

ANALISIS COMPARATIVO DE LA PRODUCCION COMERCIAL DE CUATRO  
VARIETADES DE ALVERJA EN HIDROPONIA BAJO CUBIERTA  
Y A LIBRE EXPOSICION

AMELIA ANEZ VILLEGAS

Director: ANTONIO ANGARITA ZERDA

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Agronomía

Bogotá, junio de 1991

## INDICE

	Pag.
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	4
2.1 El Cultivo de la Alverja <u>Pisum sativum</u> L.	4
2.1.1 Generalidades	4
2.1.2 Descripción Botánica	7
2.1.3 Ecofisiología del Cultivo	9
2.2 Los Cultivos sin Suelo o Hidropónicos	17
2.2.1 Antecedentes Históricos de la Hidroponía	17
3. MATERIALES Y METODOS	25
3.1 Localización	25
3.2 Materiales	25
3.2.1 Material Vegetal	25
3.2.2 Instalaciones	26
3.2.3 Bancadas	27
3.2.4 Sustrato	27
3.2.5 Solución Nutritiva	29
3.2.6 Sistema de Riego por Goteo	30
3.2.7 Materiales de Campo	30
3.2.8 Manejo	31
3.3 Métodos	31
3.3.1 Caracterización Fenológica	31
3.3.2 Parámetros de rendimiento	33
3.3.3 Diseño Experimental y Análisis Estadístico	34
4. RESULTADOS Y DISCUSION	37
4.1 Caracterización Fenológica	37
4.2 Efectos de Cubierta	39
4.3 Comportamiento de las variedades	
5. CONCLUSIONES	51
6. RECOMENDACIONES	52
7. RESUMEN	
8. SUMMARY	
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

	PAG.
TABLA 1. Etapas del ciclo de cultivo de cuatro variedades de alverja y número de pases de cosecha.	38
TABLA 2. Rendimiento (Kg/M <sup>2</sup> ) de vainas frescas de cuatro variedades de alverja en cultivo hidropónico bajo cubierta.	40
TABLA 3. Rendimiento (Kg/m <sup>2</sup> ) de vainas frescas de cuatro variedades de alverja en cultivo hidropónico sin cubierta.	40
TABLA 4. Número de plantas/m <sup>2</sup> de cuatro variedades de alverja en cultivo hidropónico bajo cubierta.	41
TABLA 5. Número de plantas/m <sup>2</sup> de cuatro variedades de alverja en cultivo hidropónico sin cubierta.	41
TABLA 6. Número de vainas/planta de cuatro variedades de alverja en cultivo hidropónico bajo cubierta.	42
TABLA 7. Número de vainas/planta de cuatro variedades de alverja en cultivo hidropónico sin cubierta.	42
TABLA 8. Peso promedio (g) de vaina de cuatro variedades de alverja en cultivo hidropónico bajo cubierta.	43
TABLA 9. Peso promedio (g) de vaina de cuatro variedades de alverja en cultivo hidropónico sin cubierta.	43
TABLA 10. Número de granos/vaina de cuatro variedades de alverja en cultivo hidropónico bajo cubierta.	44
TABLA 11. Número de granos/vaina de cuatro variedades de alverja en cultivo hidropónico sin cubierta.	44
TABLA 12. Peso promedio (g) de grano de cuatro variedades de alverja en cultivo hidropónico bajo cubierta.	45
TABLA 13. Peso promedio (g) de grano de cuatro variedades de alverja en cultivo hidropónico sin cubierta.	45
TABLA 14. Comparación de los componentes del rendimiento de los tratamientos con y sin cubierta.	47
TABLA 15. Pruebas de comparación por DMS de los componentes del rendimiento de cuatro variedades de alverja.	49

## INDICE DE FIGURAS

	PAG.
FIGURA 1. Distribución de los ensayos en campo	28
FIGURA 2. Disposición de la semilla en la bancada	31
FIGURA 3. Tamaño de la unidad experimental y ubicación del riego.	30

## INDICE DE ANEXOS

- ANEXO 1. Pruebas de homogeneidad de varianzas de Hartley.
- ANEXO 2. Análisis simple y combinado de varianza de la variable Kg/m<sup>2</sup> de vainas frescas en cultivo hidropónico con y sin cubierta.
- ANEXO 3. Análisis simple y combinado de varianza de la variable número de plantas/m<sup>2</sup> en cultivo hidropónico con y sin cubierta.
- ANEXO 4. Análisis simple y combinado de varianza de la variable número de vainas/planta en cultivo hidropónico con y sin cubierta.
- ANEXO 5. Análisis simple y combinado de varianza de la variable peso promedio de vaina de cuatro variedades de alverja en cultivo hidropónico con y sin cubierta.
- ANEXO 6. Análisis simple y combinado de varianza del número de granos/vaina de cuatro variedades de alverja en cultivo hidropónico con y sin cubierta.
- ANEXO 7. Análisis simple y combinado de varianza del peso promedio de granos de cuatro variedades de alverja en cultivo hidropónico con y sin cubierta.

Ministerio de Agricultura  
DE COLOMBIA

## 1. INTRODUCCION

La necesidad siempre creciente de alimentos en un mundo hambriento impone obligaciones ineludibles de tipo investigativo en los sectores relacionados con la producción agrícola, particularmente en el área hortícola, en donde cualquier esfuerzo dirigido a aumentar los rendimientos y la calidad de las cosechas es ampliamente justificado.

En esta línea de interés se ubican pues, la experimentación y el estudio de los sistemas hidropónicos de producción de arvejas, cubiertos y a cielo abierto, en tanto alternativas que ofrecen interesantes ventajas con respecto a las formas tradicionales de producción de esta leguminosa en nuestro medio. La validación, ajuste y desarrollo de tecnologías, mejor y más ampliamente acogidas en otras latitudes, pero novedosas y de incipiente desenvolvimiento en nuestro medio, son contribuciones importantes dentro de la perspectiva de construcción de una mejor, más rica y provechosa agricultura.

Se contempla, no sin cierta sorpresa, que el panorama nacional de

la investigación disponible en el cultivo de alverja es casi desértico, y que esta situación no se compadece con la enorme importancia y los interesantes atributos tanto agronómicos, como ecológicos y alimenticios que caracterizan a esta leguminosa.

En lo que respecta al nivel de los rendimientos alcanzados en la práctica de su cultivo, observamos que estos son muy deficientes y que en mucho tiempo, la oferta de semillas se ha concretado a una o máximo dos variedades comerciales, dejando de lado la experimentación con nuevos materiales que ofrecen interesantes ventajas productivas, ciclos más cortos y legumbres de mejor calidad comercial.

En este orden de ideas se propuso realizar un estudio, cuyo objetivo principal es hacer un análisis comparativo de la producción de cuatro variedades de alverja en hidroponía bajo cubierta y a libre exposición.

Los objetivos específicos son, la cuantificación del rendimiento de las cuatro variedades de alverja bajo cubierta y a libre exposición, sembradas en hidroponía y de manera comercial, y el análisis fenológico del comportamiento de las cuatro variedades bajo cubierta y a libre exposición.

Se espera que la discusión sobre el desarrollo de este trabajo en hidroponía, como de los resultados obtenidos, contribuya en la

definición de nuevos propósitos de investigación en el área, particularmente en la precisión de los requerimientos nutricionales específicos del cultivo y del momento adecuado para cumplir con ellos. En un sentido más amplio se espera que contribuya también, en la formulación de nuevas formas "híbridas" de producción, menos vulnerables y dependientes que los sistemas 100% hidropónicos, pero que gocen de las ventajas y beneficios comparativos que éstos ofrecen, especialmente en la incuestionable calidad de sus productos y en el asombroso aumento potencial de los rendimientos.

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 El Cultivo de la Alverja Pisum sativum L.

#### 2.1.1 Generalidades.

La tesis sobre el origen del género Pisum, apoyada en descubrimientos arqueológicos de semillas de arveja encontradas en asentamientos humanos muy primitivos, lo sitúa, por lo menos, hacia la Edad de Piedra en el Medio Oriente (Cole, 1961; Hawkes y Wooley, 1963; Janick et al., 1969). Según Ben-Ze'ev y Zohary (1973), esta región es posiblemente el centro de origen de gran parte de la diversidad de géneros pertenecientes a la familia Leguminosae, así como la residencia preferida de numerosas formas primitivas del género Pisum. Parece que la gran expansión del cultivo de arveja obedeció a la combinación de factores tales como la ausencia de sustancias tóxicas, altos niveles de digestibilidad (mayor que el de muchas otras leguminosas), requerimientos acordes con la disponibilidad de recursos en la época y ausencia de capas impermeables que pudiesen ocasionar dormancia en la semilla (Pate, 1977).

Con todas estas ventajas a su favor, el cultivo de la alverja, fué rapidamente extendiéndose en el tiempo y en el espacio, de manera que incluso para culturas como la Griega y la Romana, su práctica fué algo corriente (Cole, 1961). En la actualidad está diseminado en casi la totalidad de la zona templada del planeta y se practica también en las regiones elevadas de la franja tropical. La corta duración del ciclo del cultivo se ha constituido en otro atractivo adicional de esta leguminosa, además de que hoy en día el mercado de materiales de propagación ofrece una gran variedad de cultivares; los hay de ciclo corto, medio, con semillas lisas, rugosas, dulces, menos dulces, grandes, chicas, en algunos casos con resistencia a los inviernos en climas cálidos, y en otros, con resistencia a las heladas (Pate, 1977).

Según datos de la FAO (1974), cerca de nueve millones de hectáreas en el mundo estaban destinadas al cultivo y producción de arveja seca. Dentro de esta gran extensión, la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas y la China, colaboraban con más de las tres cuartas partes del total. Dawson y Farrington en 1974 calcularon que la alverja ocupaba el tercer o cuarto lugar en la producción mundial de leguminosas de grano. Aunque el área para el cultivo de la alverja verde, para consumo fresco, es mucho menor y su distribución geográfica menos amplia, desde hace más de 30 años ha venido recibiendo un fuerte impulso, sobre todo en los países desarrollados, y principalmente en los Estados

Unidos, en donde su cultivo se hace en medio de una alta sofisticación tecnológica. Actualmente la alverja se consume en verde, en seco, ensilada para alimentación animal, también sirve como abono verde, y comienza a ser comercializada deshidratada, y precocida-congelada.

