del kilogramo de semilla para la siembra y Py: precio de venta del grano obtenido a la cosecha. Para ello se consideró peso de 1.000 semillas de 661 g y un 85 % de emergencia.

Análisis de datos

Los datos obtenidos en los experimentos se sometieron a análisis de varianza (ANDEVA) y sus medias se compararon mediante el Test DMS ($P \leq 0,05$). Para el análisis de varianza se consideró como premisas: distribución normal y homogeneidad de varianzas. Cuando alguna de estas premisas no se cumplió, los datos se transformaron utilizando la función $\ln(x+1)$. Para el análisis de datos se empleó el programa estadístico Infostat (Balzarini *et al.*, 2008).

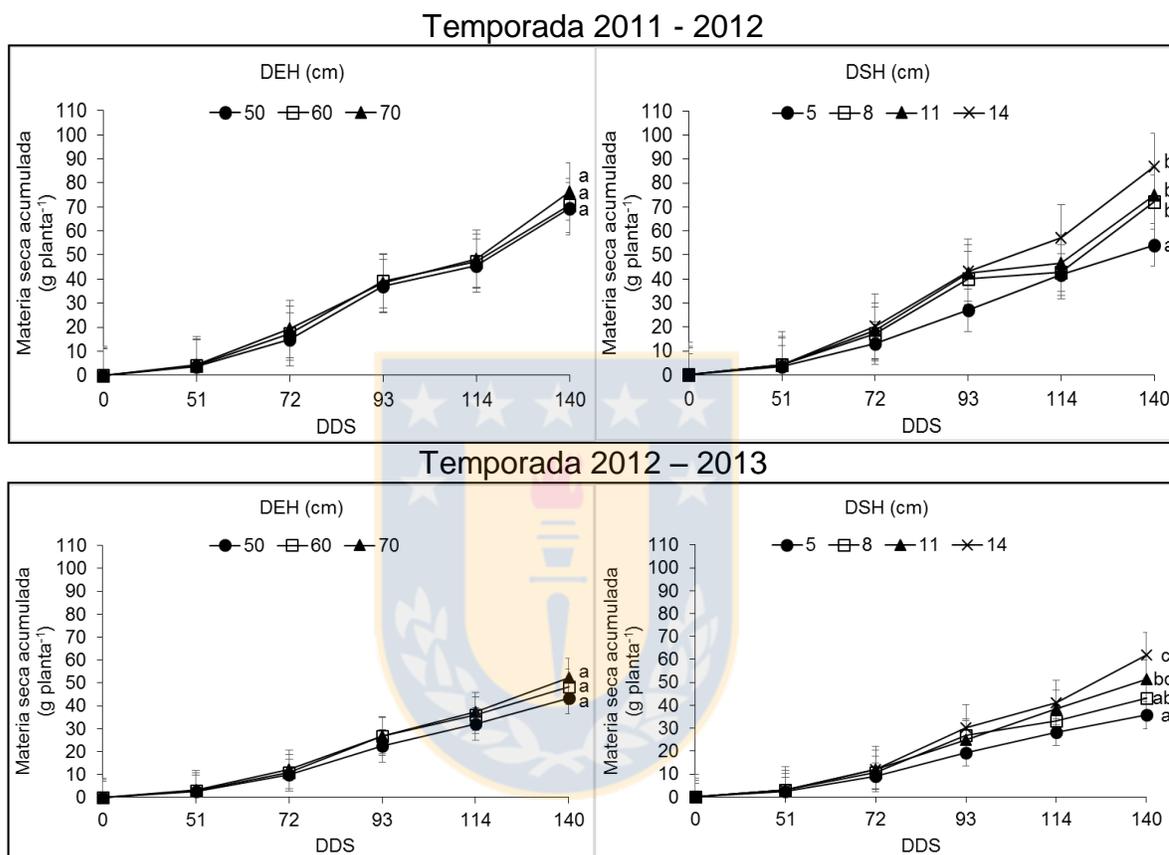
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluaciones de crecimiento del cultivo.

Materia seca acumulada por planta. La materia seca acumulada por planta, en ambas temporadas, se incrementó desde la siembra a la cosecha (140 DDS) (Figura 1). Una disminución de la DEH ó DSH tuvo un efecto negativo sobre el crecimiento individual de cada planta; esto comenzó a visualizarse a partir de los 72 DDS. Durante el desarrollo del cultivo, para esta variable no se encontró interacción entre la DEH y DSH, en ambas temporadas ($P > 0,05$). Al momento de

la cosecha, no se presentó diferencia significativa en las DEH, sin embargo, sí hubo diferencia significativa en las DSH ($P \leq 0,05$), en los dos años de estudio.

Figura 1. Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en la acumulación de materia seca total de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/12 y 2012/13.

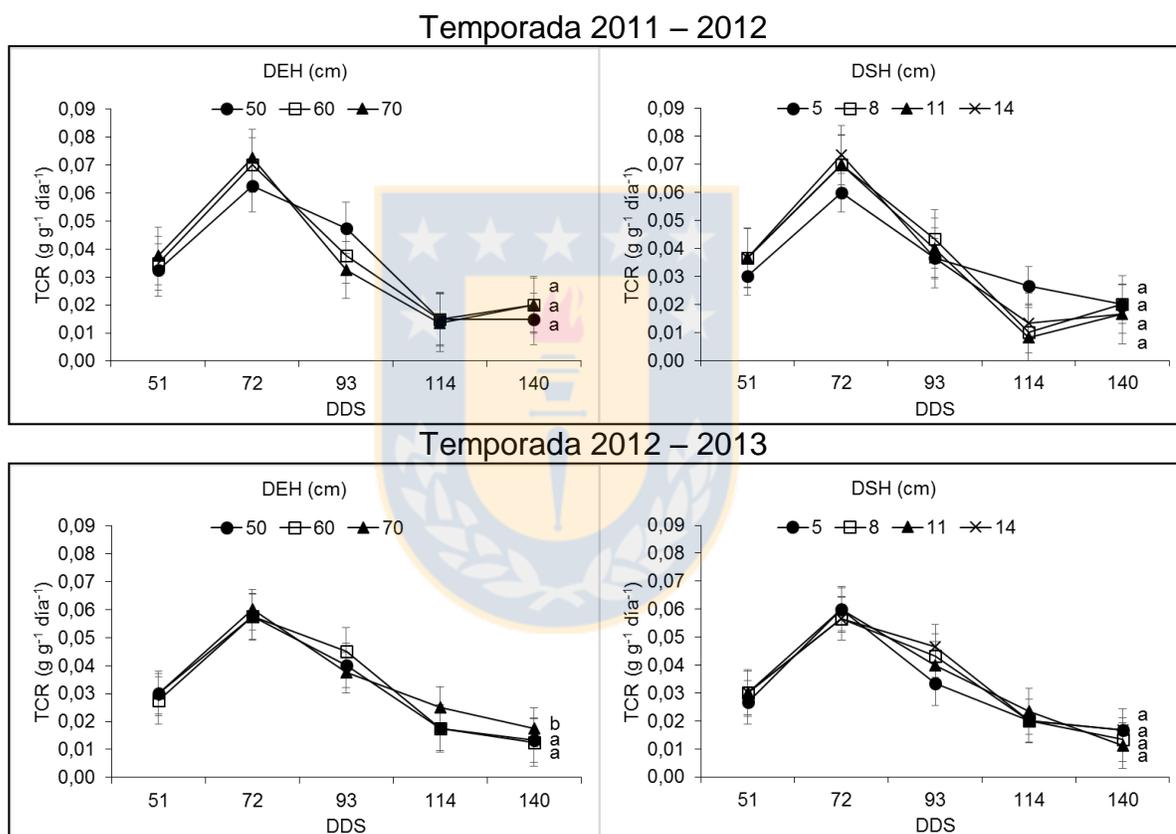


Donde: DEH; distancia entre hileras. DSH; distancia sobre hileras. DDS; días después de siembra. \pm Error estándar.

Así, al momento de la cosecha (140 DDS), las plantas distanciadas a 14 cm sobre hilera obtuvieron en promedio una acumulación de materia seca de 87 y 63,5 g planta⁻¹, para el primer y segundo año de estudio. Estos valores fueron significativamente superiores a la media obtenida por las plantas distanciadas a 5, 8 y 11 cm, con 54, 72 y 75 g planta⁻¹ en la primera temporada y 37, 43, 51 g planta⁻¹ en la segunda temporada. Estos valores representaron una diferencia con respecto a los valores máximos de materia seca acumulada de 38, 18, 14 % y 42,

32, 20 %, para los distintos años de investigación. Mientras que para las distintas DEH la biomasa acumulada varió de 69,2 a 76,3 y 54,6 a 68,2 g planta⁻¹, para el primer y segundo año, respectivamente. En general las plantas de la primera temporada acumularon en promedio mayor materia seca que en la segunda temporada.

Figura 2. Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en la tasa de crecimiento relativa de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.

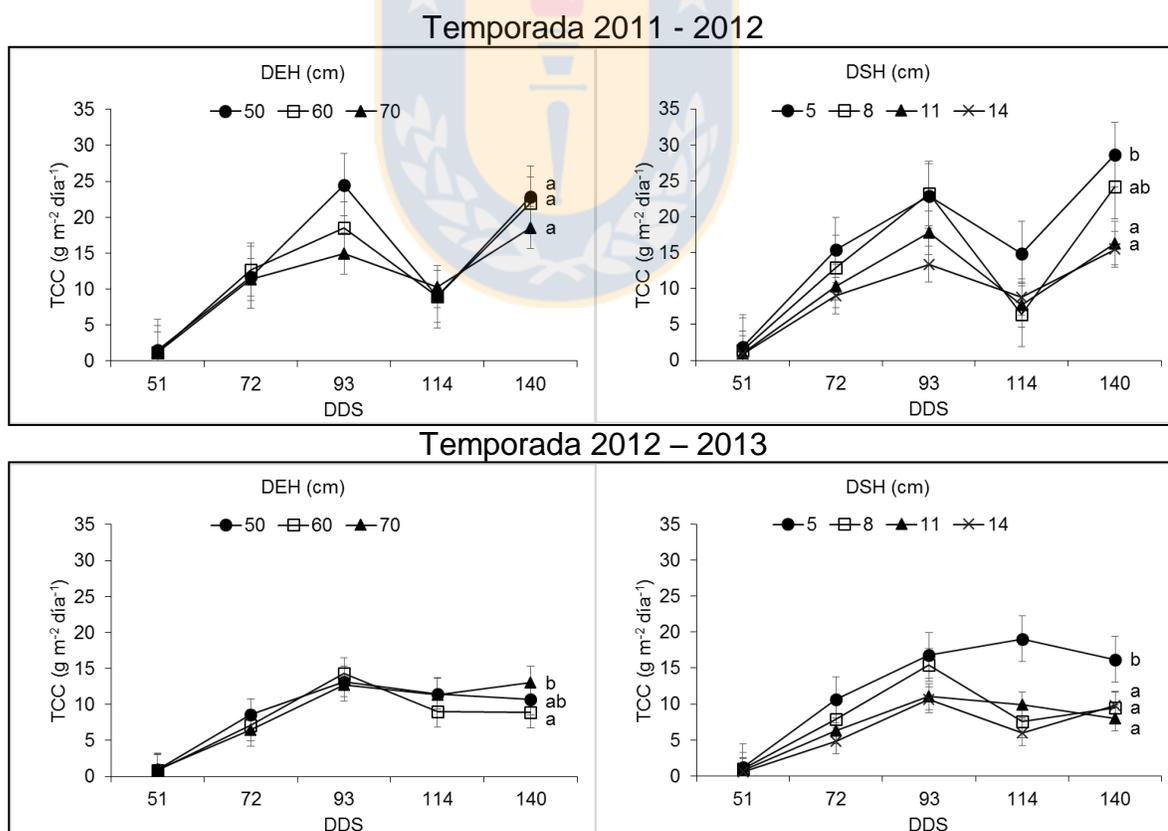


Donde: DEH; distancia entre hileras. DSH; distancia sobre hileras. DDS; días después de siembra. TCR; tasa de crecimiento relativa. ± Error estándar.

