

## REVISION DE LITERATURA

### Importancia de Leguminosas como Fuente de Alimentos

Miles de variedades de leguminosas silvestres, distribuidas en todo el mundo como una gran reserva de proteínas esperan que el hombre las utilice para su alimentación.

Los granos de leguminosas son importantes económicamente y buenos recursos de proteínas, calorías, vitaminas y minerales en la dieta de muchos individuos y en el desenvolvimiento de un país.

El contenido de proteínas en la mayoría de las leguminosas oscila entre 17 a 30%, la grasa varía del 1 a 3% aunque hay algunas de ellas que tienen gran cantidad de éstas, como el cacahuete y la soya. Las grasas de estas son ricas en ácidos grasos esenciales (Sotelo, 1981).

Los frijoles secos son conocidos por ser buenos recursos de fierro (Peterkin et. al. , 1975), potasio, calcio, zinc, magnesio, (Meiners et. al. , 1976) y fósforo, parte del cual se encuentra como fitato. Además los frijoles secos son buenos recursos de fibra dietaria soluble e insoluble y su consumo esta asociado con beneficios de salud. Los frijoles son igualmente buenos y balanceados en los recursos de fibra dietaria, conteniendo aproximadamente 7% de fibra dietaria soluble y 13% de fibra dietaria insoluble, por otro lado los efectos fisiológicos son: incremento en la viscosidad, juntar la bilis con el ácido, incremento de las cadenas cortas de ácidos grasos e incremento del bulto fecal.

Los beneficios de salud son: tolerancia al incremento de la glucosa, decrecimiento del colesterol y decrecimiento de cáncer en el colon (Hughes, 1991).

Las diferencias en la composición química son atribuidas al suelo, clima y a tratamientos con fertilizantes (Esh et.al., 1959).

Las sustancias tóxicas comunes en semillas oleaginosas y leguminosas son: fitatos, taninos, productos flatulentos, inhibidor de proteasa, cianógenos, etc. Afortunadamente en muchos casos estas

sustancias tóxicas pueden ser inactivadas por ser lábiles a altas temperaturas o por tratamientos en procesos comerciales.

La interacción de los fitatos con las proteínas, vitaminas y algunos minerales es considerado que puede ser uno de los factores limitantes del valor nutricional de los frijoles secos (Chang et. al. , 1977). En el caso de proteínas particularmente de semillas oleaginosas y leguminosas son frecuentemente acompañadas de sustancias tóxicas las cuales pueden afectar la calidad nutricional de las mismas, aunque esta proteína no es de buena calidad, ya que sus aminoácidos azufrados son escasos, puede resultar muy buena si se suplementa con cereales que tienen considerable proporción de estos aminoácidos y que a su vez son deficientes en lisina que si contienen las leguminosas. Además, las leguminosas poseen alrededor del 60% de carbohidratos, lo que las convierte en una buena fuente de energía.

#### Potencial de Leguminosas

La familia de las leguminosas comprende más de 13,000 especies. En América existen alrededor de 4,000 (Aykroyd and Doughthy, 1964). Entre las leguminosas hay plantas de los más variados tipos y hábitats, como hierbas, lianas y grandes árboles. Son muy adaptables a todos los climas y altitudes, como los trópicos, regiones montañosas, subárticas y desérticas. Como los géneros *Phaseolus*, *Vigna*, *Prosopis*, *Parkinsonia*, *Acacia* y *Cercidium* (Sotelo, 1981).

*Phaseolus* sp

El género *Phaseolus* pertenece a la familia Leguminosae. El número de especies del género *Phaseolus* es indefinido en la actualidad por estar en revisión; algunos investigadores consideran que podría incluir entre 50 a 60 especies, y en México se tiene el mayor número de ellas, entre las que figuran las 4 especies domesticadas y 4 de estas son cultivadas: *Phaseolus acutifolius* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus coccineus* L. y *Phaseolus lunatus* L. De estas *Phaseolus vulgaris* y *Phaseolus coccineus* son las más importantes en la alimentación del mexicano (Miranda,1979).

*Phaseolus acutifolius* A. Gray. Las zonas áridas tales como las del Desierto Sonorense del Continente Norteamericano son adecuadas para la producción de los frijoles tépari. *Phaseolus acutifolius* se encuentra distribuido en Estados Unidos de Norte América (E.U. de N.A.) en los Estados de Arizona, Nuevo México y Texas, en México en el Estado de Sonora y también en Guatemala (Shreve and Wiggins, 1986). La ventaja principal adaptiva de esta leguminosa es evitar la sequía por medio de la temprana maduración de su semilla ( 60- 70 días ). Estos frijoles fueron tan importantes entre las tribus que todavía son recordados entre sus cultivos (Nabhan et. al., 1979).

Los frijoles tépari domesticados, producidos y consumidos hoy en día pertenecen a algunos de los dos tipos generales clasificados en base al color de sus semillas como blancas o cafés.

Freeman (1912) encontró que la calidad culinaria entre los frijoles tépari y *Phaseolus vulgaris* era distinta. Tanto los indígenas como la población mexicana distinguía entre el frijol común y el tépari.

Hoy en día los Sonorenses todavía consideran los téparis mejor que los frijoles pintos en su calidad culinaria (Bouscaren et. al., 1983).

El nutriente principal de los frijoles tépari es la proteína. Varios estudios reportan que los niveles de proteína cruda para los téparis domesticados tienen un rango de 13.0 a 32.2%, los niveles más comunes van de 22.0 a 24.0%.

Nabhan et. al. (1980) determinaron los valores de proteína del tépari de semilla blanca encontrando variaciones entre 18.9 a 27.3%

y niveles casi idénticos en los tipos de semillas café, variando entre 18.1 a 27.1%.

Las muestras de tépari silvestre de la colección de Nabhan tuvieron un promedio de 24.5% de proteína cruda, pero exhibían un límite más restringido que fué de 23.3 a 25.4%.

*Phaseolus vulgaris*. Basado en observaciones hechas en restos arqueológicos en Perú y en el Suroeste de Estados Unidos, se concluyó que el frijol común se originó en América (Gepts and Debouck, 1991).

El frijol más comunmente consumido en México, América del Sur y parte sur de los Estados Unidos es el *Phaseolus vulgaris* en todas sus variedades de formas y colores. Los frijoles comunes tienen una gran importancia nutricional porque el 20% aproximadamente de proteínas disponibles para consumo humano provienen de las leguminosas (Carpenter, 1981).

Las Características Distintivas del Frijol común son:

1. Tiene la capacidad, como otras leguminosas, de formar nódulos en las raíces, que les permiten la fijación biológica de nitrógeno atmosférico.
2. El hábito de crecimiento, el cual está controlado genéticamente, puede ser modificado por el medio, es importante porque está relacionado con características agronómicas y fisiológicas.
3. El conocimiento de la morfología es importante porque en el frijol como en muchas otras especies vegetales existe una relación muy estrecha entre la morfología de la planta y su fisiología (Kohashi, 1990).

El valor nutricional de *Phaseolus vulgaris* correspondió a su composición química en la semilla, teniendo un amplio rango. El rango general para *Phaseolus vulgaris* en proteínas va desde 19.3 a 35.2%, grasa va de 1.1 a 2.2% y carbohidratos alrededor del 60%.

#### *Vigna unguiculata* L

De la gran diversidad de leguminosas que se cultivan en los países de clima cálido, está el género *Vigna*, perteneciente a la

familia Phaseoleae, la cual contiene alrededor de 150 especies y un área mundial cultivada de 5 millones de hectáreas (Steele and Mehra, 1980).