La capacidad fijadora de nitrógeno de la alverja, le ha valido igualmente, un lugar preponderante como abono verde, y en la perspectiva de una mejor cuidado de los recursos renovables, sería necesario insistir en ésta práctica, sobre todo, como alternativa de relativo bajo costo en la pequeña propiedad parcelaria (Buckman y Brady, 1970).

Otro aspecto importante del cultivo de la alverja, es el aporte proteínico a la dieta alimenticia humana, el cual es definitivamente superior en estado seco, pero no deja de ser importante en fresco. Sin embargo y aunque frente a otras leguminosas como la soya o el haba, el contenido proteínico de la alverja es menor, el mejoramiento del cultivo ha estado orientado a lograr mejores características de palatabilidad, dejando de lado aspectos tales como el aumento en calidad y cantidad proteínicas (Pate, 1977).

En nuestro país y según datos del Ministerio de Agricultura (1975) se sembraron 20.000 hectáreas de alverja, y se obtuvo un rendimiento promedio de 800 kilogramos por unidad de área, los

cuales debieron corresponder exclusivamente a alverja en vaina, para consumo fresco (Arjona, 1977). Esto demuestra que a pesar de que las ventajas de su práctica son múltiples, la alverja no es, hoy por hoy en Colombia, un renglón productivo destacado. En esta medida, se espera que este trabajo contribuya, a ampliar la base de su conocimiento, de hecho muy escaso en nuestro medio, y a partir de ésto sea posible un mejor manejo agronómico del cultivo.

#### 2.1.2 Descripción botánica

La alverja es una planta dicotiledónea, del orden Leguminales, reconocida como del género Pisum y de la especie sativum; sin embargo y como reconociese Linnaeus, existen Pisum arvense y Pisum sativum, y como P. arvense es de características más primitivas que P. sativum, hay muy poca duda de que esta última haya podido anteceder a P. arvense, de manera que sería más lógico, aceptar a P. arvense como el nombre de la especie (Marx, 1977). Esto fué formalmente propuesto por Lamprecht en 1966, quien después de todo reconoció que, dado que P. sativum ha estado tan solidamente arraigado en la literatura científica, sería un dudoso mérito presionar por su cambio.

De manera que es generalmente aceptado que P. arvense es una variedad, identificada como la alverja de campo, para consumo en

seco. La alverja para consumo en fresco, sería la variedad P. hortense (Arjona, 1977).

La alverja, es una planta anual, herbácea y trepadora. De tallo hueco ligeramente estriado, que presenta según la variedad, crecimiento determinado o indeterminado y que también según el caso, se ramifica o no al nivel del cuello de la planta. Su raíz es pivotante, con abundante ramificación de tipo primaria y secundaria, y es susceptible de conformar la simbiosis con las bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico. Sus hojas son compuestas, imparipinadas, con folíolos de forma elíptica, en cuya base se desarrollan estipulas que superan el tamaño de éstos últimos. En los nudos terminales, los folíolos se transforman en zarcillos persistentes del mismo color verde de toda la planta. Sus flores, las cuales nacen en las axilas de las hojas, están organizadas en racimos de 2 o 3, y son pentámeras blancas o moradas; de ovario súpero, unicarpelar, unilocular, con 5 a 10 óvulos. El fruto es una legumbre dehiscente y comestible, la cual contiene semillas de testa delgada, carentes de endospermo y de germinación hipogea, con una viabilidad estimada entre 2 y 3 años. La polinización es autógama (Arjona, 1977).

### 2.1.3 Ecofisiología del cultivo

#### 2.1.3.1 Requerimientos climáticos y edáficos

Su mejor desarrollo se consigue en altitudes entre 2400 y 2600 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas entre 13 y 15 grados; es un cultivo llamado de época seca, que exhibe gran tolerancia a condiciones de baja humedad. Su saturación lumínica ocurre al nivel de 17.6 kilo-lux; el normal desarrollo de la fotosíntesis y la formación de nódulos, se ven afectados en condiciones de baja intensidad lumínica. Las variedades precoces parecen ser indiferentes a la duración del día (Arjona, 1977).

En cuanto a los suelos, sus exigencias no son particulares, aunque necesita buenos drenajes, Ph óptimo entre 5.5 y 6.7, y buenos contenidos de calcio.

#### 2.1.3.2 Aspectos generales sobre el crecimiento vegetativo

Aunque la viabilidad de la semilla de esta planta no se mantiene durante mucho tiempo, su germinación ocurre en una forma rápida y relativamente uniforme cuando se ubica en condiciones favorables.

En el caso de la alverja, la distinción en la sucesión clara de

las cuatro etapas que constituyen la germinación, y que son fácilmente detectables en lechuga (Evenari, 1961), tomate, avena, etc., (Went, 1961), no es posible, ya que luego de ocurridas la imbibición y la segunda fase de activación, no existe separación clara entre la mitosis y la protrusión. De manera que hasta que se produce la emergencia de la radícula, momento en el cual se define en arveja la transición hacia el estado inicial de plántula, no se distinguen sino dos estadios (Sutcliffe y Bryant, 1977).

Durante las primeras cuatro horas en que la semilla está embebida, tiene lugar la imbibición o captación rápida y reversible de agua. Luego viene la fase de activación en la que el proceso anterior se reduce, mientras se incrementa la actividad metabólica. En esta fase es probable que se inicie la síntesis de RNA y proteínas, al tiempo que se produce un incremento en el volumen de la radícula, la cuál está a punto de emerger. El crecimiento del eje de la planta, definido como un aumento en el peso seco, no ocurre sino hasta después de la emergencia, cuando se produce un gran incremento del contenido de los ácidos nucleicos en el mismo (Sutcliffe y Bryant, 1977).

Matthews (1977) reportó que en el estadio inicial de plántula, continúa el crecimiento del eje, el cuál es concomitante con el desarrollo de la actividad fotosintética y con la dependencia creciente por la absorción radicular de las sustancias inor-

gánicas, disponibles en el medio externo. La movilización de materiales de reserva desde los cotiledones, al igual que su transporte hacia el eje, se suceden igualmente durante este estado, que finaliza con la senescencia y abscisión de los cotiledones. El control de la actividad metabólica de estas estructuras es gobernado por estímulos provenientes del eje de la planta.

Una vez que ha aparecido la plúmula por encima del suelo, se considera que ha tenido lugar la emergencia. Según Matthews (1977), en alverja, el desarrollo desde la siembra de la semilla hasta el establecimiento de la plántula, debe comprender además de los estados ya tratados de imbibición y germinación, las fases de crecimiento pre y postemergente.

Bajas tasas de difusión de oxígeno en el suelo y atmósferas con bajo contenido de oxígeno pueden afectar seriamente la emergencia de los cultivos. Unger y Danielson en 1965 encontraron que la germinación se lleva a cabo incluso sin el consurso de oxígeno, pero que el subsecuente crecimiento de la radícula, era menor en condiciones de bajo contenido atmosférico de este elemento. Concentraciones de bióxido de carbono por encima de lo normal, parecen no tener efecto, ni en la germinación, ni en el ulterior proceso de crecimiento. La experimentación ha puesto al descubierto, que el tiempo que precede a la aparición de la radícula, transcurre bajo condiciones anaérobicas, que explicarían conve-

nientemente porque la germinación no se ve afectada por la falta de oxígeno; sin embargo esta misma carencia tiene efectos detrimentales en la preemergencia, concretamente en situaciones de exceso de humedad del suelo (Erickson y Van Doren, 1975).

El proceso de formación de raíces laterales, a partir de la aparición de la radícula, alrededor de 48 horas después de que ha comenzado la imbibición, tiene lugar desde la base de la misma, y entre 1 y 2 centímetros del lugar de conexión cotiledonal. Una vez que se sucede la germinación hipógea, y que el epicotilo empieza a emerger en tanto la radícula comienza a penetrar en profundidad, estas raíces laterales se empiezan a extender en secuencia acrópetala, formando tres filas a lo largo del eje radicular. La radícula es la estructura desde la cual se controlan los procesos de formación del sistema de absorción, el cual, una vez alcanzada la madurez estará conformado por una raíz primaria, raíces laterales de primer orden o secundarias, y raíces laterales de segundo orden o terciarias. Estas raíces laterales son las que cumplen las funciones de absorción y su formación es fisiológicamente estimulada de la misma manera, independientemente del orden al que pertenezcan (Torrey, 1977). De acuerdo con Hayward (1938), en campo la raíz primaria alcanza una profundidad incluso por encima de los 1,2 metros. La magnitud de la nodulación, dependerá principalmente del genotipo del Rhizobium infectivo y de la variedad de alverja; se producirá unos 12 días después de la germinación, bien sea en la raíz

primaria o en las laterales de primer orden (Torrey, 1977).

El sistema radicular en formación, debe haber alcanzado un notable crecimiento antes de que se despliegue la primera hoja, para ello requiere que su rata global de crecimiento sea alta; esto parece que lo logra la alverja, alternando periodos de intensa y reducida elongación de la raíz primaria, en perfecta coincidencia los segundos, con la formación de las raíces laterales. La curva de crecimiento del sistema de absorción de esta leguminosa, alcanza su pico más alto en cercanías a la formación del primordio floral y se frena definitivamente antes del inicio de la floración (Arjona, 1977).

#### 2.1.3.3 Generalidades sobre los procesos de fotosíntesis, respiración y acumulación de materia seca

Según demostrara Smillie en 1962, la totalidad de hojas de alverja presenta un patrón definido en la evolución de su capacidad fotosintetizadora; este alcanza una rata máxima de absorción de CO<sub>2</sub>, que coincide exactamente con la también máxima expansión foliar. En las primeras hojas que se forman al inicio del periodo vegetativo, este máximo periodo de actividad fotosintética se extiende por solo 5 días, en tanto el mismo nivel para los folíolos encargados de llenar el fruto, puede ser

cercana a los veinte días.

Aunque la rata de asimilación máxima de carbono suele variar de acuerdo con la variedad de alverja, dentro de una misma planta, no se presentan diferencias de esta variable, entre las hojas ubicadas en diversos puntos del tallo (Bryant, 1977).