Tasa de crecimiento relativa. La tasa de crecimiento relativa, en ambos años de estudio se incrementó hasta los 72 DDS, pero luego y hasta el momento de cosecha disminuyó a valores cercanos a cero (Figura 2). Para las dos temporadas de estudio, durante el ciclo del cultivo, no hubo interacción entre la DEH y DSH ($P > 0,05$). La primera temporada, al momento de la cosecha, no presentó diferencia

significativa para las DEH ó DSH ($P > 0,05$). Mientras que para la segunda temporada hubo diferencia significativa en la DEH ($P \leq 0,05$), pero no así en la DSH ($P > 0,05$). Durante ambos años de estudio, a los 72 DDS se produce la mayor TCR. Para la temporada 2011 - 2012 la TCR de la DEH, varió de 0,063 a 0,073 $\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ y de la DSH, varió de 0,060 a 0,073 $\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$. Mientras que para la temporada 2012 – 2013 la TCR de la DEH, varió de 0,058 a 0,060 $\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ y de la DSH, varió de 0,057 a 0,060 $\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$. Al momento de la cosecha para la primera temporada, la TCR de la DEH varió de 0,015 a 0,025 $\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ y de la DSH fue de 0,020 $\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$. Así, para la segunda temporada la TCR de la DEH varió de 0,015 a 0,020 $\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$, siendo 70 cm significativamente mayor, y para la DSH la TCR fue nuevamente igual en los cuatro tratamientos con 0,017 $\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$.

Figura 3. Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en la tasa de crecimiento del cultivo de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.



Donde: DEH; distancia entre hileras. DSH; distancia sobre hileras. DDS; días después de siembra. TCC; tasa de crecimiento del cultivo. \pm Error estándar.

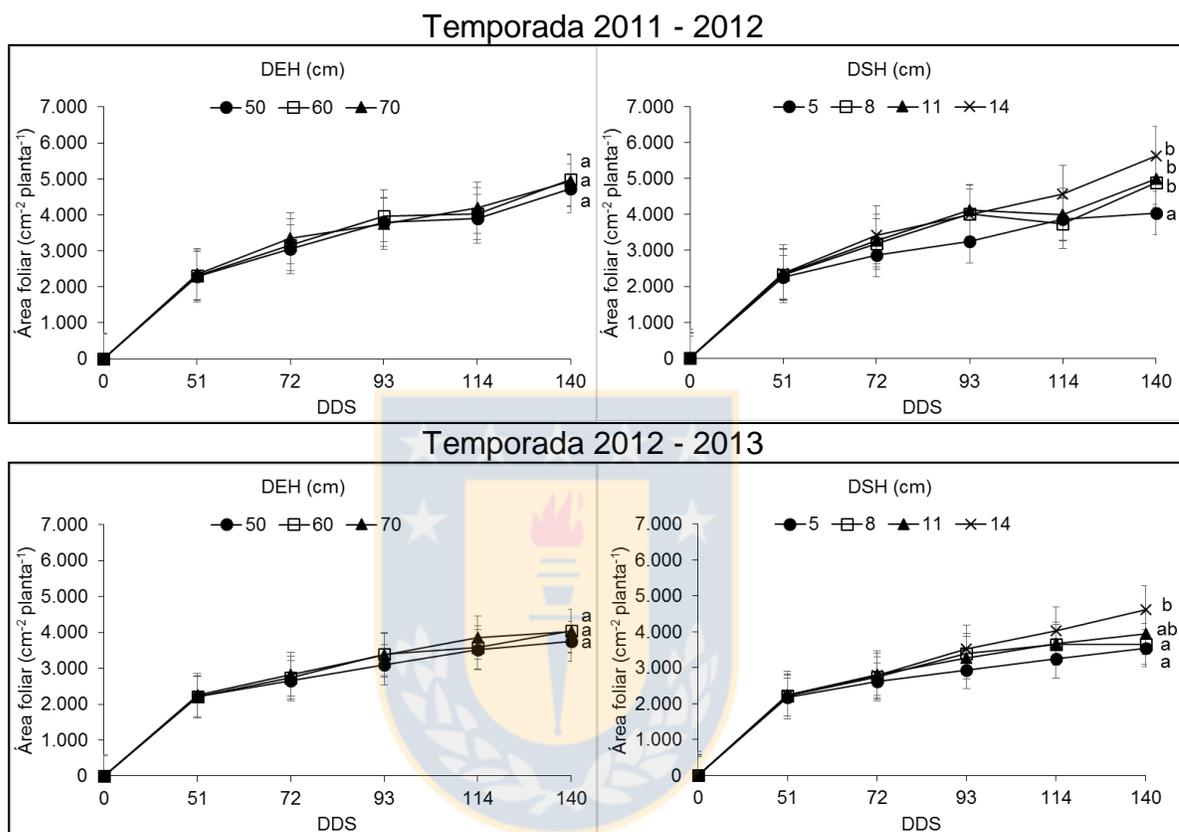
Tasa de crecimiento del cultivo. La tasa de crecimiento del cultivo en ambas temporadas aumentó a medida que avanzó el ciclo del cultivo. Además se observa que una disminución de la DEH ó DSH tiene un efecto positivo en la acumulación de biomasa por unidad de superficie por día (Figura 3). En ambas temporadas, durante el ciclo del cultivo, no hubo interacción entre la DEH y DSH ($P > 0,05$). Al momento de la cosecha en la temporada 2011 - 2012 no hubo efecto de la DEH ($P > 0,05$), pero sí de la DSH ($P \leq 0,05$). Mientras que en la temporada 2012 - 2013 presentó diferencia para la DEH y DSH ($P \leq 0,05$). Durante el primer año la TCC para las distintas DEH varió de 18,5 a 22,8 g m⁻² día⁻¹ y para las distintas DSH varió de 15,4 a 28,6 g m⁻² día⁻¹. Mientras que durante el segundo año la TCC para las distintas DEH varió de 8,9 a 13,0 g m⁻² día⁻¹ y para las distintas DSH varió de 8,0 a 16,2 g m⁻² día⁻¹.

Área foliar por planta. El área foliar por planta, en ambas temporadas, varió positivamente durante el ciclo del cultivo (Figura 4). Una disminución de la DEH ó DSH tuvo un efecto negativo sobre el AF por planta. Durante el desarrollo del cultivo, para esta variable no se encontró interacción entre la DEH y DSH en ambas temporadas ($P > 0,05$). Al momento de la cosecha, el área foliar no fue diferente en la DEH, sin embargo, sí hubo diferencia significativa en la DSH ($P \leq 0,05$), en los dos años de estudio. Durante la primera y segunda temporada el área foliar por planta, para las distintas DEH, varió de 4.735 a 4.975 cm⁻² y de 3.751 a 4.041 cm⁻², respectivamente. Mientras que para las distintas DSH varió de 4.035 a 5.632 cm⁻² y de 3.540 a 4.610 cm⁻², para el primer y segundo año de estudio.

Índice área foliar. El índice de área foliar, en ambas temporadas, varió positivamente durante el ciclo del cultivo (Figura 5). Una disminución de la DEH ó DSH provocó un incremento en el IAF. Durante el desarrollo del cultivo, para esta variable no se encontró interacción entre la DEH y DSH, en ambas temporadas ($P > 0,05$). Al momento de la cosecha, se observó diferencia significativa en la DEH y DSH ($P \leq 0,05$), en los dos años de estudio. Durante la temporada 2011 - 2012 el IAF para las distintas DEH varió de 8,0 a 11,3 y para las distintas DSH varió de 6,7

a 13,9. Mientras que para la temporada 2012 – 2013, el IAF por planta para las distintas DEH varió de 6,7 a 8,9 y para las distintas DSH varió de 5,5 a 12,0.

Figura 4. Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el área foliar de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.

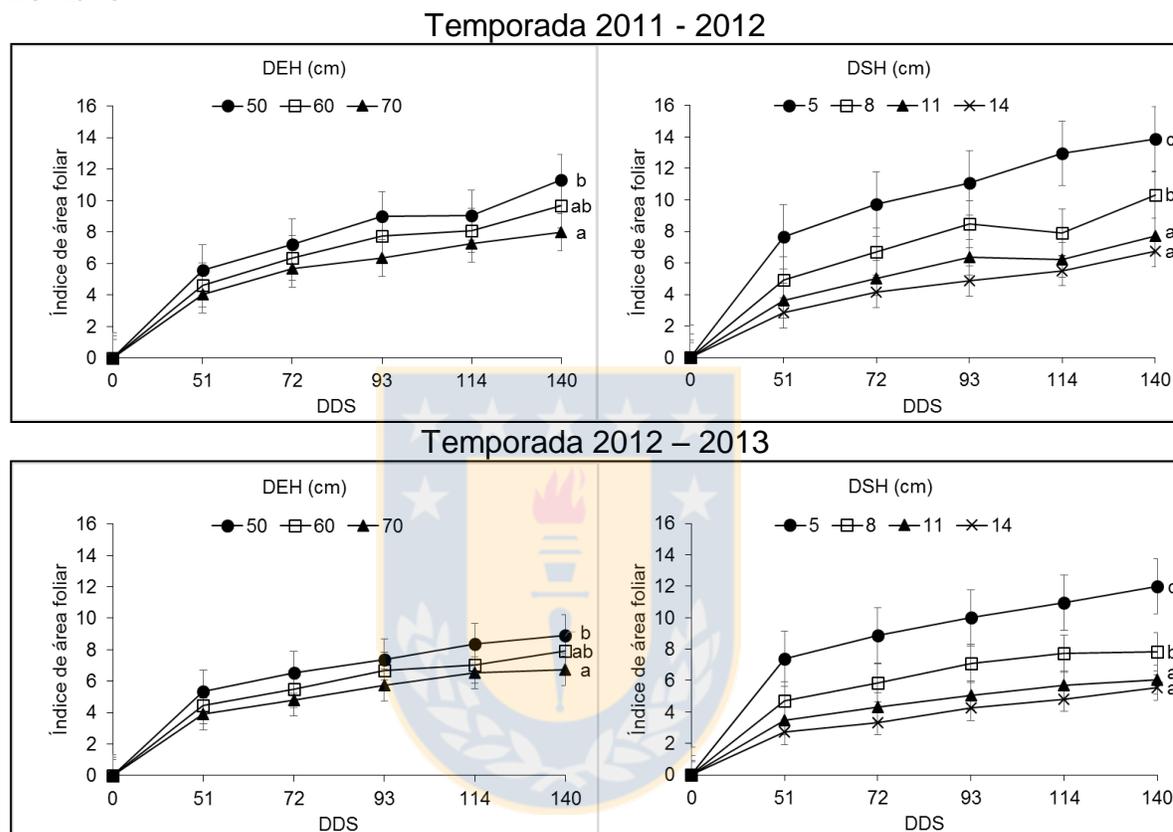


Donde: DEH; distancia entre hileras. DSH; distancia sobre hileras. DDS; días después de siembra. \pm Error estándar.

Partición de biomasa de estructuras vegetativas y reproductivas. En ambas temporadas, para la variable partición de biomasa por planta no se observó interacción entre DEH y DSH ($P > 0,05$), durante el desarrollo del cultivo (Figura 6). Independiente del año de estudio, desde la emergencia hasta los 93 DDS la mayor proporción de biomasa acumulada por planta estuvo representada por las hojas y tallos. A partir de los 93 DDS, las vainas incrementaron su participación respecto al total de biomasa acumulada en la planta, luego al momento de la

cosecha (140 DDS) la materia seca acumulada en las vainas superó a lo acumulado en las hojas.