Entre estas especies reviste gran importancia económica la *Vigna unguiculata* L., comunmente llamada frijol, el cual es un antiguo cultivo en Africa, actualmente cosechado por todas partes de los trópicos y subtropicos, seleccionada ya sea para semilla, para forraje o producción vegetal, en un amplio rango de medios ambientes y sistemas agrícolas (Onayemi et. al., 1976).

A diferencia del frijol común (*Phaseolus vulgaris*), la *Vigna* tiene un amplio rango de adaptación en los trópicos: desde cultivos de duración corta en regiones semiáridas y tropicales.

Se ha enfatizado que, sin aplicaciones de abonos o irrigación, pero con todos los controles de plagas, una cosecha de *Vigna unguiculata* en los trópicos semiáridos o semihúmedos, se espera una producción de 1600 a 3000 Kg./Ha. , dentro de 85 días de sembrado; este cultivo necesita agua solamente durante 55 días de los cuales comprenden el 65% de su vida (Summerfield, et. al., 1980).

Además la *Vigna unguiculata* es poco exigente a los tipos de suelos, se desarrolla en suelos arenosos, arcillosos y al igual soporta alta acidez en suelos, pero prefiere los suelos carbonatados, resalta por su débil resistencia a los nemátodos del suelo por lo cual se recomienda no cultivarlos en suelos contaminados (Ustimenko, 1984).

Las especies de *Vigna* pueden ser atacadas por enfermedades producidas por nemátodos, bacterias y virus en los cultivos.

Uno de los recursos que se puede tener es el de control genético en las especies, realizando mezclas interespecíficas para ayudar a las plantas a resistir enfermedades.

Al igual que todas las leguminosas, la *Vigna unguiculata*, constituye una fuente primaria de proteínas y carbohidratos. Donde el contenido de proteínas va de 23 a 30% y carbohidratos del 56 a 68%. Una de las más importantes características nutricionales de los granos de leguminosas incluyendo a las *Vignas* es de complemento

en granos de Cereales (Bressani and Scrimshaw, 1961; Cabezas et.al., 1982 a y b). La mezcla *Vigna* - Maíz produce una alta calidad de proteína en proporción de 45 partes de Maíz por 15 partes de *Vigna* existiendo otras combinaciones como 27 partes de Maíz por 21 partes de *Vigna*. Otro tipo de combinaciones es Sorgo - *Vigna* existiendo una combinación de 63 partes de Sorgo por 9 partes de *Vigna*. La combinación recomendada para dietas humanas de Maíz - *Vigna* es la de 45 partes de Maíz por 15 partes de *Vigna* en peso (Bressani R., 1985).

*Prosopis* sp. (Mezquite)

El mezquite *Prosopis* sp. pertenece a la familia leguminosae sub-familia Mimosaseae, género *Prosopis*, especie sp. La distribución en el mundo está representada en las zonas tropicales de ambos hemisferios, consta de 44 especies distribuidas en zonas áridas y semiáridas del continente Americano, norte de América y suroeste de Asia. Solo 3 especies existen en forma natural en Asia y una especie adicional está restringida al Africa, 40 especies son nativas de América, 9 de estas corresponden a América del norte (Del Valle, et. al., 1983). El *Prosopis* sp. se encuentra distribuido en México en los Estados de Baja California, Chihuahua y Sonora y E.U. de N.A. en los Estados de California, Colorado, Utah y Texas (Shreve and Wiggins, 1986).

Esta planta está formada por espinas, hojas bipinnadas, formada por pequeños folíolos, sus flores son hermafroditas pequeñas, color amarillento que terminan en racimos o en espigas, su fruto es una vaina que mide alrededor de 7 a 20 cm. de largo y de 8 a 15 mm. de ancho de color café amarillo, sus semillas son oblongadas, comprimidas de 8 a 10 mm. de largo (Signoret, 1970). Las vainas rinden de 2 a 15 toneladas por hectárea. Se llevan a cabo investigaciones en diferentes regiones áridas para mejorar algunos cultivos, en particular, aspectos como menos agresividad ambiental, resistencia a sequía, adaptación a suelos pobres, forma arborea, habilidad en la fijación de nitrógeno, alta tolerancia a la sal,

precocidad, alta capacidad de producción de vaina y alto contenido de azúcar (Figueiredo, 1990).

Por lo que respecta a la composición química de las semillas del *Prosopis* sp. se ha encontrado que las proteínas varían de 33.9 a 39.3%, Grasa de 4.9 a 6.9% y carbohidratos hasta 53.6%. Además las semillas contienen una Galactomana similar a aquellas de algarrobo (L.B.G.) o semillas de Guar (Figueiredo, 1990 y Earle and Jones, 1960).

En *Prosopis* sp. se tiene una gran diversidad de usos conocidos como se muestran en la figura 2.

#### *Parkinsonia, Acacia y Cercidium*

*Parkinsonia* sp. Leguminosa que es un arbusto o árbol que llega a medir alrededor de 12 metros de altura. Se localizan en México alrededor de arrollos y en tierras arenosas, en zonas bajas del Estado de Sonora y zonas tropicales y el sur de México, en E.U. de N.A. en el desierto del Estado de Colorado, California y Florida además en Indias del Oeste, Bahamas y Sur América (Shreve and Wiggins, 1986). Su tiempo de floración y obtención del fruto corresponde durante el período de Marzo a Agosto, las vainas son lineales y cilíndricas, llegan a medir de 3 a 18 centímetros, como en el caso de *Parkinsonia aculeata*. Sus semillas están arregladas longitudinalmente, son lisas, duras y brillantes.

Esta especie se caracteriza porque tiene un alto contenido de proteína que es de 24.3% y contenido de grasa de 6. (Earle and Jones, 1960).

*Acacia* sp. Leguminosa de tipo arbustivo o árbol que llega a medir de 2 a 12 metros de altura. Se localizan en México en zonas bajas del Estado de Sonora, Hidalgo, San Luis Potosí, Nuevo León, Tamaulipas, Chihuahua, Baja California, Sinaloa, Puebla, Veracruz, Oaxaca y Guerrero, en E.U. de N.A. en los Estados de Arizona, Texas, Florida, California y Colorado, además en Guatemala, Costa Rica y Sur América (Shreve and Wiggins, 1986).

precocidad, alta capacidad de producción de vaina y alto contenido de azúcar (Figueiredo, 1990).

Por lo que respecta a la composición química de las semillas del *Prosopis* sp. se ha encontrado que las proteínas varían de 33.9 a 39.3%, Grasa de 4.9 a 6.9% y carbohidratos hasta 53.6%. Además las semillas contienen una Galactomana similar a aquellas de algarrobo (L.B.G.) o semillas de Guar (Figueiredo, 1990 y Earle and Jones, 1960).

En *Prosopis* sp. se tiene una gran diversidad de usos conocidos como se muestran en la figura 2.

#### *Parkinsonia, Acacia y Cercidium*

*Parkinsonia* sp. Leguminosa que es un arbusto o árbol que llega a medir alrededor de 12 metros de altura. Se localizan en México alrededor de arrollos y en tierras arenosas, en zonas bajas del Estado de Sonora y zonas tropicales y el sur de México, en E.U. de N.A. en el desierto del Estado de Colorado, California y Florida además en Indias del Oeste, Bahamas y Sur América (Shreve and Wiggins, 1986). Su tiempo de floración y obtención del fruto corresponde durante el período de Marzo a Agosto, las vainas son lineales y cilíndricas, llegan a medir de 3 a 18 centímetros, como en el caso de *Parkinsonia aculeata*. Sus semillas están arregladas longitudinalmente, son lisas, duras y brillantes.