En lo que respecta a la respiración, ésta va disminuyendo en la medida en que la hoja va envejeciendo, y al igual que para la actividad fotosintetizadora, no ha sido aún estudiada su evolución en el tallo, ni en los peciolo, ni en las estípulas. Aunque Flinn (1969) supone que éstas últimas son tan eficientes como los folíolos.

Con respecto a la identificación de los órganos que colaboran activamente en el aporte de materia seca necesaria para la formación de los frutos, se ha logrado establecer que son hojas y tallo, y que muy seguramente la estructura más comprometida es la hoja localizada inmediatamente debajo del fruto.

#### 2.1.3.4 El Crecimiento Reproductivo

La Floración en alverja se registra como un fenómeno genético influido por las condiciones ambientales. Se han establecido dos medidas para estudiar el comportamiento de la floración en alverja. Se trata del "Tiempo de Floración", TF y del "Nudo de

Floración, NF. El primero se define como la cantidad de días transcurridos desde la siembra hasta la apertura de la primera flor completamente desarrollada. El segundo se refiere a la posición del nudo sobre el tallo en el cual se forma la primera flor. Se deduce del estudio de la literatura al respecto, que existe una correlación entre estas medidas, y entre éstas y la determinación de los rendimientos (Murfet, 1977).

Como refiriera Arjona (1977), las variedades precoces no son sensibles a la duración del día. Se clasifica en esta categoría ya que en campo su NF es menor de 13. En las variedades tardías, este fenómeno está influido por la duración del día, y se adelanta cuando se presentan días largos y/o fríos, cuando se extienden durante el estado de plántula (Muffet, 1977).

Una vez que la flor es autopolinizada con éxito, comienza el proceso de fructificación, incluso antes de que la flor esté completamente abierta (Cooper, 1938). La ocurrencia de abortos y daños al embrión pueden presentarse con mayor frecuencia en los bordes distal y proximal de los carpelos. Los frutos experimentan primero un crecimiento en sentido longitudinal y transversal, y luego un aumento en el espesor de las paredes de las vainas, alcanzando el máximo peso fresco antes de que las semillas contenidas en éstas, activen la liberación de sustancias de reserva. A partir de este momento comienza una pérdida permanente de materia seca y de nitrógeno. Además parece haberse

comprobado que las vainas cumplen una función recicladora, al utilizar nuevamente el gas carbónico expelido en los procesos de respiración de las semillas (Flinn y Pate, 1968).

Hayward en 1938 observó que en alverja, el endospermo no alcanza un desarrollo tal, como para lograr constituirse en un depósito de reservas, como ocurre en otras leguminosas. El endospermo solo se mantiene como un tejido diferenciado durante un breve instante, comparado con el tiempo que se toma el desarrollo de la semilla; aunque la actividad de conformación y degradación de solutos en la fase inicial de formación del endospermo, da una idea de su capacidad nutricional.

Finalmente, la maduración de las semillas sigue un patrón general para toda la especie. Esta se define con la terminación de las fases de división y crecimiento celular de los cotiledones, y con la total incorporación del fluido del endospermo. El almidón se deposita en las semillas como granos individuales de amilasa; este contenido es mayor en las semillas lisas (45% de su peso), que en las arrugadas (38% del mismo). El contenido proteico de la semilla está representado en sendas fracciones de albúmina hidrosoluble y globulina salosoluble. La primera de ellas, conformada por diferentes proteínas, va incrementándose en la medida en que transcurre el proceso de maduración de la semilla, de manera que al final, ésta equivale a las dos terceras partes del contenido total de proteínas (Bain y Mercer, 1966).

## 2.2 Los cultivos sin suelo o hidropónicos

### 2.2.1 Antecedentes históricos de la hidroponía.

Si se tratara de ubicar los orígenes de las prácticas de "cultivo sin tierra", hoy conocidas como "Hidroponía", muy posiblemente habría que remontarse hasta antes del gran rey Nabucodonosor II siglo VII A.C. a quién se atribuye al parecer, el esplendor de la antigua ciudad de Babilonia, y en particular de sus deslumbrantes jardines colgantes. Estos, considerados por los Antiguos como una de Las Siete Maravillas del mundo, serán siempre un notable ejemplo de lo que con la práctica y dominio de los cultivos sin suelo puede alcanzarse. Además de los testimonios sobre el avanzado conocimiento y ejercicio de sistemas de producción sin suelo que los antiguos egipcios dejaron perdurablemente grabado tanto en la piedra como en la memoria de la evolución cultural de los pueblos, existen otras milenarias evidencias de su práctica en los Jardines Flotantes de los Aztecas en México y en los Jardines Imperiales de la China (Huterwal, 1981).

A diferencia de otras áreas de la ciencia y la tecnología nacen con identidad propia y que se imponen como necesidades por el desarrollo de las civilizaciones, "el cultivo sin tierra surge, en las postrimerías del siglo XVII, como resultado de inquietudes ajenas, propias de áreas aún con muy poco desarr

como eran la fisiología y la nutrición vegetal, y para las cuales algunos interrogantes, acusaban urgentísima resolución. Como resultado de esta confluencia de intereses, se reunieron en la tarea de esclarecer los misterios y secretos de la organización de la vida verde, tanto químicos y botánicos, como biólogos.

De esta forma, el primer experimento reportado que ha permitido que su ejecutor sea recordado como un ilustre pionero de la "hidroponía", fué el de John Woodward. Este botánico se apoyó en los resultados de las investigaciones realizadas por el ilustre Jan Van Helmont en 1600, quién dentro del marco de definición del tipo de constituyentes de las plantas y de la identificación del agua como única fuente de obtención de estas substancias, abrió el camino para el uso, por primera vez, de montajes hidropónicos en la experimentación científica (Huterwal, 1981).

Pues bien Woodward llevó a cabo siembros de menta en medios con agua de lluvia, de río y de alcantarilla y encontró, que el mayor aumento de peso en las plantas correspondió a aquellas que crecieron en el medio con mayor contenido de suelo. Dentro de su interpretación, la fuente exclusiva de materiales para el crecimiento, la constituyó el suelo (Huterwal, 1981).

Sin embargo no fué sino alrededor de cien años más tarde, ya entrado el siglo XIX, y esencialmente con el principio sobre la constitución de la materia verde de De Desaussure, y los notables

aportes de von Liebig en relación con la aplicación de la química orgánica a la fisiología vegetal, que se reconoció que la nutrición de las plantas era de naturaleza fundamentalmente mineral y que las fuentes de las cuales provenían los nutrientes eran el aire, el agua y el suelo (Resh, 1982).

A partir de esto, y gracias al refinamiento logrado en las técnicas de experimentación, se realizan, bajo la dirección del destacado químico francés Boussignault, por primera vez y de una manera rigurosa, controlada y sistemática, experimentos hidropónicos tendientes a comprobar la veracidad de una teoría científica: la teoría mineral de la nutrición vegetal. Este investigador usó medios artificiales insolubles sobre los cuales estableció cultivos que alimentó con soluciones nutritivas disueltas en agua. Su método de cultivo en ambientes diferentes al suelo, fué luego perfeccionado por Horstmar a través de un trabajo juicioso y continuado durante más de 30 años. Apoyados en estos desarrollos, Sachs y Knop, entre 1860 y 1865, establecieron las primeras fórmulas de soluciones nutritivas y con ello, y el empleo de diferentes y novedosos medios de cultivo, caracterizaron definitivamente la vía hidropónica, como una herramienta de comprobada precisión y utilidad en la experimentación (Huterwal, 1981).

Posteriormente y mediante el empleo de esta nueva técnica de experimentación se hizo posible la determinación exacta de los

requerimientos nutricionales de las plantas; se comprobó que éstas podían alcanzar un desarrollo normal cuando eran cultivadas en medios acuosos a los que previamente se les habían adicionado sales que contenían ciertos minerales. De esta forma se identificaron los elementos que los vegetales requieren en relativas grandes cantidades, y que en razón de esto, se denominan macronutrientes. Como es bien sabido este grupo lo conforman, el nitrógeno (N), el fósforo (P), el potasio (K), el calcio (Ca), el azufre (S) y el magnesio (Mg). Así mismo fueron caracterizados los microelementos o elementos nutritivos esenciales, que las plantas requieren en relativas pequeñas cantidades. Pertenecen a esta categoría el hierro (Fe), el cloro (Cl), el manganeso (Mn), el boro (B), el zinc (Zn), el cobre (Cu), y el molibdeno (Mo) (Savage, 1985).

Sin embargo todo este desarrollo histórico de los cultivos sin suelo y en particular del hidrocultivo hasta aquí presentado, corresponde al empleo y apropiación en el laboratorio, para fines exclusivamente investigativos. Pero su aplicación en la producción comercial es mucho más reciente; el interés de su uso como técnica de producción, provino inicialmente, como lo menciona Resh (1982), de las dificultades y obstáculos que enfrentó la industria de los invernaderos a mediados de los años 30, en relación con el manejo de suelos infértiles, graves y persistentes problemas patológicos y optimización en el uso de esas costosísimas instalaciones. De esta manera y acorde con las

nuevas exigencias del sector agrícola industrial, se produjo entre los años veinticinco y treinta y cinco, un importante desarrollo en el camino de transformación y ajuste de la hidroponía de experimentación hacia la hidroponía comercial.

Para este efecto fueron de vital importancia los trabajos realizados por W. F. Gericke, directo responsable de esta adaptación, a partir de los estudios y la experimentación que en Nutrición Vegetal desarrollara como investigador de la Universidad de California. Gericke estableció cultivos hidropónicos con plantas de todo tipo; desde hortalizas y frutales, hasta ornamentales. Obtuvo resultados espectaculares

que no tardaron en tomarse los periódicos y que en manos de periodistas no siempre responsables, se convirtieron en materia sensacionalista y botín de pillos y especuladores (Huterwal, 1981). Un poco como ocurre hoy en día con el boom de la hidroponía urbana en nuestro país. Todo este mal manejo de la presentación en sociedad de los cultivos sin suelo, afectó y retrasó enormemente la justa asimilación de una nueva técnica de producción, a la vez que distorsionó las posibilidades reales de su empleo para la producción de alimentos.