Figura 5. Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el índice de área foliar de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.

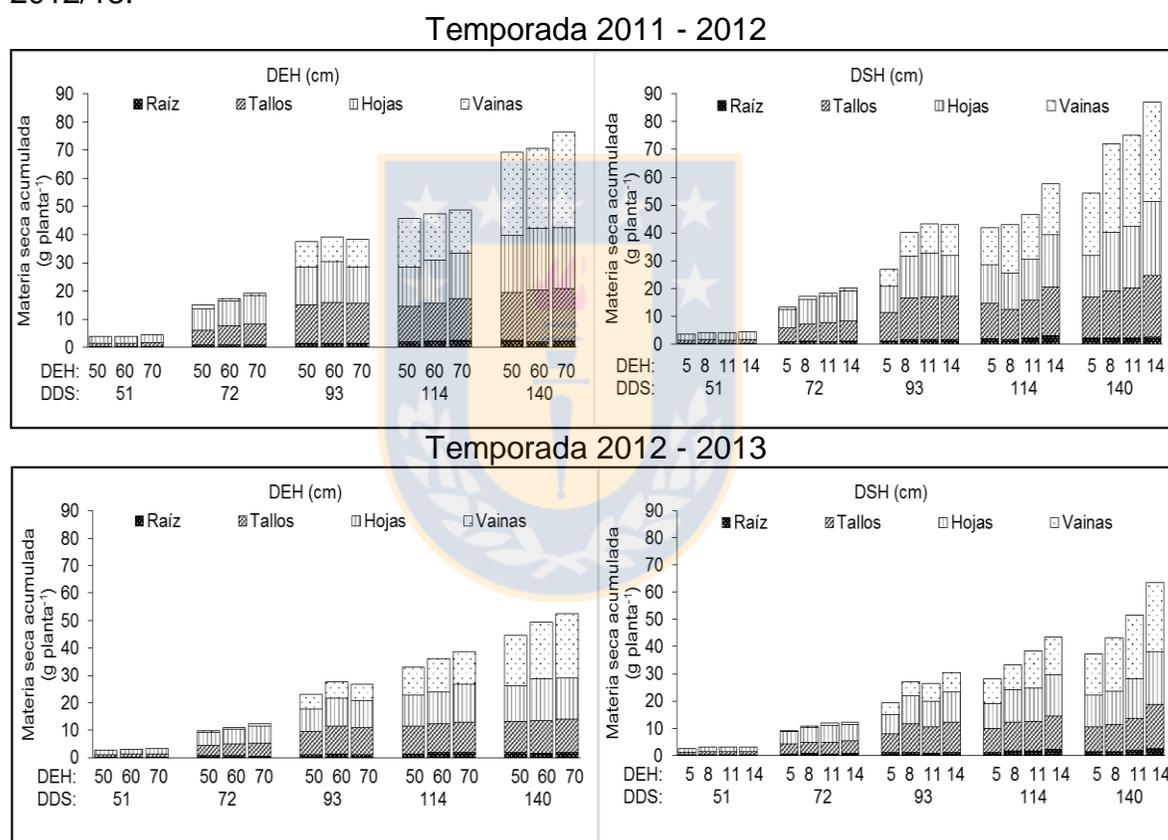


Donde: DEH; distancia entre hileras. DSH; distancia sobre hileras. DDS; días después de siembra. \pm Error estándar.

Al momento de la cosecha la partición de biomasa, durante las temporadas 2011 - 2012 y 2012 - 2013 no presentó diferencia significativa entre las distintas DEH ($P > 0,05$) (Tabla 1). Sin embargo, sí hubo diferencia significativa entre las distintas DSH ($P \leq 0,05$), a excepción de la materia seca acumulada de la raíz en la primer año de estudio. El primer año de investigación las distintas estructuras ya sea vegetativa y reproductiva, para las diferentes DEH y DSH, obtuvieron valores superiores a la segunda temporada. Las vainas representaron la mayor proporción de biomasa seca en la planta con valores entre el 40 – 45 %; seguido por las hojas

28 – 31 %, tallos 22 – 27 % y raíz 3 - 5 % ubicándose en segundo, tercer y cuarto lugar, respectivamente. Además, durante esta última etapa se logró visualizar que una menor DEH ó DSH implicó un efecto negativo en la acumulación de materia seca total por planta, presentando solo diferencia significativa entre las distintas DSH. A su vez plantas más pequeñas provocaron una menor acumulación de biomasa en las vainas.

Figura 6. Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en la partición de biomasa de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.



Donde: DEH; distancia entre hileras. DSH; distancia sobre hileras. DDS; días después de siembra.

Número de estructuras vegetativa y reproductiva. El número de estructuras vegetativas y reproductivas varió desde la emergencia hasta la cosecha, a excepción de los tallos que se mantuvo constante a partir de los 51 DDS, independiente de la temporada de estudio (Figura 7). Por su parte las hojas representaron el mayor número de estructuras, mientras que las vainas

aparecieron a los 51 DDS e incrementaron su participación hasta los 140 DDS.

Tabla 1. Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en la partición de biomasa al momento de la cosecha de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.

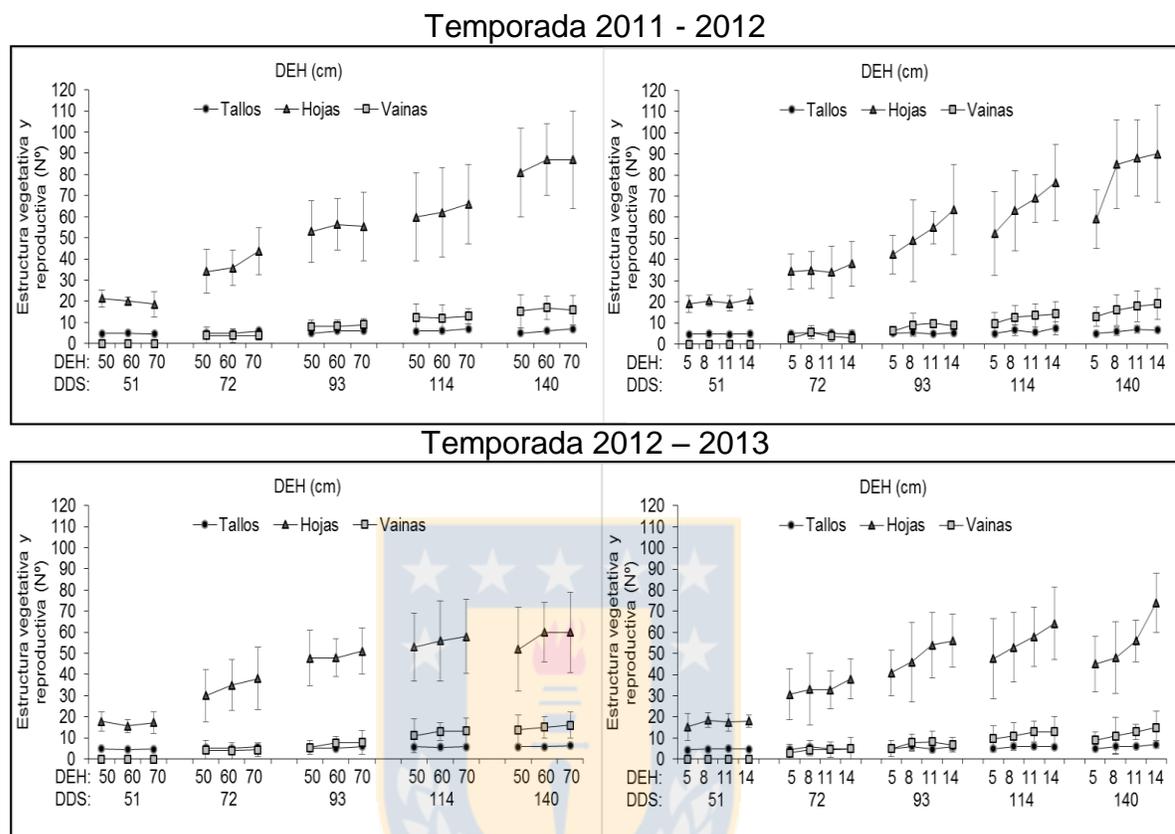
Materia seca acumulada (g planta ⁻¹)									
Temporada 2011 - 2012									
Estructura	DSH (cm)				DEH (cm)			C.V. %	
	5	8	11	14	50	60	70	DSH	DEH
Raíz	2,3 a	2,2 a	2,2 a	2,6 a	2,6 a	2,1 a	2,2 a	14,5	26,8
Tallos	14,5 a	16,9 ab	18,0 ab	22,1 b	16,9 a	18,2 a	18,6 a	13,3	28,9
Hojas*	15,1 a	21,2 ab	22,1 b	26,7 b	20,2 a	21,7 a	21,9 a	10,5	26,5
Vainas*	22,4 a	31,8 ab	32,7 ab	35,6 b	29,6 a	28,5 a	33,8 a	14,3	12,2
Planta*	54,2 a	72,1 b	75,0 b	87,0 b	69,3 a	70,6 a	76,3 a	6,6	13,1
Temporada 2012 – 2013									
Raíz	1,6 a	1,5 a	1,9 ab	2,5 b	2,1 a	1,6 a	1,9 a	16,9	25,8
Tallos	9,2 a	9,8 a	11,9 ab	16,2 b	11,2 a	11,9 a	12,2 a	11,5	29,1
Hojas*	11,4 a	12,3 a	14,5 ab	19,3 b	13,0 a	15,1 a	15,0 a	11,3	19,6
Vainas*	15,2 a	19,6 ab	23,3 b	25,4 b	18,5 a	20,9 a	23,4 a	18,0	28,5
Planta*	37,3 a	43,2 ab	51,5 bc	63,5 c	44,7 a	49,5 a	52,4 a	7,3	10,4

Letras minúsculas distintas en una misma fila indican diferencias significativas (Test de DMS $P \leq 0,05$). *Datos transformados a $\ln(n+1)$ para estabilizar varianzas. Donde: DEH; distancia entre hileras. DSH; distancia sobre hileras. C.V. %; coeficiente de variación

El número de hojas, tallos y vainas por planta, cuantificado al momento de la cosecha (140 DDS), descendió considerablemente con una disminución de la DEH o DSH, independiente del año evaluado (Tabla 2). En la temporada 2011 - 2012 para las distintas DEH el número de estructuras varió de 5 a 7, 81 a 87 y 15 a 17 para tallos, hojas y vainas, respectivamente. En el mismo orden para las distintas DSH el número de estructuras varió de 5 a 7, 59 a 90 y 13 a 19. Mientras que en la temporada 2012 – 2013 para las distintas DEH el número de tallos fue 6, mientras hojas y vainas fue menor y varió de 52 a 60 y 11 a 13, respectivamente. Para las distintas DSH en el mismo orden de estructuras el número varió 5 a 7, 45 a 74 y 9 a 15.

Estos resultados indican que la densidad poblacional y arreglo espacial influyeron en el crecimiento vegetativo, representado por las variables evaluadas, y además esta respuesta varió según la temporada. El crecimiento por planta expresado como materia seca acumulada, TCR, AF, y número de estructuras, disminuyó por la competencia intraespecífica producida por una disminución de la

Figura 7. Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el número total de estructura vegetativa y reproductiva de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.