Esta especie se caracteriza porque tiene un alto contenido de proteína que es de 24.3% y contenido de grasa de 6. (Earle and Jones, 1960).

*Acacia* sp. Leguminosa de tipo arbustivo o árbol que llega a medir de 2 a 12 metros de altura. Se localizan en México en zonas bajas del Estado de Sonora, Hidalgo, San Luis Potosí, Nuevo León, Tamaulipas, Chihuahua, Baja California, Sinaloa, Puebla, Veracruz, Oaxaca y Guerrero, en E.U. de N.A. en los Estados de Arizona, Texas, Florida, California y Colorado, además en Guatemala, Costa Rica y Sur América (Shreve and Wiggins, 1986).



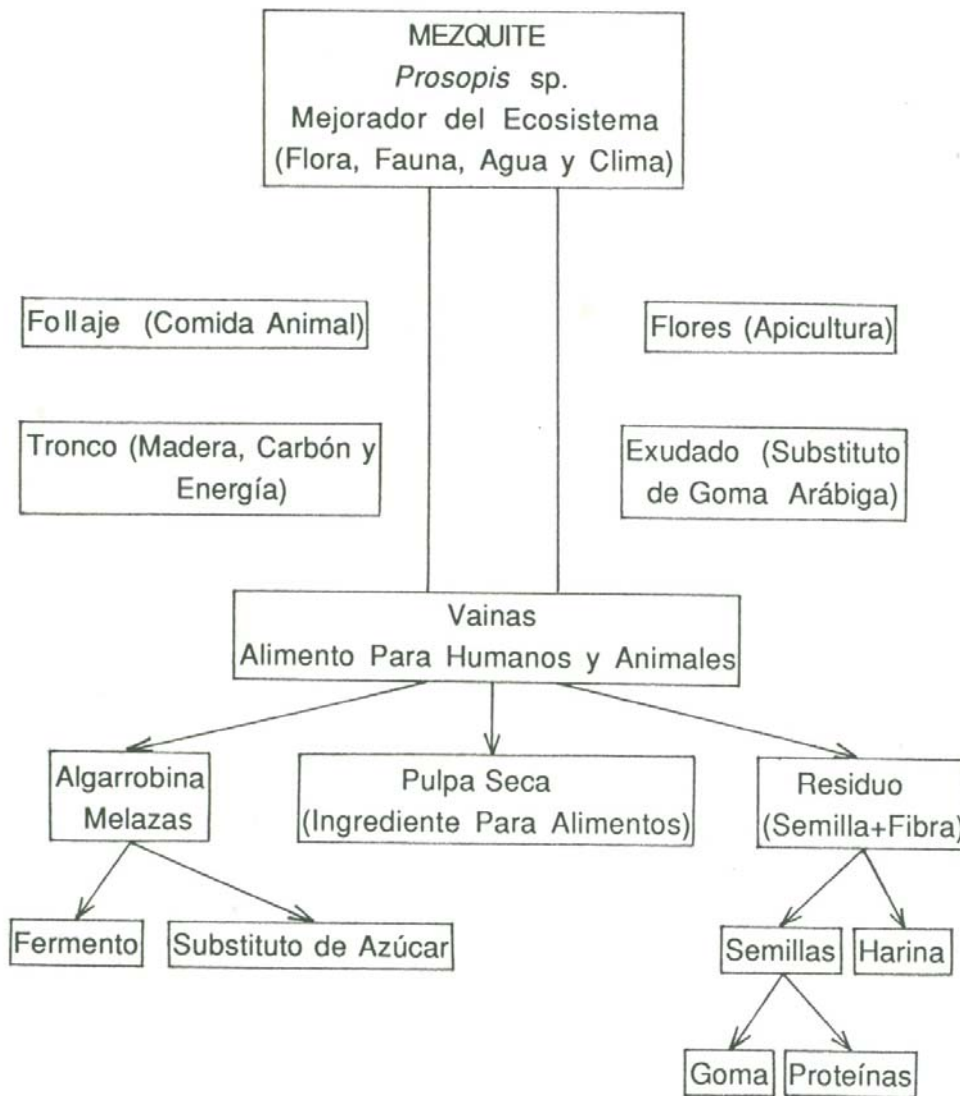


Figura 2. Posibles Usos Para Algunos Componentes del Mezquite.

Fuente: Figueiredo (1990).

Siendo su tiempo de floración y producción del fruto en los meses de Febrero a Noviembre. Como en el caso de *Acacia willardiana* que su período de floración y producción del fruto son en los meses de Febrero a Abril. Las vainas son de tipo lineal ovales, la longitud de las vainas entre las distintas especies es muy variable, se pueden citar algunos casos como la especie *Acacia greggii* que mide de 3 a 15 centímetros de largo, *Acacia wrightii* que mide de 5 a 8 centímetros.

Las semillas difieren en su tamaño como se citan en los siguientes casos, *Acacia californica* que tiene un tamaño de 8 a 10 milímetros, *Acacia constricta* se encuentra alrededor de 5 milímetros de largo, *Acacia cymbispina* tiene semillas de 5 a 6 milímetros de largo.

Esta especie se caracteriza por tener un amplio rango de proteínas que va de 25.2 a 44.8% y un contenido de grasa que va de 2.2 a 4.7% (Sotelo, 1981 y Earle and Jones, 1960).

*Cercidium* sp. Es un arbusto o árbol que llega a medir de 6 a 12 metros de altura. Se localiza en México en los Estados de Sonora y Baja California, en E.U. de N.A. en los Estados de Colorado, California y Arizona, Venezuela y Perú (Shreve and Wiggins, 1986). Teniendo su tiempo de floración y producción del fruto en los meses de Marzo a Mayo. Las vainas son aplanadas, lineales que llegan a medir 2.5 a 10 centímetros de largo, como *Cercidium floridum* que tiene vainas de 4 a 10 centímetros de largo, *Cercidium sonorae* tiene vainas de 4 a 7 centímetros de largo, *Cercidium peninsulare* que va de 2.5 a 5 centímetros de largo.

Las semillas en *Cercidium microphyllum* son ovoides, elípticas y tienen una longitud de 8 a 10 milímetros.

Esta especie tiene un alto contenido de proteínas y grasa los cuales tienen un rango de 21.3 a 54.4% y 15.7% respectivamente (Thorn et. al., 1983 y Earle and Jones, 1960).

### Cambios por Efectos Ambientales

El ambiente es la totalidad de condiciones externas que afectan a un organismo vivo o a una comunidad de organismos en este habitat. El ambiente de las plantas consiste de la hidrósfera, atmósfera y litósfera. La hidrósfera comprende los océanos del mundo, también como las aguas internas y aguas del suelo (Larcher, 1980). La atmósfera es la envoltura gaseosa que rodea la tierra y la litósfera es la corteza de la tierra.

Las condiciones externas o factores que influyen en la fisiología de las plantas son de dos tipos: Abióticos y Bióticos. Los factores abióticos son: luz, temperatura, agua, bióxido de carbono y nutrientes (N,K,P,Ca, Mg, Bo, Cu, Mn, S, Zn,Fe) (Huterwal, 1977). Los factores bióticos son: insectos, microorganismos y la presencia de otras plantas.