El segundo gran momento de la hidroponía y su consagración definitiva como un nuevo sistema de producción, fué producto de la guerra, más exactamente de la Segunda Guerra Mundial. Como resalta Huterwal (1981), a los Estados Unidos se les convirtió en

un gran problema el aprovisionamiento de sus tropas, acantonadas en una islas del Pacífico. Las grandes distancias tanto como los enormes volúmenes de alimentos requeridos, hacían excesivamente costoso su envío. Incluso y por efecto de la mala calidad y la escasez de la comida, llegaron a presentarse casos severos de avitaminosis, entre los miembros de las Fuerzas Armadas, allí dispuestos. Con miras a resolver esta grave situación, los norteamericanos se decidieron a instalar un primer gran montaje hidropónico en la isla de Ascensión, para lo cual construyeron tanques enormes de cemento, dentro de los cuales se vertieron los materiales que servirían de sustrato. Los cultivos fueron sembrados y alimentados, a la manera y con las fórmulas propuestas por Gericke. Tan solo unos pocos meses después comenzaron a cosecharse con gran éxito, los primeros frutos de los procesos hidropónicos de producción de cultivos y a resolverse así los problemas de alimentación de los combatientes.

Estimulado a su vez por los resultados obtenidos por sus vecinos territoriales en la isla de Ascensión, el gobierno canadiense decide entonces implementar también las novedosas técnicas de producción, y se lanza en Gooze Bay, península de Labrador, Canadá, al cultivo hidropónico de alimentos para sus tropas. Como lo menciona Huterwal (1981), la práctica de los cultivos sin suelo se extendió en tiempos de guerra, hacia territorios muy disímiles entre sí, particularmente en ubicación geográfica y condiciones bioclimáticas. De modo que las huertas hidropónicas

llegaron a florecer desde la isla Wake, hasta la población china de Nankin, pasando por Iwoshima y por Arinkson en la Guinea Británica.

Sin lugar a dudas el caso más curioso de hidroponía a gran escala desarrollado durante la guerra y en el periodo de la postguerra, lo constituyó el montaje que las fuerzas estadounidenses de ocupación, instalaron en Japón, obligadas ante el rechazo unánime que producía en los soldados, el consumo de alimentos provenientes de suelos abonados con desechos humanos. Esta, como observó Huterwal (1981), es una de las más antiguas y arraigadas prácticas de fertilización en la cultura rural de los nipones, actualmente abandonada.

Una buena medida de la importancia y del interés que los estadounidenses desplegaron por los cultivos sin tierra, puede estimarse en relación con el tamaño de las instalaciones hidropónicas, particularmente de aquellas construidas en el Japón. Para el año de 1953, dos de sus más importantes huertas hidropónicas abarcaban extensiones de 7 y 28 hectáreas. Según menciona Huterwal (1981), las informaciones parciales sobre la producción de una sola temporada, en las instalaciones hidropónicas ubicadas en Guinea Británica, China, Iwoshima y Japón, fueron de:

Tomates .....	2.000.000	de libras
Lechugas .....	310.000	libras

Rábanos .....	200.000	libras
Pepinos .....	440.000	libras
Cebollas .....	170.000	libras
Pimientos .....	60.000	libras.

De esta forma y con la apropiación de su desarrollo en lugares dispersos sobre toda la superficie terrestre, pero principalmente en Europa, los Estados Unidos y Rusia, los sistemas de cultivo sin suelo, han logrado, ser finalmente reconocidos como técnicas eficientes de producción; sobre todo en lugares en donde los recursos naturales, principalmente el suelo y el agua, ya sea por su composición o por el mal uso al que han sido sometidos, son inadecuados para la producción (Resh, 1982). Estas nuevas técnicas permiten obviar tales restricciones, aunque por supuesto sus soluciones no son siempre económicas. En la actualidad, tanto como en la guerra y después de ella, las ventajas comparativas del uso de las prácticas hidropónicas sobre los sistemas tradicionales, siguen siendo la potencialización de los rendimientos y la excelsa calidad de sus cosechas. Pero quizás sea necesario comenzar a establecer, para las condiciones nuestras y acorde con los recursos tanto de capital como de conocimientos agronómicos para su manejo y administración, de que disponemos en la actualidad, el verdadero valor de la relación costo/beneficio.

### 3. MATERIALES Y METODOS.

#### 3.1 Localización

Los ensayos fueron realizados en una explotación comercial de cultivos hidropónicos, ubicada en la vereda Martín y Espino, municipio de Tenjo, Departamento de Cundinamarca, a una altitud de 2600 m.s.n.m., con valores promedios de temperatura de 13,5°C, humedad relativa del 78% y precipitación anual de 900mm.

#### 3.2 Materiales

##### 3.2.1 Material vegetal

Se utilizaron semillas de las variedades Maestro, Green Arrow, Novella y Early sweet. Las tres primeras producidas por Park Seed Co., Greenwood, Estados Unidos. El catálogo promocional sobre materiales de propagación, edición 1987, los describe de la siguiente manera:

Maestro: 60 días. Alverja precoz tipo enredadera, de grandes rendimientos. Longitud de las vainas entre 10 y 12 cm. El número de granos varía entre 9 y 11 granos, de excelente sabor. De porte vigoroso, alcanza una altura entre 60 y 75 cm. Ampliamente adaptada y resistente al mildew polvoso.

Green Arrow: 70 días. Alverja tipo enredadera, con frutos de más de 11 semillas por vaina, de excelente sabor dulce. La altura de las plantas varía entre 60 y 70 cm. Resistentes al mildew veloso y a la pudrición causada por Fusarium. Las vainas se producen por pares en la parte alta de la planta.

Novella: 70 días. Plantas enanas, que no requieren tutor. Presenta gran profusión de zarcillos. Altos rendimientos en producción, con vainas de tamaño cercano a los 7 cm.

La variedad Early sweet es de la casa Asgrow, y está catalogada como un material dulce, óptimo para enlatar, cuyas plantas alcanzan una altura entre 1,00 y 1,20 m y producen vainas de tamaño promedio entre 6 y 7 cm, con un número de semillas que varía entre 6 y 7 granos.

### 3.2.2 Instalaciones

En lo que respecta al área cubierta, ésta corresponde a cuatro

naves de dos aguas, ubicadas en dirección Sur-Norte, de 6 metros de ancho por 54 metros de largo, con cubierta plástica de polietileno calibre 6 y laterales descubiertos. Las bancadas están situadas al interior, orientadas de Occidente a Oriente, y organizadas en dos sucesiones de 44 unidades, separada una de la otra por un camino central y distanciadas entre sí 0,40 m.

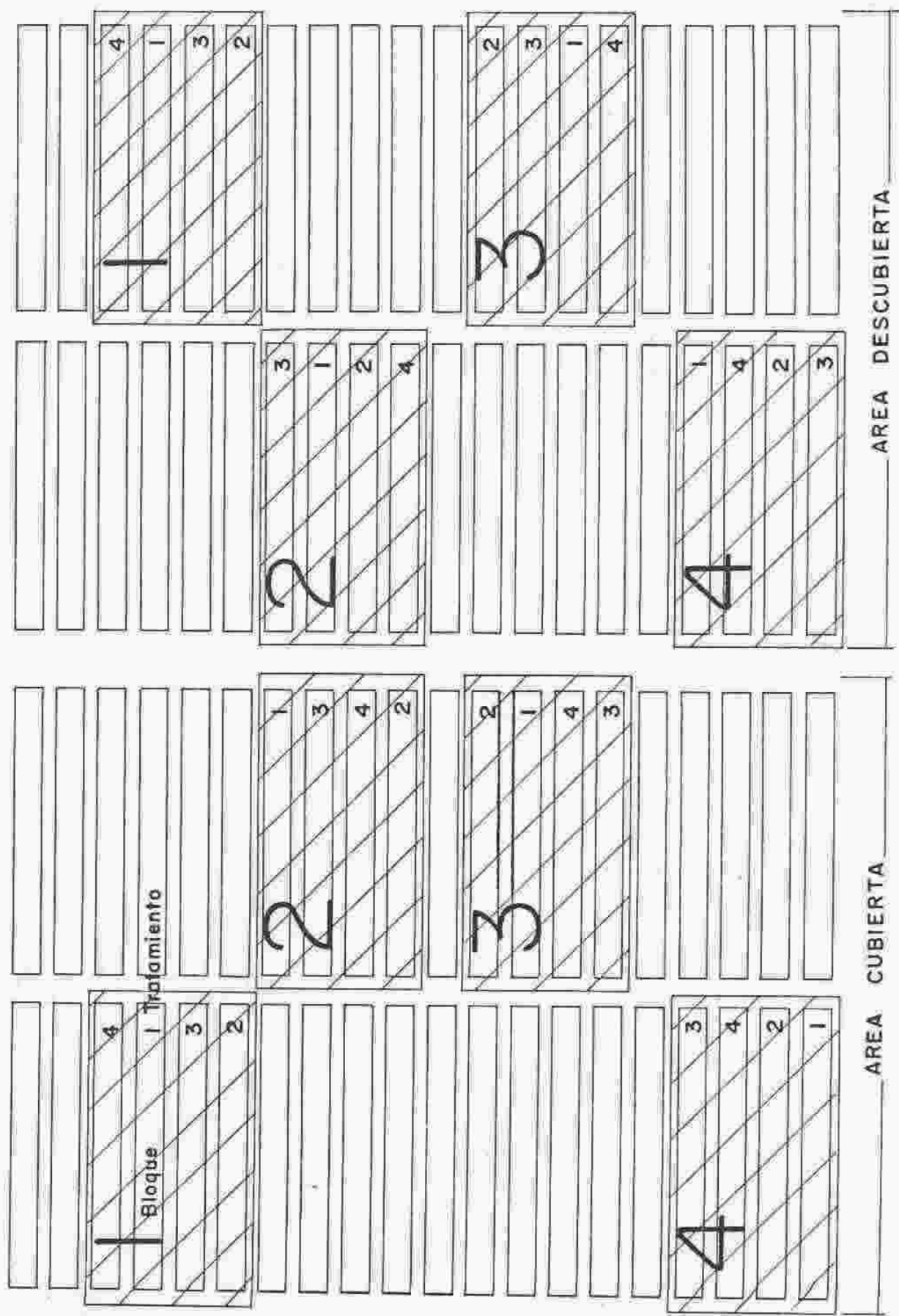
El área descubierta es exactamente de la misma magnitud y cuenta con la misma organización de la anterior. Está localizada en la misma dirección, y es contigua al área cubierta, como consta en la Figura 1.