Donde: DEH; distancia entre hileras. DSH; distancia sobre hileras. DDS; días después de siembra. \pm Error estándar.

distancia entre hilera de 70 a 50 cm o sobre hilera de 14 a 5 cm y un incremento de la densidad de 10 a 40 plantas m^{-2} . La competencia causa una reducción en la supervivencia, crecimiento y rendimiento de las plantas individuales del cultivo. Ésta dentro de poblaciones autógamas, implica que las necesidades y uso de recursos entre los mismos individuos del cultivo son iguales y, por lo tanto, la competencia es mayor (Kruk y Satorre, 2003). Es decir, como el crecimiento de un cultivo está directamente relacionado con la cantidad de radiación fotosintéticamente activa que es interceptada por la canopia y la eficiencia con que dicha radiación es convertida a materia seca, donde la densidad de plantas afecta principalmente a la radiación interceptada (Wells, 1993). Por esto es importante

lograr una mayor cobertura lo más temprana en el ciclo del cultivo para obtener mayores valores totales de intercepción (Andrade, 1995). Un efecto inverso a la competencia son los mecanismo de compensación, es decir, una mayor densidad poblacional involucra un menor número de ramas y de hojas; por lo cual un menor número de vainas por plantas, probablemente debido a una menor cantidad de radiación interceptada por el cultivo, la cual depende del área foliar (Nakagawa *et al.*, 2000; Collino, 2001).

Sin embargo, el crecimiento expresado por unidad de superficie, con mayor población de plantas implicó una mayor TCC e IAF. El aumento de la acumulación de materia seca por día por unidad de superficie o TCC, está relacionado con un menor tiempo requerido por el cultivo establecido a menores distancias, para lograr una intercepción de la radiación superior del 90 %, esto coincide con estudios realizados por Yayok (1979); Giayetto *et al.* (1995 a y b, 1998 y 2003). Las diferencias entre temporadas en relación a acumulación de biomasa, número de estructuras y rendimiento de vainas y semillas se deben a las características ambientales de cada temporada, siendo menor la acumulación de días grados en la segunda temporada.

Tabla 2. Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el número total de estructura vegetativa y reproductiva al momento de la cosecha de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.

Número de estructura planta ⁻¹									
Temporada 2011 - 2012									
Estructura	DSH (cm)				DEH (cm)			C.V. %	
	5	8	11	14	50	60	70	DSH	DEH
Tallos	5	6	7	7	5	6	7	12,4	12,1
Hojas*	59	85	88	90	81	87	87	14,8	9,8
Vainas*	13	16	18	19	15	16	17	20,8	29,8
Temporada 2012 – 2013									
Tallos	5	6	6	7	6	6	6	12,2	10,9
Hojas*	45	48	56	74	52	60	60	15,0	7,9
Vainas*	9	11	13	15	11	12	13	18,7	18,9

Se presentan valores enteros de los promedios de cuatro repeticiones. *Datos transformados a $\ln(n+1)$ para estabilizar varianzas. Donde: DEH; distancia entre hileras. DSH; distancia sobre hileras. C.V. %; coeficiente de variación.

De acuerdo con lo observado en el presente estudio, respecto de la materia seca total, el mismo comportamiento ha sido previamente informado para maní con el mismo patrón de ramificación secuencial; donde la materia seca promedio para la primera y segunda temporada fue de 44,5 y 63,5 g planta⁻¹, respectivamente. Además se encontró una disminución de la biomasa acumulada de un 50 % al disminuir la distancia entre hilera de 70 a 30 cm o la distancia sobre hilera de 12 a 6 cm (Giayetto *et al.*, 1998). Mientras que en el presente estudio una disminución de la distancia entre hilera de 70 a 50 cm y sobre hilera 14 a 5 cm produjo una disminución de la biomasa acumulada de un 12 % y un 40 %, respectivamente.

En el presente estudio se puede observar que el crecimiento inicial de la planta de maní fue lento si se considera la tasa de crecimiento del cultivo y área foliar, posteriormente se incrementó a medida que la canopia interceptó más radiación, este comportamiento fue similar al descrito por Fernández *et al.* (2006b). Cholaky *et al.* (1998) estudiaron el crecimiento de maní con hábito de crecimiento erecto sembrados a una distancia de 8 cm sobre hilera y 70 cm entre hilera e informaron una TCC de 3 g m⁻² día⁻¹ para el período que comprendía desde la emergencia hasta inicio de floración del cultivo. Desde inicio de la formación del ginóforo hasta inicio de la formación del fruto esta tasa se incrementó hasta alcanzar valores máximos 13 - 15 g m⁻² día⁻¹. A su vez, en este mismo estudio la TCR fue alta hasta inicio de floración con 0,09 g g⁻¹ día⁻¹ para luego ir decreciendo hasta la cosecha y llegar a valores cercanos a cero. Valores similares a los mencionados de TCC y TCR fueron obtenidos en la presente investigación. En otros estudios se ha encontrado que el valor máximo de AF e IAF se alcanzan en etapas posteriores que se alcanza la máxima TCC (Fernández *et al.*, 2006b). Giayetto *et al.* (1998), informaron valores de AF de 4.050 a 4.660 cm² planta⁻¹ e IAF de 7,2 a 8,3 en la etapa de inicio de formación de semilla. Según Boote *et al.* (1980) y Duncan *et al.* (1978) cuando el cultivo alcanza un IAF de 3 se intercepta el 95 % de la radiación, en el presente estudio esto fue alcanzado más rápidamente por las plantas que estaban sembradas a una DSH de 5 cm y una DEH de 50 cm durante los primeros 50 DDS. Giayetto *et al.* (1998) observaron un incremento del IAF cuando la

densidad de 12 plantas m⁻² sembradas a 70 cm entre hilera y 12 cm sobre hilera, se aumentó a 56 plantas m⁻² sembradas a 30 cm entre hilera y 6 cm sobre hilera. En la presente investigación se obtuvieron valores promedios de AF e IAF similares a los informados por Fernández *et al.* (2006b).

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, indican que la densidad poblacional no influyó en la distribución de la biomasa en la planta de maní, siendo similar a lo previamente informado para maní con hábito de crecimiento erecto (Giayetto *et al.*, 1998; 2003 y Zapata *et al.*, 2012). Se considera más bien, que la distribución de la biomasa en este cultivo está condicionada por factores ambientales como temperatura y disponibilidad hídrica (Fernández *et al.*, 2006b). Independiente de la densidad, la distribución de la biomasa en la planta de maní mostró el mismo comportamiento observado en otros estudios (Cholaky *et al.*, 1984; Cholaky *et al.*, 1998; Fernández *et al.*, 2006c). En la primera etapa de crecimiento y durante el periodo vegetativo, las hojas en expansión y raíces fueron el principal destino de los fotoasimilados, en cambio en la fase reproductiva las hojas y ramificaciones enviaron fotoasimilados principalmente hacia las vainas (Khan y Akosu, 1971; Ashley, 1984)

El número de estructuras vegetativas y reproductivas, hojas, tallos y vainas por planta, se redujeron con la disminución de la DEH de 70 a 50 cm y la DSH de 14 a 5 cm, lo que coincide con valores informados por Giayetto *et al.* (1998) y Zapata *et al.* (2012). El aumento del número de estructuras por planta a menores densidades poblacionales explicaría en parte la mayor capacidad de acumulación de biomasa por planta (Giayetto *et al.*, 1998).

Si bien se ha estudiado el establecimiento del cultivo de maní con diferentes densidades poblacionales y su respuesta en el crecimiento, rendimiento y calidad; aún no existen antecedentes sobre la respuesta fisiológica de la intercepción de la luz, eficiencia de uso de radiación y el factor de partición de asimilados, las cuales podrían ser objetos de próximas investigaciones. Estos efectos relacionados con la fuente-destino de los fotoasimilados, no se han abordado en ensayos de densidad poblacional (Egli y Bruening, 2001). Existen estudios en soya

relacionado con densidad poblacional, sin embargo su respuesta no se puede homologar al efecto de esta variable debido a que la soya no entierra sus frutos, a pesar que son especies de la misma familia; y en estrés hídrico en maní no se puede atribuir solo el efecto de la competencia por agua (Collino *et al.*, 2001; Haro *et al.*, 2007; Haro *et al.*, 2008). Además, esto ha contribuido a que en los programas de mejoramiento ha sido difícil que incluyan rasgos fisiológicos del grano de maní referentes a la relación fuente-destino (Araus *et al.*, 2001).

Evaluaciones de cosecha del cultivo.

Rendimiento de vainas. Para la variable rendimiento de vainas en el primer año de estudio no se encontró interacción entre DEH y DSH ($P > 0,05$) (Tabla 3). Sin embargo, sí hubo diferencia significativa entre la DEH ó DSH ($P \leq 0,05$), obteniendo el mayor rendimiento de vainas a una DEH de 50 cm y a una DSH de 8 cm. Mientras que, para la segunda temporada hubo interacción entre DEH y DSH ($P \leq 0,05$), siendo significativamente superior el rendimiento de vainas obtenido a una distancia entre hilera de 50 cm y una distancia sobre hilera de 8 cm.

Rendimiento de semillas. Para la variable rendimiento de semillas no se encontró interacción entre la DEH y DSH ($P > 0,05$), en el primer año de estudio (Tabla 4). A su vez, no se encontró diferencia significativa entre las distintas DEH, sin embargo, sí hubo diferencia significativa entre las DSH ($P \leq 0,05$). El mayor rendimiento se obtuvo a una DEH de 50 cm, no presentando diferencia entre las otras distancias, mientras que la DSH que obtuvo el mayor rendimiento fue 8 cm. Para la segunda temporada se encontró diferencia significativa entre las DEH y DSH ($P \leq 0,05$). La interacción de la DEH y DSH que obtuvo el mayor rendimiento fue 50 cm y 8 cm, respectivamente.

Índice de cosecha. Para la variable índice de cosecha no se encontró interacción entre DEH y DSH, ni diferencia entre DEH ó DSH, en ambas temporadas de estudio ($P > 0,05$) (Tabla 5). En la temporada 2011 - 2012 para las distintas DEH y DSH el IC varió de 0,27 a 0,31. Por su parte en la temporada 2012 – 2013 para las distintas DEH y DSH el IC varió de 0,30 a 0,31.

Tabla 3. Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el rendimiento de vainas de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/12 y 2012/13.

Rendimiento de vainas (kg ha ⁻¹)						
Temporada 2011 - 2012						
DEH (cm)	DSH (cm)					C.V. % DSH DEH
	5	8	11	14	Media	
50	4.413	4.798	4.765	4.183	4.540b	11,5 15,3
60	4.333	4.887	4.162	3.646	4.257ab	
70	4.146	4.358	3.833	3.554	3.972a	
Media	4.297BC	4.681C	4.254B	3.794A		

Letras minúsculas distintas en una misma columna indican diferencias significativas y letras mayúsculas distintas en una misma fila indican diferencias significativas (Test de DMS $P \leq 0,05$). Donde: DEH; distancia entre hilera. DSH; distancia sobre hilera. C.V. %; coeficiente de variación.

Rendimiento de vainas (kg ha ⁻¹)						
Temporada 2012 - 2013						
DEH (cm)	DSH (cm)					C.V. % DEH X DSH
	5	8	11	14		
50	3.396 abc	4.232 e	3.480 bc	3.551 bcd		6,9
60	3.334 abc	3.876 d	3.124 a	3.284 ab		
70	3.644 cd	3.123 a	3.267 ab	3.121 a		

Letras minúscula distintas diferencias significativas (Test de DMS $P \leq 0,05$). Donde: DEH; distancia entre hilera. DSH; distancia sobre hilera. C.V. %; coeficiente de variación. DEH X DSH; interacción entre DEH y DSH.

Peso de 1.000 semillas. Para la variable peso de 1.000 semillas no se encontró interacción entre DEH y DSH, en ambas temporadas de estudio ($P > 0,05$) (Tabla 6). En la temporada 2011 - 2012 la DEH presentó diferencia significativa ($P \leq 0,05$), pero no fue así para la DSH. Mientras que en la temporada 2012 - 2013 la DEH y DSH no presentó diferencia significativa ($P > 0,05$). Los valores de peso de 1.000 semillas en el primer año de estudio fluctuaron para las distintas DEH y DSH de 647 a 700 y 668 a 681 g, respectivamente; mientras que para el segundo año de estudio el valor de esta variable fue menor y varió de 641 a 652 g para las diferentes DEH y de 642 a 652 g para las diferentes DSH.