#### Agua

En las plantas terrestres, las partes asimilativas están en contacto con aire y continuamente pierden agua por transpiración, el establecimiento de relaciones apropiadas de agua es un primer requisito para sobrevivir. Dependiendo en si pueden o no pueden compensar para las cortas fluctuaciones en la provisión de agua y proporción de evaporación, las plantas terrestres pueden ser distinguidas como poikilohídricas y homohídricas.

Las plantas poikilohídricas consiguen el agua de la humedad de su alrededor. Estas frecuentemente alternan períodos de sequía y humedad. Las formas poikilohídricas están compuestas por thalofitas, musgo de habitat seco, ciertas criptógamas vasculares y unas pocas angiospermas. Las plantas homohídricas son descendientes de algas verdes con células vacuolares; una vacuola central grande es la característica común de todas las plantas homohídricas. Porque el contenido de agua es estabilizada con el agua almacenada en la vacuola, el protoplasma es menos afectado por fluctuaciones externas. Sin embargo, la presencia de una vacuola

grande resulta en la pérdida de la habilidad de las células para tolerar la desecación (Larcher, 1980).

Parece que las leguminosas no tienen un rasgo especial con su relación con el agua. Sin embargo las leguminosas presentan resistencia a la sequía, siendo 3 los principales tipos de resistencia a la sequía: escape de sequía, resistencia a la sequía con un contenido interno grande de agua, y resistencia a la sequía con un contenido pequeño de agua interna.

Escape de sequía. Las leguminosas crecen en algunos lugares muy secos y difíciles agrícolaemente. Por ejemplo, *Vigna* crece en el Sahel a lo largo del sur del borde del Sahara, donde la lluvia anual puede ser menor que 300 mm. pero el potencial de evaporación excede 2 m. Estas plantas evitan la sequía madurando antes que cualquier estres se desarrolle (Elston and Bunting, 1980).

Resistencia a la sequía. Otras leguminosas particularmente forraje perene, son capaces de tolerar la sequía. Por ejemplo, la alfalfa crece en climas secos en Australia y E.U. de N.A.. Esto es cierto en parte ya que mucha de la raíz profunda de la alfalfa proporciona acceso a grandes reservas de agua del suelo. Algunas leguminosas tienen adaptaciones especiales a la sequía como tallos modificados en vez de hojas.

Recuperación de sequía. Los ápices de los tallos de las leguminosas son parcialmente protegidos durante la sequía por las hojas viejas. Ellos tienen un potencial de agua más negativo que las hojas más viejas y en *Vicia faba* al menos, el agua se mueve de las hojas viejas al ápice. En general, las leguminosas producen mucho más flores que frutos, las flores y frutos jóvenes se caen aun durante una sequía moderada, aunque las vainas casi maduras son retenidas, algún humedecimiento posterior puede promover el desarrollo de nuevas vainas más adelante.

Lo que se cosecha, peso o área de la hoja, es la suma del resultado de una serie de procesos fisiológicos como fotosíntesis y respiración. Estos procesos tienen mecanismos bioquímicos y biofísicos que responden al ambiente. El tamaño de la hoja dependerá del balance de los procesos que ayudan a incrementar el área de la hoja, que es iniciación y expansión, junto con la abscisión, y el rendimiento (peso) dependerá del balance entre fotosíntesis y respiración.

El estrés de agua hace que la fotosíntesis disminuya, además afecta varios aspectos de la fisiología en las plantas mesofíticas (Ver Tabla 2). Al aumentar el estrés de agua la síntesis de proteínas disminuye, la formación de protoclorofila disminuye y el nivel de azúcar aumenta. Estos cambios afectaran posiblemente la composición química de las semillas en las leguminosas.

La poca cantidad de agua afecta todos los aspectos de la simbiosis, la sobrevivencia de la bacteria en el suelo, el tamaño y número de nódulos formados y la suma del nitrógeno fijado.

En las leguminosas, como en otros cultivos, un déficit en el agua del suelo puede limitar la toma de nutrientes. Por ejemplo, una técnica de división de la raíz fué usada para examinar la toma de fósforo por las plantas de soya. La toma de fósforo fué restringida por la pequeña cantidad de agua en el suelo, pero cuando estas plantas fueron regadas, pudo subir fósforo llegando el contenido de este al nivel normal.

Tanto el exceso como la deficiencia de agua puede limitar el crecimiento (Elston and Bunting, 1980).



### Carbono y Nitrógeno

Muchas de las variaciones al comparar el rendimiento de las principales leguminosas probablemente resulta de diferencias en las condiciones ambientales, prácticas agrícolas y duración de la cosecha. Sin embargo, es posible que ciertas especies y cultivos sean superiores a otros debido a la asimilación de proteínas en las semillas (Pate and Minchin, 1980).

Aunque la atmósfera de la tierra tiene un 80% de nitrógeno, este elemento se encuentra a menudo en cantidades reducidas en los organismos particularmente en las plantas, por que solo ciertos microorganismos son capaces de asimilar el nitrógeno molecular convirtiéndolo en formas utilizables por ellas. Las leguminosas son el grupo principal de plantas que fijan el nitrógeno simbióticamente, siendo el simbiote una bacteria del género *Rhizobium* (Bidwell, 1987).

Las bacterias de los nódulos de las leguminosas pueden fijar anualmente hasta 50 a 100 kg de nitrógeno por hectárea, en tanto las bacterias libres del suelo fijan hasta 12 kg (Ville, 1981).

No obstante que los nódulos tienen un absoluto requerimiento de carbono (C), y los tejidos fotosintéticos tienen un requerimiento complementario por nitrógeno (N<sub>2</sub>), los procesos de asimilación de C y N<sub>2</sub> no son estrictamente paralelos. Por ejemplo, los datos que se presentan en la tabla 3 muestran que en las 4 especies es asimilado relativamente más N<sub>2</sub> que bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante el crecimiento vegetativo, menos N<sub>2</sub> que CO<sub>2</sub> después del floración, y que las especies difieren cuantitativamente en estos. Los compuestos solubles de N<sub>2</sub> pueden representar tanto como 30% de N<sub>2</sub> total acumulado por las leguminosas durante el crecimiento vegetativo. Este N<sub>2</sub> es subsecuentemente movilizado por los frutos en desarrollo y partes vegetativas y puede ser considerablemente importante para la biología y el desarrollo económico. Las frutas influyen hormonalmente en el envejecimiento de las hojas y la caída,

Tabla 3. Relaciones Ontogenéticas Entre Fijación de N<sub>2</sub> y Asimilación de CO<sub>2</sub> en Leguminosas Seleccionadas.

		Porcentaje de CO <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> asimilados durante		
		Crecimiento vegetativo hasta floración	Floración y fruto temprano	Relleno de la semilla
		%	%	%
<i>Vigna unguiculata</i>	CO <sub>2</sub>	37.1	43.7	19.3
	N <sub>2</sub>	49.7	42.1	8.2
<i>Vigna radiata</i>	CO <sub>2</sub>	13.5	42.7	43.7
	N <sub>2</sub>	15.8	44.9	39.3
<i>Lupinus albus</i>	CO <sub>2</sub>	5.7	58.6	35.6
	N <sub>2</sub>	10.7	62.2	27.1
<i>Pisum sativum</i>	CO <sub>2</sub>	13.0	58.4	39.6
	N <sub>2</sub>	24.0	59.9	16.1

Fuente: Pate and Minchin (1980).



combinada con la movilización de N<sub>2</sub> de las partes vegetativas, pueden marcadamente deteriorar todo el desempeño fotosintético. Esta autodestrucción es especialmente importante en leguminosas a causa de las grandes demandas de N<sub>2</sub> y de C durante la formación de la semilla (Pate and Minchin, 1980).