### 3.2.3 Bancadas

De polietileno negro, calibre 8, de 0,80 m de ancho por 12 metros de largo, con una área efectiva de 10 m<sup>2</sup>, fijadas al suelo, y sostenidas con estacas de madera de 30 cm y alambre número 10.

### 3.2.4 Sustrato

Cascarilla de arroz y escoria, en proporción 2 a 1; las bancadas se llenaron con una capa de 15 cm de altura.



ESCUELA AUTODIDACTICA DE COLOMBIA

Figura 1. Distribución de los ensayos en campo.

### 3.2.5 Solución nutritiva

- Fuente de elementos mayores: nutriente líquido 4-2-5-5 de Coljap, con la siguiente composición:

Nitrógeno nítrico	N-NO	40 g/l
Nitrógeno amoniacal	N-NH	4 g/l
Fósforo asimilable	P O	20 g/l
Potasio	K O	50 g/l
Calcio	CaO	52 g/l

dosis: 5 cc de 4-2-5-5/litro de agua.

- Fuente de elementos menores: nutriente líquido HCEM-12 de Coljap, cuya composición es la siguiente:

Magnesio	Mg	24,0 g/l
Azúfre	S	16,0 g/l
Hierro 3	Fe	2,8 g/l
Manganeso	Mn	0,135 g/l
Cobre	Cu	0,015 g/l
Zinc	Zn	0,065 g/l
Boro	B	0,260 g/l
Molibdeno	Mo	0,003 g/l
Cobalto	Co	0,001 g/l
Cloro	Cl	0,450 g/l

Nitrógeno	N-NO	13,800 g/l
-----------	------	------------

dosis: 2,5 cc de HCEM-12/litro de agua.

- La mezcla nutritiva se preparó adicionando al agua la solución de mayores y complementando con el HCEM-12.

#### 3.2.6 Sistema de riego por goteo

Cada bancada estaba atravesada longitudinalmente en toda su extensión, por una manguera de polietileno negro de media pulgada, con tres microtubos de plástico de 50 cm, conectados a ésta cada 0,40 m; en el extremo libre de éstos últimos se colocó una pequeña patita de plástico, con la cual se fijaron los microtubos al sustrato. Los dos primeros microtubos cubrieron el área de cultivo al lado y lado de la manguera y el tercero, ubicado en el medio de la bancada, unos 20 cm más atrás, surtió el área central con un traslape del 10% sobre los círculos de riego descritos por los microtubos laterales. El caudal de salida era de 2 l/hora (Figura 3).

#### 3.2.7 Materiales de campo

Surcador manual de cuatro canales, costales raños de fique,

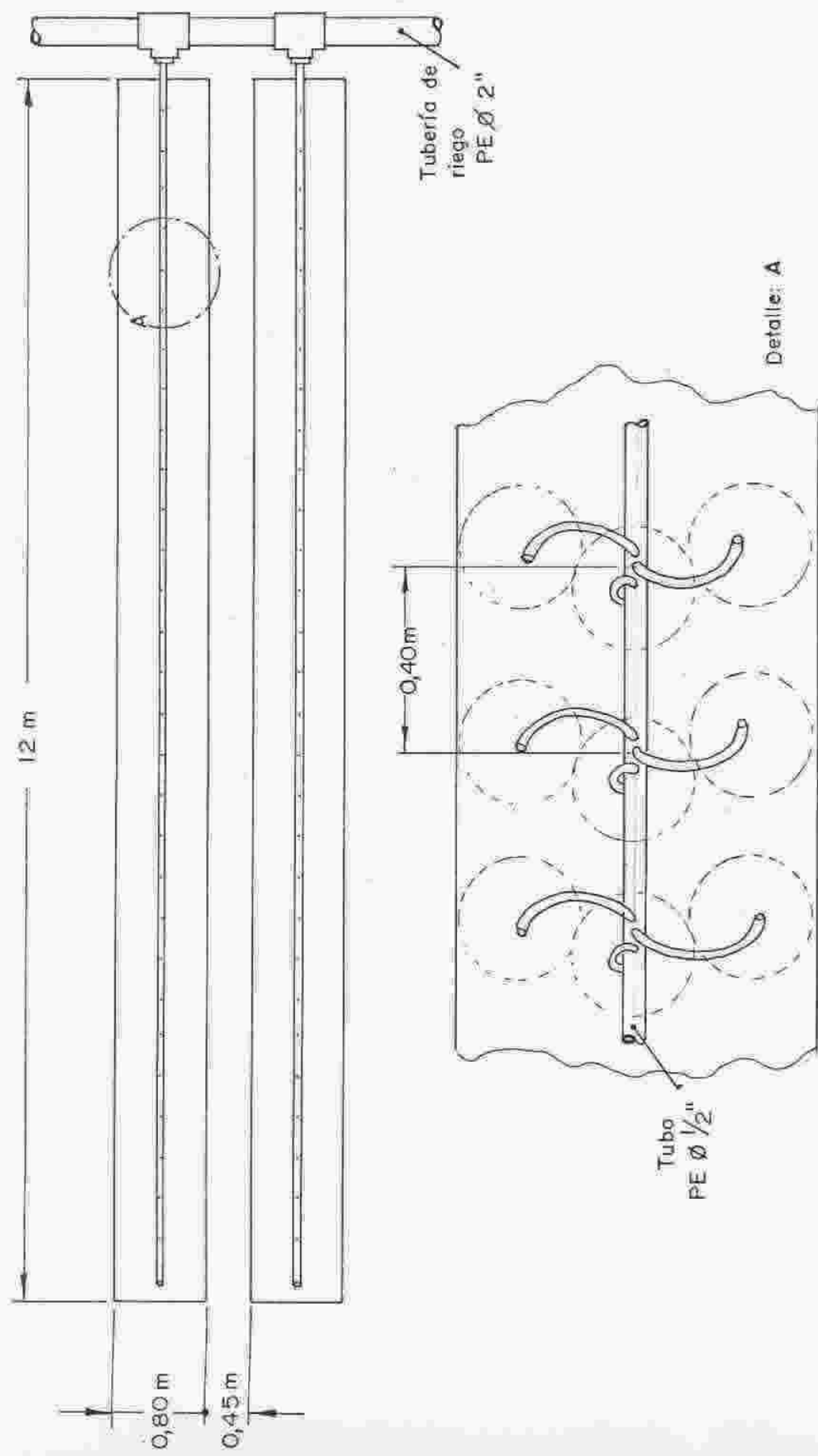


Figura 3. Tamaño de la Unidad Experimental, y, ubicación del riego.

metro, bolsas y recipientes plásticos, y balanza de precisión.

### 3.2.8 Manejo

Las semillas se sembraron sobre el sustrato previamente humedecido y surcado a una profundidad de 3 cm. La densidad utilizada fue de 56 plantas/m<sup>2</sup>, distribuidas en cuatro surcos y a una distancia de 7 cm entre semilla (Figura 2). Las bancadas se cubrieron con costales ralos de fique, los cuales ofrecieron al cultivo, protección contra los pájaros. En la etapa del establecimiento, se retiraron los costales, y se remplazó el riego diario con manguera, por la aplicación de la solución nutritiva, a través del sistema de riego por goteo, a razón de 4 litros/m<sup>2</sup>/día, divididos en dos sesiones, una a las 7 a.m. y otra a la 1 p.m.

## 3.3 Métodos

### 3.3.1 Caracterización fenológica

Se llevó a cabo a través de la observación y el registro de los siguientes parámetros: germinación, establecimiento, floración, fructificación, recolección y duración de esta etapa, en condi