Distribución de calibre de semilla. Para la variable calibre de semillas no se encontró interacción entre DEH y DSH, en ambas temporadas de estudio ($P > 0,05$) (Tabla 7). En la temporada 2011 - 2012 no se encontró diferencia en la DEH y DSH para el mayor calibre ($\geq 9,5$ mm). En ambas temporadas para las distintas

Tabla 4. Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el rendimiento de semilla de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.

Rendimiento de semillas (kg ha ⁻¹)							
Temporada 2011 – 2012							
DEH (cm)	DSH (cm)					C.V. %	
	5	8	11	14	Media	DSH	DEH
50	2.428	2.765	2.611	2.452	2.564 a	13,7	14,3
60	2.499	2.847	2.449	2.061	2.464 a		
70	2.375	2.644	2.213	2.060	2.323 a		
Media	2.434 A	2.752 B	2.424 A	2.191 A			

Letras minúsculas distintas en una misma columna indican diferencias significativas y letras mayúsculas distintas en una misma fila indican diferencias significativas (Test de DMS $P \leq 0,05$). Donde: DEH; distancia entre hilera. DSH; distancia sobre hilera. C.V. %; coeficiente de variación.

Rendimiento de semillas (kg ha ⁻¹)							
Temporada 2012 - 2013							
DEH (cm)	DSH (cm)					C.V. %	
	5	8	11	14		DEH X DSH	
50	1.868 abc	2.444 e	1.943 bc	1.973 bc		7,6	
60	1.853 ab	2.193 d	1.684 a	1.792 ab			
70	2.077 cd	1.717 a	1.781 ab	1.682 a			

Letras minúsculas distintas diferencias significativas (Test de DMS $P \leq 0,05$). Donde: DEH; distancia entre hilera. DSH; distancia sobre hilera. C.V. %; coeficiente de variación. DEH X DSH; interacción entre DEH y DSH.

Tabla 5. Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el índice de cosecha de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/2012 y 2012/13.

Índice de cosecha									
Temporada	DSH (cm)				DEH (cm)			C.V. %	
	5	8	11	14	50	60	70	DSH	DEH
2011-2012*	0,28 a	0,29 a	0,31 a	0,27 a	0,27 a	0,29 a	0,31 a	11,6	20,0
2012-2013*	0,30 a	0,30 a	0,30 a	0,31 a	0,30 a	0,31 a	0,30 a	14,8	26,5

Letras minúsculas distintas en una misma fila muestran diferencias significativas (Test de DMS $P \leq 0,05$). *Datos transformados a $\ln(n+1)$ para estabilizar varianzas. Donde: DEH; distancia entre hileras. DSH; distancia sobre hileras. C.V. %; coeficiente de variación.

DEH y DSH se observó una alta proporción de semillas para los calibres; entre 8 y 9,5 mm que varió de 57 a 63 %, y mayor a 9,5 mm que varió de 24 a 32 %, en el primer año de estudio. Mientras que en el segundo año de estudio estos mismos calibres representaron de 60 a 66 % y 20 a 29 %, respectivamente. De igual manera, los menores calibres encontrados en este ensayo fueron, entre 6,5 y 8

mm que varió de 6 a 9 % y calibre menor a 6,5 mm con sólo un 3 a 6 % de presencia, en promedio entre la primera y segunda temporada (Figura 8).

Tabla 6. Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el peso de 1.000 semillas de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/12 y 2012/13.

Peso de 1.000 semillas (g)									
Temporada	DSH (cm)				DEH (cm)			C.V. %	
	5	8	11	14	50	60	70	DSH	DEH
2011-2012	681 a	680 a	676 a	668 a	647 a	682 ab	700 b	5,2	6,3
2012-2013	652 a	642 a	645 a	649 a	641 a	652 a	647 a	3,0	4,0

Letras minúsculas distintas en una misma fila muestran diferencias significativas (Test de DMS $P \leq 0,05$). C.V. %: Coeficiente de variación. Donde: DEH; distancia entre hileras. DSH; Distancia sobre hileras.

Tabla 7. Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras sobre la producción de semillas de distintos calibres de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/12 y 2012/13.

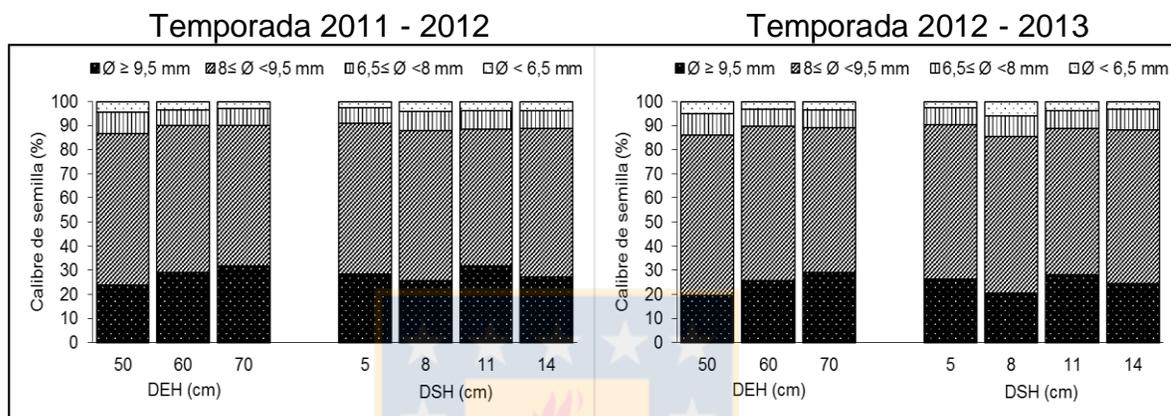
Producción de semillas de distinto calibre (kg ha ⁻¹)									
Temporada 2011 - 2012									
Calibre (mm)	DSH (cm)				DEH (cm)			C.V. %	
	5	8	11	14	50	60	70	DSH	DEH
$\emptyset \geq 9,5^*$	685 a	714 a	791 a	594 a	625 a	726 a	738 a	6,7	5,1
$8 \leq \emptyset < 9,5^*$	1.526 ab	1.711 b	1.343 a	1.351 a	1.600 b	1.491 ab	1.356 a	2,7	2,3
$6,5 \leq \emptyset < 8^*$	158 a	211 b	194 ab	162 a	225 b	162 a	157 a	4,8	5,7
$\emptyset < 6,5^*$	65 a	116 b	96 ab	84 ab	114 a	85 a	72 a	12,3	13,6
Temporada 2012 - 2013									
$\emptyset \geq 9,5^*$	513 b	409 a	503 b	442 a	395 a	476 ab	529 b	2,3	4,9
$8 \leq \emptyset < 9,5^*$	1.235 b	1.398 c	1.095 a	1.161 ab	1.367 b	1.211 b	1.088 a	1,4	1,9
$6,5 \leq \emptyset < 8^*$	134 a	181 c	164 a	155 b	184 b	134 a	134 a	2,8	6,0
$\emptyset < 6,5^*$	51 a	131 c	71 b	58 ab	111 b	59 a	63 a	6,2	14,4

Letras minúsculas distintas en una misma fila muestran diferencias significativas (Test de DMS $P \leq 0,05$). C.V. %: Coeficiente de variación. Donde: DEH; distancia entre hileras. DSH; Distancia sobre hileras. DDS; Días después de siembra. *Datos transformados a $\ln(n+1)$ para estabilizar varianzas.

Peso seco del residuo no cosechable. Para la variable peso del residuo no cosechable no se encontró interacción entre DEH y DSH, en ambas temporadas de estudio ($P > 0,05$) (Tabla 8). Además, en ambos años se encontró diferencia entre las distintas DEH y DSH ($P \leq 0,05$). La producción de residuo no cosechable, para las distintas DEH en el primer y segundo año de estudio, varió entre 7.059 a

8.586 y 6.224 y 7.931 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Mientras que la DSH de 8 cm obtuvo la mayor producción para la temporada 2011 – 2012 y 2012 – 2013 con valores de 8.422 y 7.565 kg MS ha⁻¹, respectivamente.

Figura 8. Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el porcentaje de semillas de distintos calibre de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/12 y 2012/13.



Donde: DEH; distancia entre hileras. DSH; distancia sobre hileras. DDS; días después de siembra.

Tabla 8. Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el peso seco del residuo no cosechable de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/12 y 2012/13.

Temp.	Peso seco del residuo no cosechable (kg MS ha ⁻¹)							C.V. %	
	DSH (cm)				DEH (cm)			DSH	DEH
	5	8	11	14	50	60	70		
2011-2012	7.632 ab	8.422 b	7.732 ab	7.076 a	8.586 b	7.501 ab	7.059 a	14,0	21,8
2012-2013	6.825 a	7.565 b	6.902 a	6.669 a	7.931 b	6.816 ab	6.224 a	10,4	25,2

Letras minúsculas distintas en una misma fila muestran diferencias significativas (Test de DMS $P \leq 0,05$). Donde: DEH; distancia entre hileras. DSH; distancia sobre hileras. Temp.; temporada. C.V. %: Coeficiente de variación.

Una disminución de la DSH de 14 a 8 cm aumentó la producción de vainas y semillas por hectárea en ambas temporadas; de la misma forma, una disminución de la DEH de 70 a 50 cm también influyó positivamente en el rendimiento de vainas y semillas. Estos resultados indican que en igual superficie, las plantas desarrolladas a mayor distancia presentan una mayor productividad, sin embargo, esto no es suficiente para compensar la productividad de un mayor número de

plantas establecidas a una menor distancia. Esto coincide con lo obtenido por Pereira *et al.*, (2008) quienes señalan un aumento de la productividad de vainas y semillas en maní tipo Valencia durante dos temporadas, al disminuir el espaciamiento entre hilera de 80 a 50 cm y sobre hilera de 20 a 6,7 cm. Además indican que las condiciones climáticas influyeron en el desarrollo de la planta y por lo tanto en la producción.

En el presente estudio, los resultados obtenidos son levemente superiores a los informados por Zapata *et al.* (2012) quienes señalan rendimientos de vainas entre 1.946 a 3.445 kg ha⁻¹ y de semillas entre 1.089 a 2.031 kg ha⁻¹ en maní con hábito de crecimiento erecto. En este estudio, se observó que la densidad poblacional influyó de forma positiva en la producción del residuo no cosechable, esto coincide con lo observado por Zapata *et al.* (2012), quienes indican producciones de residuo correspondiente a follaje y raíces de 4.773 a 8.365 kg ha⁻¹. El maní tipo Valencia al tener una estructura de distribución secuencial, las vainas están concentrados principalmente en el eje central de la planta, específicamente en las ramas cotiledonares y primarias (Giayetto *et al.*, 2012). Por lo cual es posible utilizar menores distancias, además esto tendría un efecto positivo al dificultar el crecimiento de malezas, afectando el desarrollo de éstas por la competencia por luz, debido a un cierre temprano de la entre hilera. Esto también fue observado por Martins y Pitelli (1994) quienes señalan que una disminución de la DEH de 60 a 40 cm en maní con hábito de crecimiento erecto provoca una disminución de la acumulación de la materia seca de malezas.