Durante períodos de crecimiento activo y asimilación de N<sub>2</sub>, los nódulos de las raíces consumen una fracción substancial 30 a 50 % del fotosintato diario de la planta, las variaciones en este requerimiento puede tener implicaciones para la producción de la semilla. La actividad de los nódulos es fuertemente influenciada por fluctuaciones diurnas en la traslocación, al menos como lo estiman los cambios en la razón de fotosíntesis y en el almidón foliar. Las leguminosas con raíces con almidón pueden también amortiguar el estrés, la fijación continuará sin disminución por varios días después del corte de los brotes. Estos rasgos pueden ser de considerables ventajas si la leguminosa se sujeta a defoliación o daños de brotes por rumiantes, muertes o estrés ambiental.

El C asignado para traslocar productos de N<sub>2</sub> fijado se estima que es del 48 a 52% del C total consumido por los nódulos; las pérdidas respiratorias son de importancia intermedia 36 a 40% y la incorporación de C dentro de los nódulos en materia seca es de 9 a 16%. La *Vigna* utiliza principalmente ureidos (alantoina y ácido alantóico) para transportar el N<sub>2</sub>.

La fotosíntesis después de la antesis (apertura de las flores) es la fuente más importante de C para las semillas que es movilizado de materiales asimilados durante el crecimiento vegetativo. En la tabla 4 se pueden ver ejemplos de las fuentes de N<sub>2</sub> para las semillas de plantas leguminosas. En esta se puede observar que las partes vegetativas y paredes de las vainas proveen de 37 a 59% de el N<sub>2</sub> requerido por las semillas. El restante 41 a 63% se supone proviene del N<sub>2</sub> asimilado durante el desarrollo del fruto, y mecanismos existentes para el flujo rápido de N<sub>2</sub> fijado por estructuras vegetativas dentro de los frutos. En *Vigna*, la asimilación es usualmente la fuente principal durante el crecimiento

Tabla 4. Fuentes de N Para las Semillas de Leguminosas Noduladas.

Fuente	<i>Vigna</i>	Frijol soya	Cacahuete	Frijol ancho	Garbanzo ancho
	%	%	%	%	%
<b>A. Movilización durante el llenado de la semilla:</b>					
hojas + peciolo	37.6	28.3	20.6	15.8	31.8
tallo + ramas laterales	15.4	7.1	8.8	11.8	8.0
raíz + nódulo	2.9	3.0	0.4	3.0	3.0
paredes de la vaina	2.5	15.5	7.5	19.2	--
movilización total	58.4	53.9	37.3	49.8	42.8
<b>B. Asimilación de N<sub>2</sub> o NO<sub>3</sub> durante el llenado de la semilla</b>					
	41.6	46.1	62.7	50.2	57.2

Fuente: Pate and Minchin (1980).

temprano de la vaina, las hojillas parecen progresivamente más importantes durante el desarrollo temprano de las semillas, mientras los tallos, pecíolos y paredes de las vainas proveen N<sub>2</sub> principalmente en el llenado tardío de la vaina y a una etapa cuando la fijación de N<sub>2</sub> cesa (Pate and Minchin, 1980).

#### Luz y temperatura del Aire

Uno de los factores más importantes que regulan el desarrollo de las plantas es la luz, esta controla la continua organización, utilización y expansión del crecimiento. La cantidad de energía luminosa que se requiere para regular el crecimiento de los vegetales varía con el estadio de crecimiento (Cathey and Campbell, 1987).

Las plantas tienen una temperatura óptima para el crecimiento, esta respuesta de los vegetales a la temperatura está dada por interacciones genéticas, evolutivas y factores relacionados con el cultivo (McDaniel, 1987).

Las leguminosas son afectadas más que otros vegetales por el capricho del clima, son particularmente sensibles a variaciones en la longitud del día y a la temperatura del día y la noche.

Unas plantas pueden realizar todo su potencial genético o completar el programa genético solamente con ciertas ordenes del ambiente. En las plantas no leguminosas las variaciones fenotípicas son la consecuencia de una combinación de diferencias genéticas, los efectos del ambiente en la proporción y/o duración del crecimiento vegetativo y desarrollo reproductivo y de interacciones genotipo-ambiente. Estudios de variabilidad fenotípica en leguminosas tiene que considerar la contribución adicional del *Rhizobium*, ya que pueden depender parcialmente de él, y de las probables interacciones *Rhizobium* -huésped y *Rhizobium* -ambiente.

La tasa de crecimiento relativo de las leguminosas en la fase vegetativa puede ser atribuida a efectos de temperatura en las tasas de expansión de la hoja y la asimilación. Es importante para las leguminosas tanto como las posibilidades del tiempo permitan

generar una estructura tan grande como sea posible para las inflorescencias y la producción, antes de colocar la mayor proporción de fotosintatos en los frutos. La translocación antes del florecimiento, de las partes vegetativas a las semillas es relativamente pequeño, de 8 a 15% del peso final de las semillas en frijol soya y *Vigna*.

Hay diferencias importantes en las leguminosas con respecto a: El fotoperíodo óptimo, sensibilidad al fotoperíodo, el fotoperíodo crítico y efectos de la temperatura a sucesivos estados de desarrollo.

En las leguminosas se tiene que los efectos del fotoperíodo y vernalización están estrechamente asociados con el grupo taxonómico.

El período de antesis y fijación de la semilla es una etapa muy crítica en el desarrollo reproductivo, caracterizada por pérdida de botones de las flores y / o flores abiertas. Se cree que las vainas tardías e inmaduras son perdidas porque una gran proporción de nutrientes es usado en las vainas más viejas y /o que las vainas más viejas producen hormonas que promueven el aborto de frutos jóvenes (Summerfield and Wien, 1980).

#### Composición Química de las Semillas de las Leguminosas por la Influencia del Medio Ambiente

La composición química de las semillas de las leguminosas está influenciado por el ambiente, por factores genéticos y por condiciones culturales. Los factores que influyen en la fisiología de las plantas son de dos tipos (bióticos y abióticos), lo que haga variar a la fisiología de las plantas influirá en la fisiología de las semillas por lo tanto en la composición química de éstas. En las semillas de las leguminosas la composición química va a estar dada por la traslocación de nutrientes de las diferentes partes de la planta, así como de la cantidad de semillas que existen en la planta (si hay muchas semillas la composición química va a ser menor) (ver figura

3 y 4 ), además la planta distribuye los nutrientes al interactuar con el ambiente.

Los reportes demuestran que los factores ambientales influyen en la producción y en el contenido de proteína y aminoácidos (Bressani and Elias, 1980).

Se estima que la variación en el contenido de proteína en las semillas de las leguminosas con el control genético es de 25 a 60 %. Se ha observado variación en los extractos proteicos de las semillas de las leguminosas por interacciones genotipo-ambiente. Por ejemplo: el rango de variación de las albuminas en las semillas de *Phaseolus* es de 11 a 20%, en *Pisum* es de 13 a 24%. Hay variación en el contenido de globulinas en *Phaseolus* y *Pisum*. Se reporta variación de aminoácidos en géneros como: *Cajanus*, *Phaseolus*, *Vigna*, *Pisum* y *Lupinus*. Generalmente, la producción de semilla se relaciona negativamente con el contenido de proteína (Kadam et. al., 1989).