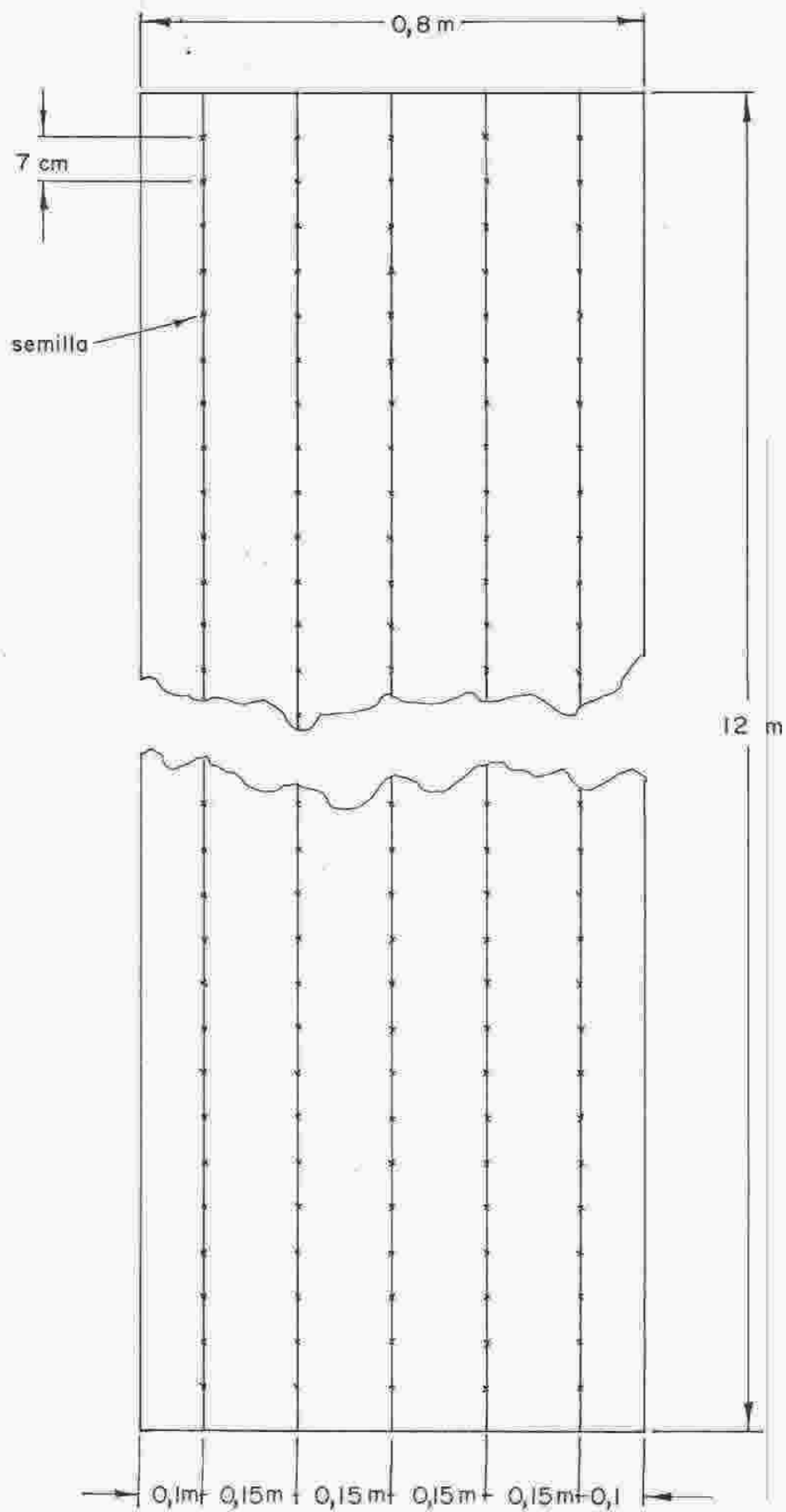


Figura 2. Disposición de la semilla en la bancada.

ciones bajo cubierta y a libre exposición.

En el momento en el que visualmente se consideró que el 50% de la población de la unidad experimental contaba con un primer par de hojas y aún no había perdido los cotiledones, se registró la ocurrencia de la germinación.

El establecimiento se definió visualmente como el momento en el que más del 50% de la población de la unidad experimental había perdido los cotiledones, tenía ya perfectamente abierto su primer par de hojas y se iniciaba la formación de nuevas estructuras aéreas.

La floración se estableció visualmente como el momento en el que el 50% de la población de la unidad experimental contaba con estructuras florales reconocibles.

La fructificación se definió visualmente como el momento en el que el 50% de la población contó con frutos perfectamente reconocibles.

El punto de recolección se determinó como el momento en el que el 50% de la población de la unidad experimental contaba con frutos en el punto de madurez comercial.

La duración de la cosecha se definió como el número de días

transcurridos desde el inicio de la recolección hasta el momento en el que visualmente se estableció que menos de un tercio de la población aún tenía flores.

### 3.3.2 Parámetros de rendimiento

Se evaluaron en el punto de madurez comercial los componentes del rendimiento para alverja: peso fresco de las vainas/m<sup>2</sup>, el número de vainas/planta, el peso de vaina, el número de granos/vaina y el peso de grano. El número de plantas/m<sup>2</sup> se evaluó con anterioridad, en la etapa de establecimiento de cada uno de los materiales bajo cubierta y a libre exposición, a partir del conteo de la población existente en un área de 1 m<sup>2</sup> elegida al azar en la bancada.

Desde el momento en el que se inició la recolección se definieron dos fechas de cosecha semanales, en cada una de las cuales se cosechó la unidad experimental en forma individual y se pesó su producción. Al término de la cosecha se sumaron las producciones de cada fecha y se obtuvo un total en kilogramos/bancada del cual se extrajo la producción en kilogramos de vainas frescas/m<sup>2</sup>.

El número de vainas/planta se estableció así: en cada fecha de recolección y para cada unidad experimental, se seleccionaron 10 plantas al azar, a las cuales se les contó el número de vainas cosechables. Al término de la cosecha se sumaron los valores

obtenidos para cada fecha y se dividió por el número total de plantas muestreadas. Este promedio se ajustó a la unidad.

El peso de vaina se estableció de la siguiente manera. Del total cosechado/bancada/fecha se seleccionaron al azar 50 vainas y se determinó su peso. Una vez terminada la cosecha se sumaron los datos de todas las fechas y se dividió por el número de vainas evaluadas.

El número de granos/vaina se estableció de la siguiente manera: de las 50 vainas/bancada/fecha seleccionadas para el cálculo del parámetro anterior, se tomaron al azar 10 vainas a las cuales se les contó el número de granos. Se sumaron los datos de todas las fechas y se dividió por el número total de vainas evaluadas, ajustando los resultados a la unidad.

A partir del total de granos provenientes de la anterior evaluación, se tomaron al azar 50 semillas por cada muestra tomada (camada/bancada/fecha) y se pesaron. Al término de la cosecha se sumaron los datos obtenidos en cada fecha y se dividió por el número de granos evaluados. De esta forma se estableció el peso de grano.

### 3.3.3 Diseño experimental y análisis estadístico

Para determinar el efecto de la cubierta se realizaron dos

ensayos independientes, uno bajo cubierta y el otro a libre exposición, a los cuales se les aplicó el diseño experimental de bloques completos al azar, con 4 tratamientos y 4 repeticiones. La unidad experimental estuvo representada por el área ocupada por una bancada la cual fué equivalente a 10 m<sup>2</sup> de área efectiva (Figura 3).

Los tratamientos estuvieron representados en los materiales de alverja, Maestro, Green Arrow, Novella y Early sweet, dispuestos al azar como se observa en la Figura 1.

A partir de los datos de campo obtenidos se calcularon se hicieron las análisis de varianza (Anava) de los siguientes parámetros:

- kg de vainas frescas/m<sup>2</sup>,
- número de plantas/m<sup>2</sup>,
- número de vainas/planta,
- peso promedio de vaina,
- número de granos/vaina,
- y peso promedio de grano.

Con base en los resultados obtenidos, se realizó una prueba de diferencia mínima significativa (D.M.S.). En seguida se comprobó, por medio de la prueba de Hartley, que las varianzas de los dos ensayos eran homogéneas (Anexo 1). Con base en este resultado se

realizó un análisis de varianza combinado de los dos ensayos.

De esta manera, siguiendo el procedimiento anteriormente mencionado, se llegó a los resultados y a la discusión que se presenta a continuación.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Caracterización fenológica

La Tabla 1 recoge la información sobre la evolución de las etapas del ciclo de cultivo de las cuatro variedades de alverja.

Se comprobó que las variedades presentaron bajo cubierta como a libre exposición características muy similares a las descritas por la casa productora (ver numeral 3.2.1 Material vegetal) en cuanto a la altura promedio y el fenotipo. La duración del ciclo de cultivo para todos los materiales fué menor bajo cubierta que a libre exposición, debido a que en la segunda, la recolección se inició más tarde y duró más, posiblemente porque la mayoría de flores pertenecientes a la primera secuencia de floración, se perdieron. En ambas condiciones y para todos los materiales, la duración del ciclo fué mayor que la estipulada para condiciones de los Estados Unidos, en donde probablemente la temperatura de la primavera es superior a la temperatura promedio de la Sabana de Bogotá.

Tabla 1. Etapas del ciclo de cultivo de 4 variedades de alverja  
 y número de pases de cosecha  
 (Número de días desde la siembra)

	MAESTRO	NOVELLA	EARLY SWEET	GREEN ARROW
Germinación	6	7	6	12
Establecimiento	8	9	8	16
Floración	47	52	39	59
Fructificación	55	62	47	70
Cosecha	83	88	82	90
Duración cosecha	20	25	18	21
TOTAL	103	113	80	111
Número de pases	7	9	6	6

La duración del ciclo de cultivo es una variable directamente relacionada con la productividad en término de tiempo y es lo que permite establecer diferencias en términos de kg. de vainas/m<sup>2</sup>/año.

#### 4.2 Efecto de la cubierta

En las tablas del 2 al 13 están consignados los resultados obtenidos bajo cubierta y a libre exposición, para el parámetro de rendimiento evaluado en:

- kg de vainas frescas/m<sup>2</sup> (Tabla 2 y 3),
- número de plantas/m<sup>2</sup> (Tablas 4 y 5),
- número de vainas/planta (Tablas 6 y 7),
- peso promedio de vaina (Tablas 8 y 9),
- número de granos/vaina (Tablas 10 y 11),
- y peso promedio de grano (tablas 12 y 13).

Se encontraron diferencias altamente significativas para las variables, kg de vainas frescas/m<sup>2</sup>, número de plantas/m<sup>2</sup>, número de vainas/planta y peso promedio de vaina (Anexos del 2 al 5). Para las variables número de granos/vaina y peso promedio de grano se encontraron diferencias significativas (Anexos 6 y 7). Esto indica claramente el mejor desempeño de los materiales bajo cubierta.