Con respecto a los parámetros de calidad se observó que variaciones de DEH o DSH no influyen en el IC y en el peso de 1.000 semillas. Bell *et al.* (1991) indican que el IC varía considerablemente dependiendo del cultivar y del ambiente, sin embargo, encontraron una respuesta positiva del IC en maní tipo español al aumentar la densidad de 44.000 a 88.000 plantas ha⁻¹, pero luego se mantuvo constante hasta 352.000 plantas ha⁻¹. Los valores obtenidos en el presente estudio son similares a los de Zapata *et al.* (2012) quienes obtuvieron un IC para maní con hábito de crecimiento erecto de 0,24 a 0,31, al variar la densidad poblacional de 104.000 a 417.000 plantas ha⁻¹. Con respecto al peso de 1.000

semillas, los valores obtenidos en la presente investigación son superiores a los encontrados por Zapata *et al.* (2012) quienes obtuvieron pesos que van desde 391 a 402 g. Mientras que Nakagawa *et al.* (2000) encontraron que no había efecto de la densidad poblacional, utilizando DSH de 4 a 20 cm y DEH de 60 cm en el peso de 1.000 semillas, durante tres temporadas.

Con respecto a la producción de maní de distintos calibres se puede mencionar que no hubo efecto de la DEH o DSH, independiente de la distancia utilizada, el 95 % de la producción de semillas tuvo el calibre mínimo para ser comercializado. Casini *et al.* (1999) determinaron que diferentes densidades estudiadas, de 9 a 17 plantas por metro lineal distanciadas a 70 cm, no afectaron la calidad, expresado como porcentaje del rendimiento de grano de categoría para confitería (calibre > 6,5 mm), cabe destacar que estos valores variaron entre 41 a 80 % durante los tres años que duró el estudio.

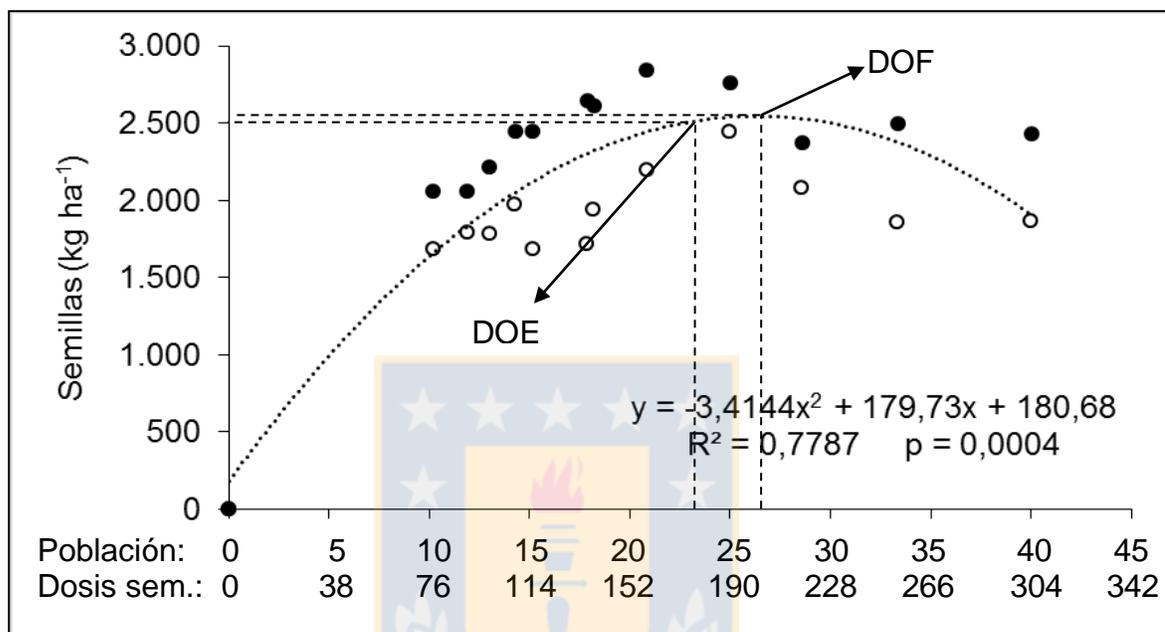
Determinación de la densidad óptima física (DOF) y económica (DOE)

En la Figura 9 se observa la relación entre el rendimiento de semilla obtenida en ambas temporadas de estudio y la densidad poblacional del cultivo, que se ajustó a un modelo polinómico de segundo orden, con coeficiente de determinación significativo ($p < 0,05$) y una relación altamente significativa ($R^2 = 0,78$). Se visualiza un aumento del rendimiento de semilla hasta cierto punto y luego la curva disminuye. La DOF y DOE según el rendimiento de semillas obtenido en ambas temporadas fue 26 y 24 plantas m^{-2} respectivamente, lo que equivale en el mismo orden a una dosis de semilla a la siembra de 204 y 186 $kg\ ha^{-1}$, considerando un 85 % de germinación de la semilla y peso de 1.000 semillas de 661 g. Los rendimientos potenciales, al utilizar estas densidades poblacionales serían de 2.545 y 2.527 $kg\ de\ semilla\ ha^{-1}$ para DOF y DOE, respectivamente.

Según las condiciones de mercado de este cultivo un agricultor podría llegar a obtener una utilidad total con el supuesto de DOF y DOE de \$ 877.015 y \$ 902.215 por hectárea, respectivamente. Considerando un costo fijo de producción de \$ 1.412.485, sin considerar ítem semilla y un costo variable de \$ 2.500 el kg de

semilla para la siembra y un precio de venta del grano de \$ 1.100 el kg (Apéndice 4).

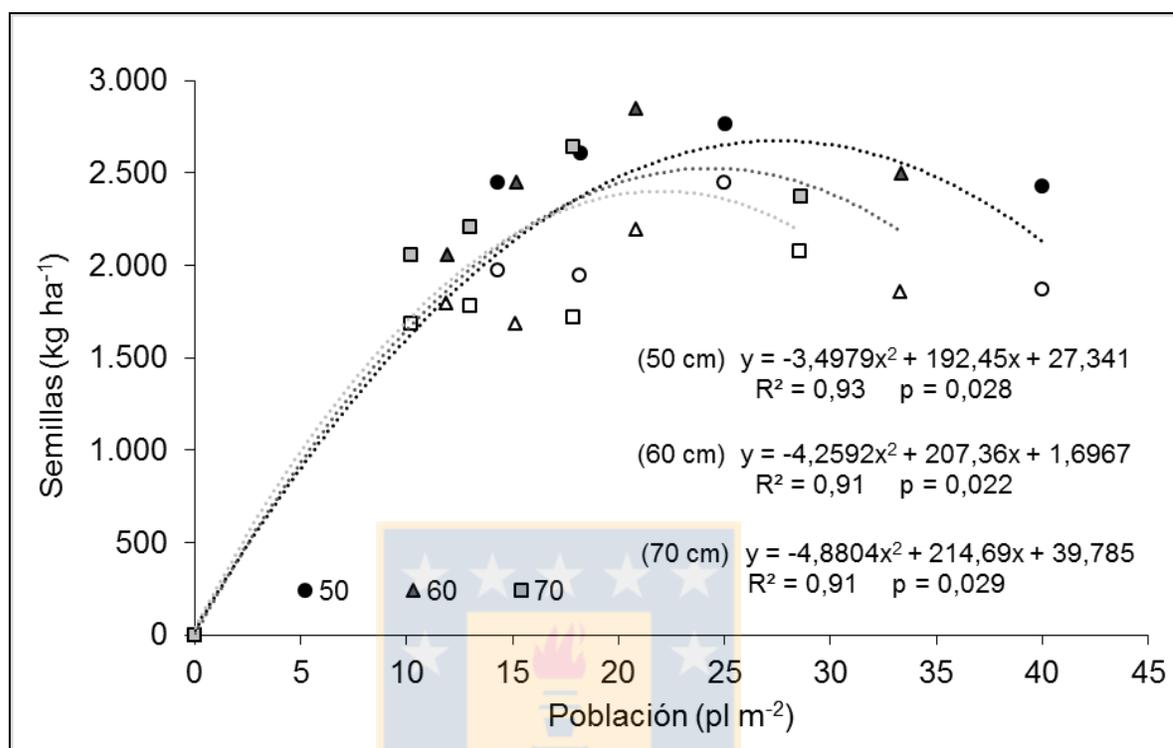
Figura 9. Efecto de la distancia entre hileras y sobre hileras en el rendimiento de semillas de maní tipo Valencia según densidad poblacional y dosis de semilla, establecido durante las temporadas 2011/12 y 2012/13.



Donde: DOF; Densidad óptima física. DOE; Densidad óptima económica. Población del cultivo (plantas m²). Dosis de semilla a la siembra (kg ha⁻¹).

En la Figura 10 se observa la relación entre el rendimiento de semilla obtenida a distintas DEH (50, 60 y 70 cm) en ambas temporadas de estudio y la población del cultivo, donde para cada DEH se ajustó un modelo polinómico de segundo orden, con coeficiente de determinación significativo ($P < 0,05$) y una relación altamente significativa. Se visualiza que para las distintas DEH el rendimiento potencial sería de 2.674, 2.525 y 2.400 kg ha⁻¹ para 50, 60 y 70 cm, respectivamente. Esto quiere decir que al utilizar una mayor DEH se afectaría negativamente al rendimiento. Esto se puede explicar por el hábito de crecimiento erecto que tiene maní tipo Valencia y aunque se disminuya la DSH el rendimiento no se compensaría, siendo menor que al emplear menores DEH.

Figura 10. Efecto de la densidad poblacional según diferentes distancia entre hileras en el rendimiento de semillas de maní tipo Valencia, establecido durante las temporadas 2011/12 y 2012/13.



Un aumento de la densidad poblacional del cultivo provocó un aumento de la producción de vainas y semillas hasta 26 plantas m^{-2} , para luego disminuir. Esto se debe a que altas densidades poblacionales producen mayores rendimientos de vainas y semillas que siembras menos densas, debido a una mayor acumulación de biomasa e IAF (Giayetto *et al.*, 1998 y 2003). Los resultados obtenidos en la presente investigación son similares a los de Pereira *et al.* (2008), quienes concluyeron en un estudio de dos temporadas, que la densidad óptima física para maní tipo Valencia se lograba con una población de 200.000 a 303.000 plantas ha^{-1} . Con estas densidades se obtienen rendimientos de vainas y semillas de 2.000 a 3.500 y de 1.400 a 2.400 $kg ha^{-1}$, respectivamente, establecidas a 50 cm DEH obteniendo de 5 a 15 plantas por metro lineal, la cual dependía de la fecha de siembra en la temporada. Al igual de lo que sucede en Chile, en Brasil existe una subutilización de los recursos ya que los rendimientos obtenidos con la densidad

poblacional recomendada son significativamente superiores a los obtenidos por los agricultores que emplean menores densidades poblacionales con un diseño de siembra de 25 cm DSH y 30 cm DEH (133.300 plantas por ha⁻¹) (Pereira *et al.*, 2008). Nakagawa *et al.* (2000) determinó que la densidad poblacional óptima para maní con hábito de crecimiento erecto era de 14 plantas por metro lineal a una DEH de 60 cm, durante tres años. Mientras que Bellettini y Endo (2001), también determinaron que 15 plantas por metro lineal de maní tipo Valencia tuvieron la mayor productividad al estudiar diferentes espaciamientos, utilizando DEH de 30, 40, 50 y 60 cm y densidades de 10, 15, 20 y 25 plantas por metro lineal.

Una mayor productividad de maní está directamente relacionada con la densidad poblacional, es decir, una menor producción individual por planta se compensa con un mayor número de plantas por unidad de superficie (Bellettini y Endo, 2001), hasta las 26 plantas m⁻², ya que a una mayor población del cultivo existiría competencia por nutrientes, espacio y agua. De la misma forma, Nakagawa *et al.* (2000) observaron que la producción por área tuvo un comportamiento inverso a la producción por planta hasta las 24 plantas m⁻², lo que demuestra que el componente más importante es la producción por superficie y no la producción por planta.