La tasa de fijación de la semilla en el frijol soya es afectado por el fotoperíodo; los días calientes incrementan el contenido de grasa en las semillas y las noches calientes promueven el depósito de proteínas (Summerfield and Wien,1980).

La aplicación de fertilizantes con N<sub>2</sub> y fósforo (P) aumenta la cantidad de proteínas y ciertos aminoácidos como metionina y triptófano. La aplicación de herbicidas particularmente s-triazina incrementa el contenido de proteínas. El contenido de aceite en las semillas es significativamente influenciado por la localización de las plantas (Kadam et. al., 1989). Las variaciones en el contenido de nutrientes antes mencionados se pueden observar en la tabla 5.

La localización de las leguminosas influye en la composición química de las semillas, esto se puede observar en la tabla 6.

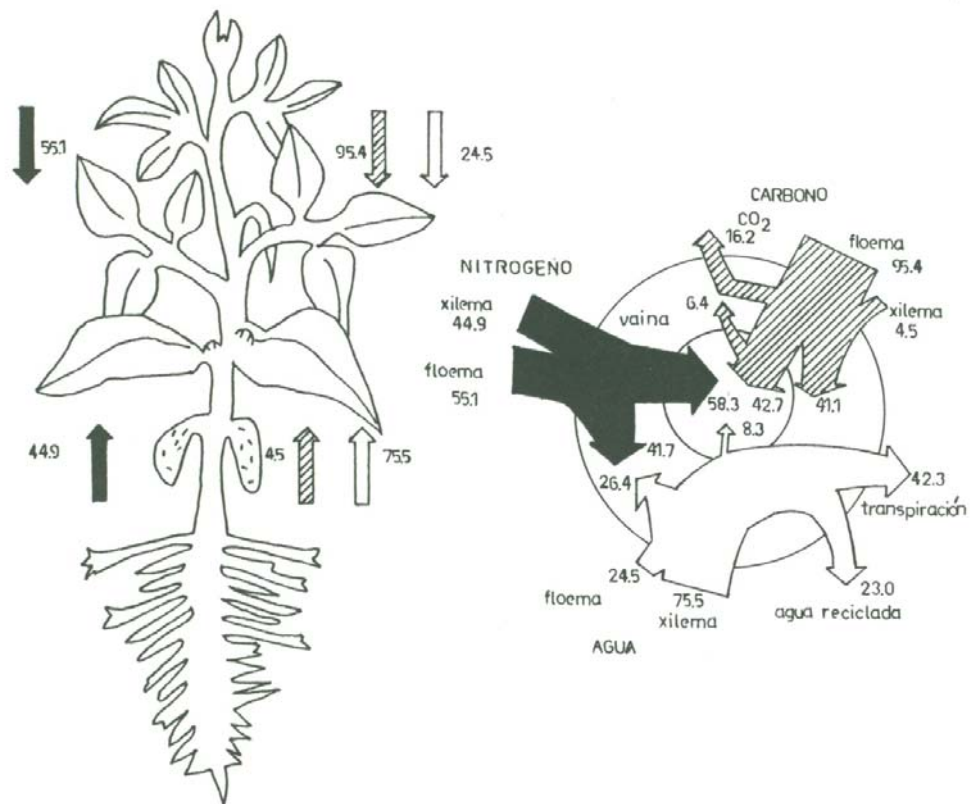


Figura 3. Adquisición de Carbono, Nitrógeno y Agua a Través del Xilema y Floema en el Fruto de Vigna Vita 3 de 0 a 11 Días.

Fuente: Summerfield et. al., (1980).

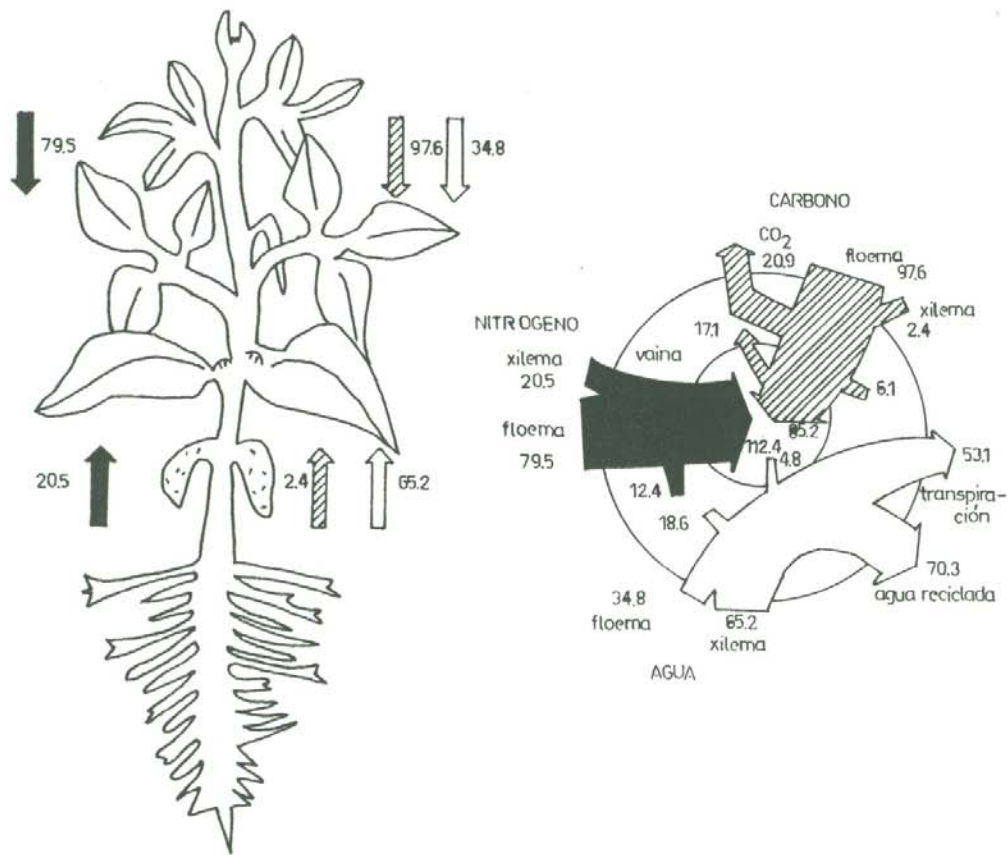


Figura 4. Adquisición de Carbono, Nitrógeno y Agua a Través del Xilema y Floema en el Fruto de Vigna Vita 3 de 12 a 22 Días.

Fuente: Summerfield et. al., (1980).

Tabla 5. Efecto del Ambiente y Factores Culturales en la Composición Química de Semillas de Leguminosas.

Factor	Leguminosa	Efecto en la composición química
Localización	Frijoles	Proteína y aminoácidos (+ o -)
	<i>Vigna</i>	Proteína y aminoácidos (+ o -)
	Garbanzo	Proteína y aminoácidos (+ o -)
Temperatura, lluvia, humedad	Chícharo	Proteína (+ 0 -)
Aplicación de N <sub>2</sub>	Chícharo	Proteína (+)
	Gramo negro	Proteína, grasa, aminoácidos y minerales (+)
	Garbanzo	Proteína (+)
Aplicación de P	Chícharo	Proteína (+)
	Frijol soya	Aminoácidos (+)
	Gramo negro	Proteína y grasa cruda (+)
Rhizobium	Garbanzo	Aminoácidos (+)
Azufre	Garbanzo	Aminoácidos (+)
S-triazina	Garbanzo	Proteína (+)
Posición de la semilla en la planta	Frijol soya	Proteína y aceite (+ o -)

(+) Aumenta.