Tabla 4. Número de plantas/a2 de 4 variedades de alverja en cultivo hidropónico bajo cubierta

VARIEDAD	BLOQUES				SUM	SUM2	PROM
	1	2	3	4			
Maestro	48	41	44	43	176	7770	44
Novella	51	47	53	45	196	9644	49
Early Sweet	53	48	50	53	204	10422	51
Green Arrow	45	51	46	50	192	9242	48
SUM	197	187	193	191	768		
SUM2	9739	8795	9361	9183		37078	
PROM GEN							48

Tabla 5. Número de plantas/a2 de 4 variedades de alverja en cultivo hidropónico sin cubierta

VARIEDAD	BLOQUES				SUM	SUM2	PROM
	1	2	3	4			
Maestro	40	38	39	39	156	6086	39
Novella	44	38	43	39	164	6750	41
Early Sweet	42	47	46	45	180	8114	45
Green Arrow	41	42	36	37	156	6110	39
SUM	167	165	164	160	656		
SUM2	6981	6861	6782	6438		27060	
PROM GEN							41







Tabla 12. Peso promedio (g) de grano de 4 variedades de alverja en cultivo hidropónico bajo cubierta

VARIEDAD	BLOQUES				SUM	SUM2	PROM
	1	2	3	4			
Maestro	0.47	0.50	0.46	0.49	1.92	0.9226	0.480
Novella	0.46	0.45	0.37	0.49	1.77	0.7911	0.443
Early Sweet	0.44	0.45	0.47	0.46	1.82	0.8286	0.455
Green Arrow	0.59	0.55	0.51	0.59	2.24	1.2588	0.560
SUM	1.96	1.95	1.81	2.03	7.75		
SUM2	0.9742	0.9575	0.8295	1.0399		3.8011	
PROM GEN							0.484

Tabla 13. Peso promedio (g) de grano de 4 variedades de alverja en cultivo hidropónico sin cubierta

VARIEDAD	BLOQUES				SUM	SUM2	PROM
	1	2	3	4			
Maestro	0.41	0.42	0.47	0.48	1.78	0.7958	0.445
Novella	0.39	0.35	0.34	0.38	1.44	0.5198	0.360
Early Sweet	0.39	0.41	0.38	0.42	1.6	0.641	0.400
Green Arrow	0.48	0.51	0.49	0.51	1.99	0.9907	0.498
SUM	1.67	1.69	1.68	1.77	6.81		
SUM2	0.7027	0.7271	0.7210	0.7965		2.9473	
PROM GEN							0.426

En la Tabla 14 están consignados los promedios de los componentes del rendimiento, evaluados bajo cubierta y a libre exposición. Las diferencias, como se mencionó anteriormente, son realmente muy notorias en todos los casos; la producción de kg de vainas frescas/m<sup>2</sup> es más del doble de la alcanzado sin cubierta, es decir de más de 1 kg/m<sup>2</sup>. Hay una diferencia notable en densidad, igual a 7 plantas/m<sup>2</sup>. Se obtuvo con cubierta, una diferencia muy significativa, de 2,3 vainas y diferencia significativa en el número de granos y el peso de los mismos. Dado que la producción fué mercadeada para consumo fresco, el parámetro de rendimiento de interés económico lo constituyó el número de kg de vainas frescas/m<sup>2</sup>. Por lo tanto la diferencia en los 1000 m<sup>2</sup> de cultivo estaría representada en 1000 kg y dado que el precio pagado para la temporada de cosecha fué en promedio de \$400,00/kg, esto daría un monto de 400.000 más por cada cosecha y un total de más de un millón doscientos mil pesos/año. Sin embargo este análisis debe hacerse teniendo en cuenta el costo del metro cuadrado bajo cubierta y a libre exposición; el primero fué de \$3500 en tanto el segundo no superó los \$1600.

El aumento de los rendimientos podría explicarse por la manifestación bajo cubierta, de condiciones más favorables para una mejor expresión del rendimiento. De esta manera con la cubierta, como la lluvia no cayó sobre el cultivo, se evitó que se ocasionaran daños directos sobre las plántulas; mientras a libre

Tabla 14. Comparación de los componentes del rendimiento de los tratamientos con y sin cubierta.

COMPONENTE	Con cubierta	Sin cubierta
Kg de vainas frescas/m <sup>2</sup>	2.194	1.106
Número de plantas/m <sup>2</sup>	48	41
Número de vainas/planta	6.563	4.125
Peso promedio de vaina (g)	7.456	6.356
Número de granos/vaina	7.750	6.125
Peso promedio de grano (g)	0.484	0.426

exposición fué frecuente encontrar plántulas partidas y/o volcadas, bajo cubierta esto nunca ocurrió. En efecto el mayor número de plantas establecidas bajo cubierta puede ser un indicador de esta relación (Tablas 4 y 5).

La protección que ejerce la cubierta contra la lluvia, tiene que ver además con impedir la presencia de agua libre asociada con la manifestación de problemas sanitarios.

El impacto de las gotas puede igualmente afectar la floración, provocando la caída de las flores, como efectivamente se pudo comprobar en campo. Esto cobraría valor en términos del mayor número de vainas/planta alcanzado bajo cubierta (Tablas 7 y 8).

La mayor disolución de los minerales y el lavado de los mismos por efecto de las lluvias en el cultivo a libre exposición, podría haber producido un desbalance nutricional en las plantas, como lo postula Resh (1987), expresado en la totalidad de los componentes del rendimiento estudiados, con excepción del número de plantas/m<sup>2</sup>, caso en el cual es menos nítida esta relación.

De otro lado, y como se desprende de la lectura de Salisbury y Ross (1985), podría interpretarse que a mayor número de estructuras bajo cubierta (mayor número de plantas/m<sup>2</sup>, mayor número de vainas y en general mayor cantidad de materia verde) correspondería una mayor actividad fotosintética, que podría expresarse en

términos de mayor peso promedio de vainas, mayor número de granos, y mayor peso promedio de granos. Sin embargo, sólo a través de la medición de parámetros fisiológicos específicos para alverja, tales como índice de área foliar, tasa de asimilación de CO<sub>2</sub>, tasa de respiración, etc., se podrá establecer con claridad si existe o no, la relación sugerida (Harvey, 1977).

#### 4.3 Comportamiento de las variedades.

Las anavas combinadas para todos los componentes del rendimiento evaluados, mostraron diferencias altamente significativas entre variedades (Anexos 2,3,4,5,6 y 7).

La Tabla 15 consigna los promedios obtenidos en forma separada, para todos los componentes del rendimiento, bajo cubierta y a libre exposición. Las dos únicas variables que no mostraron diferencias significativas fueron el número de plantas/m<sup>2</sup> bajo cubierta y el número de vainas/planta con cubierta y sin cubierta.

La prueba de D.M.S. arrojó igualmente, importantes diferencias entre los tratamientos.

La variedad Green Arrow demostró ser la de mejores rendimientos bajo cubierta como fuera de ella. Esto se explica básicamente por

Tabla 15. Pruebas de comparación por DMS de los componentes del rendimiento de 4 variedades de alverja.

COMPONENTE		Con cubierta	Sin cubierta
No de vainas frescas/m <sup>2</sup>	SIGNIFI.	**	**
	DMS 2/	0.001	0.011
	G.A	2.658	G.A
	Mar	2.330	Mar
	Nov	2.060	Nov
		E.S	0.858
Número de plantas/m <sup>2</sup>	SIGNIFI.	n.s.	*
	DMS		3.869
	E.S	51	E.S
	Nov	49	Nov 3/
	G.A	48	Mar
		Mar	39
Número de vainas/planta	SIGNIFI.	n.s.	n.s.
	Nov	7.250	Nov
	G.A	6.750	G.A
	E.S	6.250	Mar
		Mar	3.500
Peso promedio de vaina	SIGNIFI.	**	**
	DMS	0.182	0.124
	G.A	9.175	G.A
	Mar	8.775	Mar
		Nov	6.875
		E.S	4.725
Número de granos/vaina	SIGNIFI.	**	**
	DMS	0.377	0.456
	Mar	10.00	Mar
	G.A	9.00	G.A
	Nov 3/	8.00	Nov
		E.S	5.00
Peso promedio de grano	SIGNIFI.	**	**
	DMS	0.0005	0.0003
	G.A	0.3600	G.A
	Mar	0.4800	Mar
	E.S	0.4550	E.S
		Nov	0.3800

1/ Significancia en la Prueba de F de las Anovas independientes

2/ Valor de DMS al 5%

3/ Variedades iguales por DMS

el mayor peso de vaina, del mayor número de granos/vaina y del mayor peso de grano. Sin embargo y como aparece registrado en la Tabla 1, el ciclo de cultivo de esta variedad, de 111 días, es uno de los más largos. Superior en 8 días al de la variedad Maestro, la cual ocupó el segundo nivel en rendimientos obtenidos. Novella y Early sweet, se clasificaron bajo cubierta como a libre exposición, en el tercer y cuarto lugar. De manera general se aprecia que los rendimientos bajo cubierta son el doble de los que cada una de las variedades produce a libre exposición.

## 5. CONCLUSIONES

Los rendimientos obtenidos son mayores en el sistema hidropónico bajo cubierta. En estas condiciones se reducen los efectos deletéreos del clima sobre la producción, principalmente de la lluvia y de los problemas sanitarios y de nutrición relacionados con ésta.

Al interior de los materiales se presentaron diferencias en rendimientos, destacándose la variedad Green Arrow. Los valores adoptados particularmente por componentes del rendimiento tales como, peso de vaina, el número de granos y el peso de granos, fueron los mayores.

En relación con la duración del ciclo de cultivo de los materiales evaluados, la variedad Green Arrow puede ser considerada como tardía.

## 6. RECOMENDACIONES

La determinación del rendimiento económico de la producción hidropónica de alverja para consumo fresco, debe tener en cuenta el rendimiento en kg de peso/m<sup>2</sup> y la duración del ciclo de cultivo, lo cual permita establecer una medida del rendimiento/m<sup>2</sup>/año.

Los futuros trabajos de investigación en este campo deberán fundarse en una mejor comprensión de la fisiología del cultivo de alverja, para poder así establecer los factores más estrechamente relacionados en la expresión de los rendimientos.

## 7. RESUMEN

En el municipio de Tenjo, Cundinamarca, se realizó un análisis comparativo de la producción comercial de cuatro variedades de alverja en hidroponía bajo cubierta y a libre exposición.

Se utilizó el sistema de bancada, y como sustrato una mezcla de cascarilla de arroz y escoria; se aplicó una solución nutritiva tipo estándar en forma de riego por goteo. Para cada material, bajo cubierta y a libre exposición, se registraron los tiempos de germinación, establecimiento, floración, fructificación y recolección, así como el número de plantas establecidas/m<sup>2</sup>, la duración de la cosecha y el número de pases efectuados. Se tomaron como parámetros de rendimiento la producción de kg de vainas frescas/m<sup>2</sup>, el número de vainas/planta, el peso de vaina, el número de granos/vaina y el peso de grano.

El diseño estadístico utilizado correspondió a bloques completos al azar con 4 repeticiones. Se calculó en cada tratamiento y para cada ensayo la prueba de diferencia mínima significativa. Finalmente se pudo establecer que existen notables diferencias en los rendimientos obtenidos y que bajo cubierta éstos son mucho mayores.

## B. SUMMARY

An experiment was conducted to analyze the commercial production of four pea varieties in hydroponic cropping under sunshine and plastic cover in the municipio of Tenjo (Cundinamarca).