CONCLUSIONES

1. Un aumento de la distancia entre hilera (50 a 70 cm) o sobre hilera (5 a 14 cm) influye positivamente en el crecimiento individual por planta, expresado como biomasa acumulada, tasa de crecimiento relativa, área foliar y número de estructuras.
2. Un marco de plantación con la menor distancia entre hilera, 50 cm, y una distancia sobre hilera no menor a 8 cm, repercute en una mayor productividad de vainas y semillas por unidad de superficie.
3. La distancia entre hilera y sobre hilera no tiene efecto en los parámetros de índice de cosecha, peso de semillas y calibre de semilla.
4. La densidad óptima física y económica es de 26 y 24 plantas m⁻², respectivamente.

REFERENCIAS

1. Akcali I. D., A. Ince and E. Guzel. 2006. Selected physical properties of peanuts. *International Journal of Food Properties* 9: 25-37.
2. Andrade, F. 1995. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce Argentina. *Field Crops Res.* 41: 1 - 12.
3. Anónimo. 1982. Manual forrajeras y cultivos industriales. Requerimientos: clima y suelo especie y sus variedades. pp: 24-26. Publicación Ciren-Corfo N° 31. IREN Santiago, Chile.
4. Anónimo. 1987. Investigación en la introducción de nuevas especies y variedades hortícolas IV Región. pp: 52-55. AA 87/9. INIA La Platina. Santiago, Chile.
5. Anónimo. 1995. Maní. pp: 13-15. Cartilla Divulgativa N° 16. INIA Intihuasi. Coquimbo, Chile.
6. Araus, J.L., Casadesus, J., Bort, J., 2001. Recent tools for the screening of physiological traits determining yield. In: Reynolds, M.P., Ortiz-Monasterio, J.I., McNab, A. (Eds.). *Application of Physiology in Wheat Breeding*. CIMMYT, Mexico, pp.59 - 77.
7. Ashley, J.M. 1984. Groundnut. In: Golsworthy, P.R. y N.M. Fisher. *The physiology of tropical field crops*. John Wiley and Sons Ltda. Cap. 13. pp: 453-494.
8. Azam S.N., R.C.N. Rao, J. Craigon, K.D.R. Wadia and J.H. Williams, 1993. A method for calculating the population/yield relation of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in semi-arid climates. *J. Agric. Sci.* 121: 213-222.
9. Balzarini, M.G., L. González, M. Tablada, F. Casanoves, J.A. Di Rienzo y C. W. Robledo. 2008. InfoStat: software estadístico: manual del usuario. Versión 2008. Brujas. Córdoba, Argentina.
10. Baigorri, H. 1997. Espaciamento entre surcos y densidad de siembras. Soja. Cuadernillo de Actualización técnica AACREA N° 58.
11. Bascur, B. 2001. Leguminosas de grano. pp: 646-647. En: Roman S. (Ed.). *Agenda del Salitre*. (11° ed.). Santiago, Chile.

12. Bell, M. J., G. Harch, and G. C. Wright. 1991. Plant population studies on peanut (*Arachis hypogaea* L.) in subtropical Australia. Growth under fully irrigated conditions. *Aust. J. Exp. Agric.* 31:535-543.
13. Bell, M. J., T.E. Michaels, D.E McCullough and M. Tollenaar. 1994. Photosynthetic response to chilling in peanut. *Crop Sci.* 1014-1023.
14. Belletini, N. y R. Endo. 2001. Comportamento do amendoim “das águas”, (*Arachis hypogaea* L.), sob diferentes espaçamentos e densidade de semeadura. *Acta Scientiarum, Maringá.* 23(5): 1249-1256.
15. Bonadeo, E., A. Cantero Gutiérrez y M. Bongiovanni. 2003. Relación entre la resistencia a la penetración, la densidad aparente y el contenido hídrico en un Hapludol Típico. *Rev. UNRC.* 23 (1-2):13-22.
16. Bunting, A. H. and B. Anderson. 1960. Growth and nutrient uptake of natal common groundnuts in Tanganyika. *J Agric. Sci.* 55:35-46.
17. Cahaner, A., and A. Ashri. 1974. Vegetative and reproductive development of Virginia-type peanut varieties in different stand densities. *Crop Sci.* 14:412-416.
18. Carrasco, P. 1998. Descripciones de suelos VIII Región. Universidad de Concepción, Fac. Agron. Chillán, Chile.
19. Cassini, C., R. Haro, y R. Rolando. 1999. Efecto de la densidad de siembra sobre la calidad y el rendimiento de maní: tres años de experiencia. 14^{va} Jornada Nacional del Maní. Gral. Cabrera – Cba. 30/09/99. Resúmenes. p: 35-36.
20. 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-UNRC. Río Cuarto-Cba, Argentina.
21. Cirilo, A. 2000a. Distancia entre surcos en maíz. En: *Revista de tecnología Agropecuaria.* INTA Pergamino. 14: 19-23.
22. Cirilo, A. 2000b. La distancia entre surcos y el rendimiento en maíz. Una interpretación ecofisiológicos. En: *Revista de tecnología Agropecuaria.* INTA Pergamino. 17: 26-30.

23. Cholaky, L., A. Cantero, I. Moreno y E. Bonadeo. 1984. Acumulación de materia seca y absorción y distribución de N, P, K, Ca, Mg, Na y C en maní (*Arachis hypogaea* L.).
24. Cholaky, L., O. Giayetto, E. Fernández y E. Asnal. 1998. Análisis de crecimiento de maní (*Arachis hypogaea* L.) tipos Valencia, Español y Virginia. Rev. UNRC. 18 (1): 5-23.
25. Collino, D.J., Dardanelli, J.L., Sereno, R., Racca, R.W., 2001. Physiological responses of argentine peanut varieties to water stress. Light interception, radiation use efficiency and partitioning of assimilates. Field Crops Res. 70: 177 - 184.
26. Del Pozo, A. y P. del Canto. 1999. Áreas agroclimáticas y sistemas productivos de la VII y VIII regiones. INIA, CRI Quilamapu, Chillán, Chile. 115p.
27. Duncan, W., D. McCloud and R. McGraw and K. Boote. 1978. Physiological aspects of peanut yield improvement. Crop Sci. 18:1015-1020.
28. Egli, D.B., Bruening, W.P., 2001. Source-sink relationships, seed sucrose levels and seed growth rates in soybean. Ann. Bot. 88: 235-242.
29. FAO. 2013. Producción. Cultivos. [en línea]. FAOSTAT. <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>>. [Consulta: 9 abril 2015].
30. Faiguenbaum, H. 1983. Cultivo del maní. El Campesino 114(10): 22-29.
31. Ferguson, M., P. Bramel and S. Chandra. 2004. Gene diversity among botanical varieties in peanut (*Arachis hypogaea* L.). Crop Sci. 44(5): 1847-1854.
32. Fernández E., O. Giayetto, L. Cholaky y G. Cerioni. 2006a. Calidad comercial y alimenticia de los granos. E. Fernández (Eds). El cultivo de maní en Córdoba. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Argentina.
33. Fernández E., O. Giayetto y L. Cholaky. 2006b. Crecimiento y desarrollo. En: E. Fernández y O. Giayetto (Eds). El cultivo de maní en Córdoba. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Argentina.

34. Fernández E., O. Giayetto, L. Cholaky y G. Cerioni. 2006c. Fecha y modelos de siembra. O. Giayetto (Eds). El cultivo de maní en Córdoba. Universidad Nacional de Rio Cuarto. Rio Cuarto, Argentina.
35. Gardner, F.P. and E.O. Auma.1989. Canopy structure, light interception, and yield and market quality of peanut genotypes as influenced by planting pattern and planting date. *Field Crops Res.* 20:13-29.
36. Giayetto, O., G Ceroni, y W.E. Asnal. 1993. Respuesta del maní a diferentes modelos de siembra en la Región de Rio Cuarto (Córdoba). 13^{va} Jornada Nacional del Maní. Gral. Cabrera – Cba. 24/09/98. Resúmenes. p: 20.
37. Giayetto, O., G Ceroni, y W.E. Asnal. 1994. Respuesta del maní a diferentes modelos de siembra en la Región de Rio Cuarto (Córdoba) ciclo 1993-94. 9^{va} Jornada Nacional del Maní. Gral. Cabrera – Cba. 15/09/94. Resúmenes. pp: 26-27.
38. Giayetto, O., G Ceroni, y W.E. Asnal. 1995a. Respuesta del Maní (*Arachis hypogaea* L.) a diferentes modelos de siembra en Córdoba, Argentina. I Congreso Nacional de Soya y II Reunión Nacional de oleaginosas. Pergamino (Bs As), Tomo II: 46-53.
39. Giayetto, O., G Ceroni, y M.S. Amín. 1995b. Respuesta del Maní (*Arachis hypogaea* L.) a diferentes modelos de siembra en la región centro-sur de Córdoba. 10^{ma} Jornada Nacional del Maní. Gral. Cabrera (Córdoba), Actas de resúmenes: 6-7.
40. Giayetto, O., G Ceroni, and W.E. Asnal. 1998. Effect of sowing spacing on vegetative growth, dry matter production, and peanut pod yield. *Peanut Sci.* 25:86-92.
41. Giayetto O., G. Ceroni and M. Amín. 2003. Use of asymptotic model to obtain optimum plant density in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Peanut Science and Technology* 32: 5-13.
42. Giayetto O., E. Fernandez, G. Cerioni, F. Morla, M. Rosso, M. Kearney y M. Violante. 2012. Caracterización ecofisiológica de genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.) en Córdoba, Argentina. *Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industrials* 1 (3): 201- 211.
43. Hang, A., D. McCloud, K. Boote and W. Duncan. 1984. Shade effects on

growth, partitioning and yield of peanuts. *Crop Sci.* 24:109-115.

44. Haro, R.J., Otegui, M.E., Collino, D.J., Dardanelli, J.L., 2007. Environmental effects on seed yield determination of irrigated peanut crops: links with radiation use efficiency and crop growth rate. *Field Crops Res.* 103: 217 - 228.
45. Haro, R.J., Dardanelli, J.L., Otegui, M.E., Collino, D.J., 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 Res.* 109, 24–33.
46. Holbrook, C. and H. Stalker. 2003. Peanut breeding and genetic resources. *Plant Breed. Rev.* 22:297-356.
47. INE (Chile). 2007. Superficie sembrada, producción y rendimiento de cultivos industriales, en riego y seco, según región, provincia y especie [en línea]. INE. <http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios/xls_comunas/8.xls>. [Consulta: 23 junio 2012].
48. Jaaffar, Z. and F.P. Gardner. 1988. Canopy development, yield, and market quality in peanut as affected by genotypes and planting pattern. *Crop Sci.* 28(2): 299-305.
49. Khan, A. and A. Akosu. 1971. The physiology of groundnut. I. An autoradiographic study of the Pattern of distribution of ¹⁴Carbon product. *Physiol. Plant.* 24: 471-475.
50. Knauff, D., Norden A. and Gorbet D. 1987. Peanut. pp. 346-384. In: W. Fehr (Ed.). *Principles of cultivar development*. V2. Macmillan Publishing, N.Y., USA.
51. Krapovickas, A. y W. Gregory. 1994. Taxonomía del género *Arachis* (Leguminosae). *Bonplandia* 8: 1-186.
52. Krapovickas, A., R.O. Vanni, J. R. Pietrarelli, D. E. Williams and C.E. Simpson. 2009. The peanut landraces from Bolivia. *Bonplandia* 18 (2) 95-189. ISSN:0524-0476.
53. Kruk, B. y E. Satorre 2003. Densidad y arreglo espacial del cultivo. pp. 279-318. En E. Satorre, R. Benech, G. Slafer, E. de la Fuente, D. Miralles, M.

Otegui y R. Savin (Eds). Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina.