(-) Disminuye.

Fuente: Kadam et.al., (1989).



Tabla 6. Composición Química de Diferentes Leguminosas.

ESPECIE	PROTEINA	GRASA	FIBRA	CENIZA	CARBOHIDRATOS	OBSERVACIONES	AUTOR
<i>Acacia c.</i>	31.2	2.2	14.1	3.3	49.2	SILVESTRE	SOTELO 81
<i>Acacia e.</i>	26.8	2.6	19.8	4.4	46.5	SILVESTRE	SOTELO 81
<i>Acacia f.</i>	25.2	3.3	18.3	3.8	49.4	SILVESTRE	SOTELO 81
<i>Acacia p.</i>	29.1	4.2	18.4	4.9	43.5	SILVESTRE	SOTELO 81
<i>Acacia sp.</i>	44.8	4.7		4.4			EARLE & JONES 60
<i>Cajanus cajan</i>	22.9	3.8	5.0	4.1			BRESSANI & ELIAS 78
<i>Cajanus cajan</i>	21.8	1.7	8.7	3.8			BRESSANI & ELIAS 78
<i>Cajanus cajan</i>	19.8	4.5	3.7	6.2	55.1		ERSHOW & WON-CHEN 90
<i>Cassia f.</i>	24.0	11.7	20.0	4.6	36.1	SILVESTRE	SOTELO 81
<i>Cassia o.</i>	22.5	3.3	14.2	4.5	55.6	SILVESTRE	SOTELO 81
<i>Cassia s.</i>	14.6	1.2	51.4	5.0	27.8	SILVESTRE	SOTELO 81
<i>Cercidium floridum</i>	54.4	15.7		5.1			EARLE & JONES 60
<i>Cercidium sp.</i>	21.3						THORN ET AL., 83
<i>Crotalaria sp.</i>	36.8	2.0		3.6			EARLE & JONES 60
<i>Glycine sp.</i>	38.0						FAO 70
<i>Glycine sp.</i>	36.0	19.8	7.3	4.6			EL TINAY ET. AL., 89
<i>Glycine sp.</i>	36.8	23.5	11.2				NORTON, BLISS & BRESSANI 85
<i>Glycine sp.</i>	36.6	18.4	4.8	5.0	25.3		ERSHOW & WON-CHEN 90
<i>Lens culinaris</i>	24.2						FAO 70
<i>Lens culinaris</i>	25.5	1.2	2.7	2.9			EL TINAY ET.AL., 89
<i>Lens culinaris</i>	23.8	1.0	11.7				NORTON BLISS & BRESSANI 85
<i>Lens culinaris</i>	29.6	3.1	3.2	2.4			BRESSANI & ELIAS 78
<i>Lupinus</i>	31.2						FAO 70
<i>Mimosa palmeri</i>	36.9	6.1		6.9			EARLE & JONES 60
<i>Mimosa pudica</i>	30.4	2.8		3.6			EARLE & JONES 60
<i>Palm kernel</i>	21.4	8.6	8.9	6.1			ABBAY 85
<i>Parkinsonia aculeata</i>	24.3	6.8		3.8			EARLE & JONES 60
<i>Ph. acutifolius</i>	28.9					CULTIVADO	BALDI & SALAMINI 73
<i>Ph. acutifolius</i>	24.2					SILVESTRE	WAINES 78
<i>Ph. acutifolius</i>	22.3					CULTIVADO	WAINES 78
<i>Ph. acutifolius</i>	20.2					CULTIVADO	WAINES 78
<i>Ph. acutifolius</i>	34.0					CULTIVADO	BALDI & SALAMINI 73
<i>Ph. acutifolius</i>	24.3						NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. acutifolius</i>	24.6	0.5	5.1				NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. acutifolius</i>	22.0	0.5	6.8				NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. acutifolius</i>	24.5	0.8	5.3				NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. acutifolius</i>	20.7	0.9	5.1				NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. acutifolius</i>	22.9	0.7	5.6				NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. acutifolius</i>	23.6	0.6					NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. acutifolius</i>	32.2	1.1		4.2			NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. acutifolius</i>	24.5	1.5	3.7	4.6	9.5		EARLE & JONES 60
<i>Ph. coccineus</i>	25.3						DUKE 81
<i>Ph. coccineus</i>	22.5	1.7	7.3			CULTIVADO	BALDI & SALAMINI 73
<i>Ph. lunatus</i>	23.8						NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. lunatus</i>	20.5	0.8	6.9			CULTIVADO	BALDI & SALAMINI 73
<i>Ph. lunatus</i>	19.2	0.7	7.6				NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. lunatus</i>	24.4	1.1	6.2				NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. lunatus</i>	20.8	0.4	7.0				NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. lunatus</i>	25.2	0.3	8.5				NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. lunatus</i>	22.0	0.7	7.2				NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. lunatus</i>	20.7	0.7	8.1				NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. lunatus</i>	19.1	1.6					NORTON, BLISS & BRESSANI 85
<i>Ph. lunatus</i>	26.4	2.7	6.7	3.7			BRESSANI & ELIAS 78
<i>Ph. lunatus</i>	14.1	2.2			61.0		ABBY & WON-CHEN 90
<i>Ph. mungo</i>	32.4						BALDI & SALAMINI 73
<i>Ph. mungo</i>	21.0	1.6	19.5			CULTIVADO	NORTON, BLISS & BRESSANI 85
<i>Ph. vulgaris</i>	29.6						BALDI & SALAMINI 73
<i>Ph. vulgaris</i>	35.2					CULTIVADO	BALDI & SALAMINI 73
<i>Ph. vulgaris</i>	20.9					SILVESTRE	BALDI & SALAMINI 73
<i>Ph. vulgaris</i>	27.1	1.1					NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. vulgaris</i>		2.0					NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. vulgaris</i>	24.4	0.6	7.0				NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. vulgaris</i>	23.7	1.5	6.4				NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. vulgaris</i>	25.0	1.3	7.4				NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. vulgaris</i>	19.3	1.2	6.9				NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. vulgaris</i>	22.1	1.7	25.0				NABHAN, WEBER & BERRY 85
<i>Ph. vulgaris</i>	22.1						NORTON, BLISS & BRESSANI 85
<i>Ph. vulgaris</i>	29.4	1.6	6.4	2.6			FAO 70
<i>Ph. vulgaris</i>	26.1	1.8	6.6	4.1			EL TINAY ET. AL., 89
							BRESSANI & ELIAS 78