Varieties were planted on bancals filled with a mixture of rice milling residues and "escoria". Dripping irrigation was utilized to apply standard nutritional solution. The variables measured on each genetic material outside and inside of the plastic cover were time to germination, establishment, flowering, fruiting and harvest along with established plants/m<sup>2</sup>, harvest duration and number of pickings. To evaluate yield, additional measurements were taken such as kg fresh pods/m<sup>2</sup>, number of pods/plant, fresh weight of pod, number of grains/pod and weight of grains.

A completely randomized block design with four replicates was used. Mean separation was done by using Fisher's LSD. Results show that the yield of the four varieties is greater when they are planted under plastic cover.

## BIBLIOGRAFIA

- CALDERON, F. El Cultivo Hidropónico. Manual Práctico. Bogotá. Coljap: 1989.
- HYDROPONIC SOCIETY OF AMERICA. Proceedings Seventh Annual Conference. Theme: Hydroponics- The Evolving art-The Evolving Science. California, autor: 1986.
- HYDROPONIC SOCIETY OF AMERICA. Proceedings Eight Annual Conference. Theme: Hydroponics- Effective Growing Techniques. California: autor: 1987.
- HUTERWAL, G.O. Hidroponia. Cultivo de plantas sin tierra. Buenos Aires. Editorial Albatros: 1981.
- KYOWA CO., LTD. Hyponica system. Revolutionary Agricultural Technique. Osaka, autor: 1987.
- MARX, G.A. Classification, Genetics and Breeding en The Physiology of the Garden Pea editado por J.F. Sutcliffe y J.S. Pate. Londres. Academic Press: 1977.
- MURFFET, J.F. The Physiological Genetics of Flowering en en The Physiology of the Garden Pea editado por J.F. Sutcliffe y J.S. Pate. Londres. Academic Press: 1977.
- PATE, J.S. The pea as a crop plant en The Physiology of the Garden Pea. Londres. Academic Press: 1977.
- PATE, J.S. y FLINN, A.M. Fruit and Seed Development en en The Physiology of the Garden Pea editado por J.F. Sutcliffe y J.S. Pate. Londres. Academic Press: 1977.
- RESH, H.M. Cultivos Hidropónicos. Nuevas Técnicas de Producción. Madrid. Ediciones Mundi-prensa:1982.
- SAVAGE, A.J. Editor. Hydroponics Worldwide: State of the art in soilless crop production. Honolulu. International Center for Special Studies:1985.
- 14 - SUNA HISCA. Manual de Cultivos Hidropónicos. Bogotá. Ende América Latina: 1991. En prensa.

- SUTCLIFFE, J. F. y BRYANT, J.A. Biochemistry of Germination and Seedling Growth en The Physiology of the Garden Pea editado por J.F. Sutcliffe y J.S. Pate. Londres. Academic Press: 1977.

- SUTCLIFFE, J.F. y PATE, J.S. Editores. The Physiology of the Garden Pea. Londres. Academic Press: 1977.

15 - TORREY, J.G. Root Growth and Morphogenesis en The Physiology of the Garden Pea editado por J.F. Sutcliffe y J.S. Pate. Londres. Academic Press: 1977.

ANEXO 1.

Pruebas de Homogeneidad de Varianzas de HARTLEY

COMPONENTE	CME <sub>may</sub> /CME <sub>men</sub>	F	
Kg de vainas frescas/m <sup>2</sup>	1.16122	3.18	n.s
Número de plantas/m <sup>2</sup>	1.57724	3.18	n.s
Número de vainas/planta	1.02326	3.18	n.s
Peso promedio de vaina (g)	1.55453	3.18	n.s
Número de granos/vaina	1.20833	3.18	n.s
Peso promedio de vaina (g)	1.42388	3.18	n.s

INSTITUTO AGROPECUARIO  
 DE CUBA

## ANEXO 2.

Análisis de Varianza de la variable Kg/m<sup>2</sup> de vainas frescas en cultivo hidropónico bajo cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F	
Bloques	3	0.106725	0.035575	1.540599	
Variedades	3	1.875625	0.625208	27.075063	**
Error	9	0.207825	0.023092		
TOTAL	15	2.190175			

Análisis de Varianza de la variable Kg/m<sup>2</sup> de vainas frescas en cultivo hidropónico sin cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F	
Bloques	3	0.055025	0.018342	0.923109	
Variedades	3	1.403725	0.467908	23.549140	**
Error	9	0.178825	0.019869		
TOTAL	15	1.637575			

Análisis Combinado de Varianza de la variable Kg/m<sup>2</sup> de vainas frescas en cultivo hidropónico con y sin cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F	
Cubierta	1	9.461250	9.461250	175.479134	**
Blq (cub)	3	0.161750	0.053917		
Variedades	3	3.240100	1.080033	50.279581	**
Cub * Var	3	0.039250	0.013083	0.609078	
Error	18	0.386650	0.021481		
TOTAL	31	13.289000			

ANEXO 3.

Análisis de Varianza de la variable número de plantas/m<sup>2</sup> en cultivo hidropónico bajo cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F	
Bloques	3	13.0	4.333333	0.402062	
Variedades	3	104.0	34.666667	3.216495	n. s.
Error	9	97.0	10.777778		
TOTAL	15	214.0			

Análisis de Varianza de la variable número de plantas/m<sup>2</sup> en cultivo hidropónico sin cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F	
Bloques	3	6.5	2.166667	0.317073	
Variedades	3	96.0	32.000000	4.682927	*
Error	9	61.5	6.833333		
TOTAL	15	164.0			

Análisis Combinado de Varianza de la variable número de plantas/m<sup>2</sup> en cultivo hidropónico con y sin cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F	
Cubierta	1	392.0	392.000000	60.307692	**
Blo (cub)	3	19.5	6.500000		
Variedades	3	180.0	60.000000	6.813880	**
Cub * Var	3	20.0	6.666667	0.757098	
Error	18	158.5	8.805556		
TOTAL	31	770.0			

ANEXO 4.

Análisis de Varianza del número de vainas/planta  
en cultivo hidropónico bajo cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F	
Bloques	3	2.187500	0.729167	0.813953	n.s.
Variedades	3	3.687500	1.229167	1.372093	n.s.
Error	9	8.062500	0.895833		
TOTAL	15	13.937500			

Análisis de Varianza del número de vainas/planta  
en cultivo hidropónico sin cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F	
Bloques	3	0.750000	0.250000	0.272727	n.s.
Variedades	3	2.750000	0.916667	1.000000	n.s.
Error	9	8.250000	0.916667		
TOTAL	15	11.750000			

Análisis Combinado de Varianza del número de vainas/planta  
en cultivo hidropónico con y sin cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F	
Cubierta	1	47.531250	47.531250	48.542553	**
Blo (cub)	3	2.937500	0.979167		
Variedades	3	5.593750	1.864583	2.057471	n.s.
Cub * Var	3	0.843750	0.281250	0.310345	
Error	18	16.312500	0.906250		
TOTAL	31	73.218750			

ANEXO 5.

Análisis de Varianza del peso promedio de vaina de 4 variedades de alverja en cultivo hidropónico bajo cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F	
Bloques	3	0.496875	0.165625	0.487830	
Variedades	3	37.506875	12.502292	36.824095	**
Error	9	3.055625	0.339514		
TOTAL	15	41.059375			

Análisis de Varianza del peso promedio de vaina de 4 variedades de alverja en cultivo hidropónico sin cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F	
Bloques	3	0.136875	0.045625	0.208903	
Variedades	3	36.076875	12.025625	55.061685	**
Error	9	1.965625	0.218403		
TOTAL	15	38.179375			

Análisis Combinado de Varianza del peso promedio de vaina de 4 variedades de alverja en cultivo hidropónico sin cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F	
Cubierta	1	9.680000	9.680000	45.822485	**
Blo (cub)	3	0.633750	0.211250		
Variedades	3	73.221250	24.407083	87.493652	**
Cub * Var	3	0.362500	0.120833	0.433159	
Error	18	5.021250	0.278958		
TOTAL	31	88.918750			

ANEXO 6.

Análisis de Varianza del número de granos/vaina de 4 variedades de alverja en cultivo hidropónico bajo cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F	
Bloques	3	2.000000	0.666667	1.000000	
Variedades	3	51.000000	17.000000	25.500000	**
Error	9	6.000000	0.666667		
TOTAL	15	59.000000			

Análisis de Varianza del número de granos/vaina de 4 variedades de alverja en cultivo hidropónico sin cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F	
Bloques	3	1.250000	0.416667	0.517241	
Variedades	3	13.250000	4.416667	5.482759	*
Error	9	7.250000	0.805556		
TOTAL	15	21.750000			

Análisis combinado de Varianza del número de granos/vaina de 4 variedades de alverja en cultivo hidropónico con y sin cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F	
Cubierta	1	21.125000	21.125000	19.500000	*
Blo (cub)	3	3.250000	1.083333		
Variedades	3	57.625000	19.208333	26.094340	**
Cub * Var	3	6.625000	2.208333	3.000000	
Error	18	13.250000	0.736111		
TOTAL	31	101.875000			

ANEXO 7.

Análisis de Varianza del peso promedio de grano de 4 variedades de alverja en cultivo hidropónico bajo cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F
Bloques	3	0.006369	0.002123	2.579747
Variedades	3	0.033419	0.011140	13.536709 **
Error	9	0.007406	0.000823	
TOTAL	15	0.047194		

Análisis de Varianza del peso promedio de grano de 4 variedades de alverja en cultivo hidropónico sin cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F
Bloques	3	0.001569	0.000523	0.903962
Variedades	3	0.042019	0.014006	24.212485 **
Error	9	0.005206	0.000578	
TOTAL	15	0.04879375		

Análisis Combinado de Varianza del peso promedio de grano de 4 variedades de alverja en cultivo hidropónico con y sin cubierta

F. V.	GL	SC	CM	F
Cubierta	1	0.027613	0.027613	10.436220 *
Blo (cub)	3	0.007937	0.002646	
Variedades	3	0.073125	0.024375	34.786918 **
Cub * Var	3	0.002313	0.000771	1.100099
Error	18	0.012613	0.000701	
TOTAL	31	0.123600		