54. Kvien, C.S. and C.L. Bergmark. 1987. Growth and development of the Florunner peanut cultivar as influenced by population, planting date and water availability. *Peanut Sci.* 14(1):11-16.
55. Leong, S.K. and C.K. Ong. 1983. The influences of temperature and soil water deficit on the development and morphology of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *J. Exp. Bot.* 34 (148): 1551-1561.
56. Ma, L., Gardner, F. P., y Selamat, A. 1992. Estimation of leaf area from leaf and total mass measurements in peanut. *Crop Sci.* 32: 467-471.
57. Martins, D. y M. Pitelli. 1994. Interferência das plantas daninhas na cultura do amendoim das águas: efeitos de espaçamentos, variedades e períodos de convivência. *Planta daninha* 12(1): 87-92.
58. Nambiar, P.T.C., P.J. Dart; B. Srinivasa and H.N. Ravishankar. 1984. Response of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to Rhizobium inoculation. *Oléagineux* 39(3): 149-155.
59. Nakagawa, J., D. de Campos Lasca, G. de Souza Neves, J.P. de Souza Neves; M. Nunes da Silva; S. Veraguas Sanches; V. Barbosa e C. A. V. Rossetto. 2000. Densidade de plantas e produção de amendoim. *Sci. Agric.* 57(1): 67-73.
60. ODEPA, 2014. Avance por product de exportaciones/importaciones [en línea]. ODEPA, Chile. <<http://www.odepa.cl/avance-por-producto-de-exportacionesimportaciones/>>. [Consulta: 9 abril 2015].
61. Ong, C.K. 1984. The influence of temperature and water deficits on the partitioning of dry matter in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) *J. Exp. Bot.* 35(154): 746-755.
62. Ono, Y. and K. Ozaki. 1974. Effects of air temperature on pod development and yield of peanut plant. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan* 43(2):242-243.
63. Ono, Y., K. Ozaki and K. Nakayama. 1974. Effects of air temperature on flowering of peanut plant. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan* 43(2):237-241.

64. Pattee, H.E., E.B. Johns, J.A. Singleton and T.H. Sanders. 1974. Composition changes of peanut fruit parts during maturation. *Peanut Sci.* 1:57-62.
65. Pedelini R. 2008. Maní: guía práctica para su cultivo. Boletín de divulgación Técnica N°2. Estación Experimental Manfredi. Córdoba, Argentina.
66. Pereira, C., J. Alves, M. da Silva e D. Oliveira. 2008. Características agronomicas e produtividade de amendoim em diferentes espacamentos e épocas de semeadura no reconcavo baiano. *Bragantia* 67(3): 563-568.
67. Pérez, H. 2007. Efecto de la fertilización química sobre el rendimiento y calidad del grano del maní (*Arachis hypogaea* L.), en la aldea Las Cruces, La libertad, Petén. Ing. Agrón. Universidad de San Carlos, Fac. Agronomía, Guatemala.
68. Putnam, D.H., E.S. Oplinger, T.M. Teynor, E.A. Oelke, K.A. Kelling, and J.D. Doll. 1991. Maní. pp: 1-12. *Alternative field crops manual*. University of Minnesota. Minnesota, USA.
69. Satorre, E. H. 1999. The competitive ability of spring cereals. PhD Thesis, University of Reading. UK.
70. Savage G.P. and Keenan J.I. 1994. The composition and nutritive value of groundnut kernels: *The Groundnut Crop*. Ed. by J. Smart. Chapman and Hall. London. UK. Ch. 6:173 - 213.
71. Smartt, J., W. C. Gregory and M. P. Gregory. 1978. The genomes of *Arachis hypogaea*. 1. Cytogenetic studies of putative genome donors. *Euphytica* 27: 665–675.
72. Sprent, J. 1994. Nitrogen fixation. In: Smartt. *The groundnut crop*. Chapman and Hall. Londres. UK. Cap. 8.pp: 255-280.
73. Tewolde, H., M.C. Black, C.J. Fernández, and A.M. Schubert. 2002. Pod yield response of two runner peanut cultivars to seeding rate and irrigation. *Peanut Sci.* 29:1-8.
74. Tom, W.H. and R.V. Weaver. 1981. Seasonal nitrogen fixation and dry matter accumulation by peanuts. *Agron. J.* 73:525-528.

75. USDA 2010. Oilseed: World markets and trade. Circular Series April 2010.
76. USDA 2011. Oilseeds: World markets and trade. Circular Series October 2011.
77. Vallejos, B.A. 2011. Caracterización morfológica y fenológica de veinte accesiones de maní (*Arachis hypogaea* L.) Memoria de título, Ing. Agrón. Universidad de Concepción, Fac. Agronomía. Chillán, Chile.
78. Vega, C.R.C y F.H. Andrade. 2000. Densidad de plantas y espaciamento entre hileras. En: F.H Andrade y V.O. Sadras (eds.); Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soya. Editorial Médica Panamericana S.A., Argentina. Pp 97-133.
79. Wells, R. 1993. Dynamics of soybean growth and variable planting patterns. Agron. J. 85: 44 - 48.
80. Williams, J.H., J.H. Wilson and G.C. Bate. 1975. The growth of groundnut (*Arachis hypogaea* L. cv. Makulu Red). At three altitudes in Rhodesia. Rhod. J. Agric. Res. 14: 111-117.
81. Williams, J.H. 1979. The physiology of groundnut (*Arachis hypogaea* L. cv. Egrett) 1. General growth and development. Rhod. J. Agric. Res.14: 111-117.
82. Yayok, J.Y.1979. Effects of varieties and spacing on growth, development and dry matter distribution in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) at two locations in Nigeria. Expl. Agric. 15: 339-351.
83. Zapata, N., M. Vargas, V. L. Finot y B. Vallejos. 2012. Caracterización fenológica y morfológica de veinte accesiones de maní (*Arachis hypogaea* L.) establecidas en la Provincia de Ñuble, Chile. Agro-Ciencia 28 (2): 127-137.
84. Ziu, M. and E. Zamaski. 1975. Geotropic responses and pod development in gynophore in plant of peanut (*Arachis hypogaea* L.) culture in vitro. Ann. Bot. 39: 579-583.

APÉNDICES

Apéndice 1. Análisis químico de suelo preliminar al establecimiento del ensayo, durante las temporadas 2011 - 2012 y 2012 - 2013.

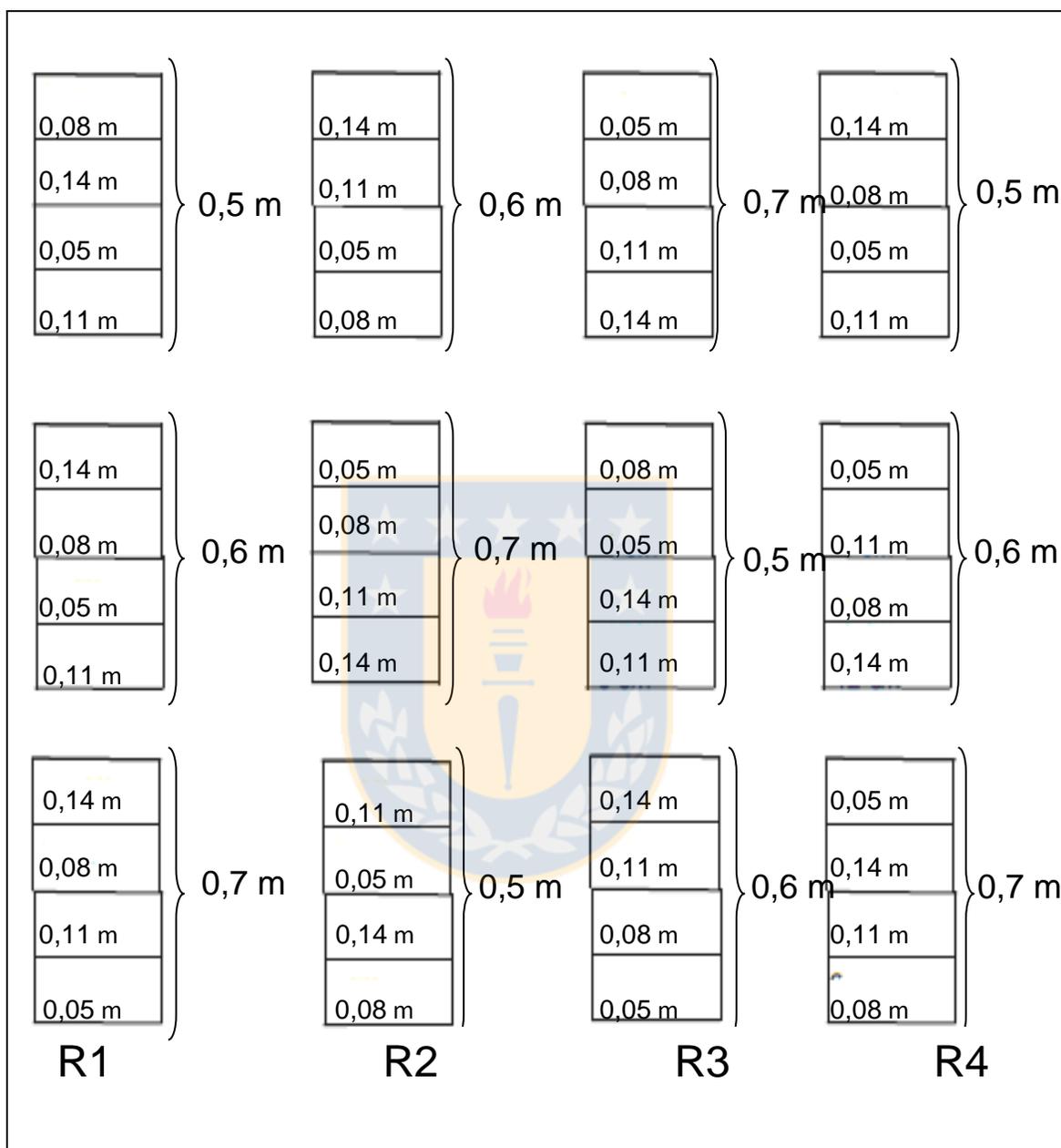
Análisis químico de suelos	Temporada 2011-2012	Temporada 2012-2013
pH en agua	6,15	6,61
Materia orgánica (%)	6,14	7,51
Nitratos (N-NO ₃) (mg kg ⁻¹)	5,5	6,1
Fósforo Olsen (mg kg ⁻¹)	16,0	21,1
K disponible (mg kg ⁻¹)	432,3	433,3
K intercambiable (cmol kg ⁻¹)	1,11	1,11
Ca intercambiable (cmol kg ⁻¹)	7,09	9,22

Fuente: Laboratorio de Suelos, Universidad de Concepción Campus Chillán.

Apéndice 2. Distancia entre hileras (DEH), distancia sobre hilera (DSH) y densidad poblacional.

DEH (m)	DSH (m)	Densidad poblacional	
		Plantas ha ⁻¹	Plantas m ⁻²
0,5	0,05	400.000	40
	0,08	250.000	25
	0,11	181.818	18
	0,14	142.857	14
0,6	0,05	333.333	33
	0,08	208.333	21
	0,11	151.515	15
	0,14	119.047	12
0,7	0,05	285.714	29
	0,08	178.571	18
	0,11	129.870	13
	0,14	102.040	10

Apéndice 3. Arreglo de parcela dividida, donde la parcela principal corresponde a distancia entre hileras (0,5; 0,6; 0,7 m) y la subparcela a distancia sobre hilera (0,05; 0,08; 0,11; 0,14m).



Apéndice 4. Costo del cultivo de maní en el valle central regado, Provincia de Ñuble.

Ítem	Costo (\$ ha ⁻¹)
Maquinarias	180.000
Agroquímico	806.485
Mano de obra	426.000
Total	1.412.485