<i>Ph. vulgaris</i>	17.3	2.2	4.0	4.0	61.3	ERSHOW & WON-CHEN 90
<i>Ph. vulgaris</i>	24.2	1.2		4.7		EARLE & JONES 60
<i>Ph. vulgaris</i>	22.3	1.6	4.3	3.9	10.9	DUKE 81
<i>Ph. vulgaris</i>	22.5	1.5	4.2	3.7	10.4	DUKE 81
<i>Ph. vulgaris</i>	22.9	1.2	4.3	3.9	8.3	DUKE 81
<i>Ph. vulgaris</i>	22.1	1.7	4.2	3.8	11.0	AYKROYD & DOUGHTY 64
<i>Pisum sativum</i>	24.6	1.0	4.5	2.9	57.0	ERSHOW & WON-CHEN 90
<i>Pisum sp.</i>	22.5					FAO 70
<i>Pisum sp.</i>	23.0	1.1	6.7	5.8		ABBAY 85
<i>Prosopis juliflora</i>	33.9	6.9		3.0		EARLE & JONES 60
<i>Prosopis sp.</i>	36.3	5.7		4.4	53.6	FIGUEIREDO 90
<i>Prosopis sp.</i>	39.3	4.9		3.6	52.1	FIGUEIREDO 90
<i>Vicia faba</i>	28.2	0.8	6.7	2.7	48.6	ERSHOW & WON-CHEN 90
<i>Vigna radiata</i>	22.0	1.0	22.0			NORTON, BLISS & BRESSANI 85
<i>Vigna angularis</i>	21.7	0.8	4.6	3.2	60.7	ERSHOW & WON-CHEN 90
<i>Vigna cylindrica</i>	25.7	1.4		3.6		EARLE & JONES 60
<i>Vigna radiata</i>	23.9	1.3	4.2	3.4	11.0	AYKROYD & DOUGHTY 64
<i>Vigna radiata</i>	25.6	3.0	3.5	3.0		BRESSANI & ELIAS 78
<i>Vigna sp.</i>	22.7	1.6				NORTON, BLISS & BRESSANI 85
<i>Vigna sp.</i>	22.9	4.4	4.5	3.4		EL TINAY ET. AL., 89
<i>Vigna sp.</i>	24.5	2.1	5.6	3.8		ABBAY 85
<i>Vigna sp.</i>	23.8	0.5	4.2	3.2	58.8	ERSHOW & WON-CHEN 90
<i>Vigna umbellata</i>	23.9	0.8	8.3	4.4		BRESSANI & ELIAS 78
<i>Vigna umbellata</i>	19.9	1.3	5.8	3.4	57.7	ERSHOW & WON-CHEN 90
<i>Vigna unguiculata</i>	22.5	1.4	5.4	3.7	11.4	DUKE 81
<i>Vigna unguiculata</i>	23.4	1.8	4.3	3.5	11.0	AYKROYD & DOUGHTY 64
<i>Vigna unguiculata</i>	27.5	2.1	7.0	4.9		BRESSANI & ELIAS 78

### Calorimetría

Para determinar directamente la variación de calor comprendida en una reacción, se usa el calorímetro, (los aparatos destinados a medir energía calorífica se llaman calorímetros y termómetros) que consiste en un recipiente aislado lleno de agua en el cual se sumerge la cámara de reacción. Cuando la reacción es exotérmica el calor producido se transfiere al agua cuyo ascenso de temperatura se lee con precisión mediante un termómetro sumergido en ella. Conociendo la cantidad de agua, su calor específico y la variación de temperatura se calcula el calor de reacción después de tener en cuenta también algunas correcciones por radiación, velocidad de enfriamiento del calorímetro, aumento de temperatura de las vasijas, agitadores, etc.. Estas correcciones se evitan al determinar la capacidad calorífica del calorímetro por combustión de cierta cantidad conocida de sustancia, cuyo calor de combustión se ha determinado con precisión.

#### Calor de Combustión

El calor de combustión se determina mediante la reacción del oxígeno con los compuestos orgánicos. El método consiste en quemar la sustancia a analizar en una bomba de combustión y medir el calor liberado.

El término calor de combustión hace referencia a la cantidad liberada por mol de sustancia quemada (Maron y Prutton, 1984).

El calor de combustión de la materia seca producida durante un período determinado, puede servir para determinar la eficiencia de la conversión de la energía solar. En la fotosíntesis las plantas utilizan las longitudes de onda comprendidas entre 400-700 nm., a este intervalo se le conoce como radiación fotosintéticamente activa (RFA). Como en la fotosíntesis lo importante es la RFA, entonces al querer determinar la conversión de la energía solar, hay que referirse a la conversión de la radiación fotosintéticamente activa.

La eficiencia de conversión de la radiación fotosintéticamente activa (ECRFA) está dada por el cociente de la energía de combustión de la materia seca producida durante un período determinado, por las plantas que crecen en un unidad de área, entre la cantidad total de la radiación fotosintéticamente activa incidente sobre dicha área, durante el mismo período.

El valor de ECRFA depende de varios factores, los cuales son: Especie, manejo agronómico, densidad de población, arreglo topológico, del hecho que el cultivo se maneje como unicultivo o asociado con otro y cual sea la otra especie plantada y de los estadios de desarrollo (Kohashi, 1990).

La determinación de el calor de combustión de las semillas de las leguminosas se hizo con el fin de tener una idea de los costos de energía, esto es, la cantidad de energía que usa la planta para hacer la semilla. Ver tabla 7.

Se ha encontrado que una unidad de glucosa produce alrededor de 0.83 unidades de carbohidratos, 0.40 unidades de proteínas y 0.33 unidades de lípidos (Sinclair and De Wit, 1975).

Tabla 7. Calor de Combustión de Diferentes Especies de Semillas de Leguminosas.

	Kcal/g	Kcal/g
		$\bar{X}$
Especies		
<i>Acacia aneura y kempeana</i>	5.300	<i>Acacia</i> sp.
<i>Acacia coriacea</i>	2.960	3.515
<i>Acacia cowleana</i>	3.600	<i>Cajanus cajan</i>
<i>Acacia dictyophleba</i>	3.630	3.400
<i>Acacia kempeana</i>	3.900	<i>Glycine</i> sp.
<i>Acacia murrayana</i>	2.640	4.370
<i>Acacia tenuissima</i>	3.510	<i>Lens culinaris</i>
<i>Acacia victoriae</i>	2.580	3.460
<i>Cajanus cajan</i>	3.400	<i>Pisum sativum</i>
<i>Glycine</i> sp. (Frijol soya)	4.120	3.250
<i>Glycine max</i>	4.620	<i>Phaseolus acutifolius</i>
<i>Lens culinaris</i>	3.460	3.780
<i>Pisum sativum</i> (Pea)	3.350	<i>Phaseolus coccineus</i>
<i>Pisum sativum</i>	3.150	3.850
<i>Phaseolus acutifolius</i>	3.780	<i>Phaseolus lunatus</i>
<i>Phaseolus coccineus</i>	3.850	3.497
<i>Phaseolus lunatus</i>	3.200	<i>Phaseolus vulgaris</i>
<i>Phaseolus lunatus</i>	3.450	3.383
<i>Phaseolus lunatus</i>	3.840	<i>Vicia faba</i>
<i>Phaseolus vulgaris</i>	3.340	3.140
<i>Phaseolus vulgaris</i>	3.410	<i>Vigna mung</i>
<i>Phaseolus vulgaris</i>	3.400	4.416

Continuación de tabla 7

	Kcal/g	Kcal/g
		$\bar{X}$
Especies		
<i>Vigna faba</i>	3.140	<i>Vigna unguiculata</i>
<i>Vigna</i> sp. (beans mung)	3.350	3.345
<i>Vigna mungo</i>	3.500	
<i>Vigna</i> sp. (beans mung)	3.400	
<i>Vigna unguiculata</i>	3.420	
<i>Vigna unguiculata</i>	3.270	

Fuente: U.S. Department of Agriculture (1975); Liener (1983);  
Brand and Chirikoff (1985) y Ershow and Won-Chen  
(1990).