EFECTO DE LA EDAD FENOLÓGICA EN LA CALIDAD Y PRODUCCION DE BIOMASA DE LINEAS DE SOYA FORRAJERA [*GLYCINE MAX* L. (MERR)] EN UN OXISOL DE PUERTO RICO.

Por

Alfredo Aponte Zayas

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

Agronomía

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ

2011

Aprobado por:

_____	_____
Elide Valencia, Ph. D. Presidente, Comité Graduado	Fecha
_____	_____
James Beaver, Ph. D. Miembro, Comité Graduado	Fecha
_____	_____
Elvin Román Paoli, Ph. D. Miembro, Comité Graduado	Fecha
_____	_____
Rafael Ramos Santana, M.S. Miembro, Comité Graduado	Fecha
_____	_____
Hipólito O'Farril Nieves, Ph. D. Director Interino de Departamento	Fecha
_____	_____
Aníbal J Aponte Colon, Ph. D. Representante, Escuela Graduada	Fecha

ABSTRACT

Forage soybean [*Glycine max* L. (Merr.)] is a crop with high potential for biomass production in the tropics, because, in a short period of time high quality hay can be produced for animal feed. However, no soybean cultivar has been developed, tested and released in Puerto Rico for soybean forage or grain. Also, there is limited information of the effects of planting dates and crop harvest phenological stages (CHPS) on dry matter yield (DMY). The objective of this study was to evaluate biomass production (kg/ha), nutritional value [% crude protein (CP)], % neutral detergent fiber (NDF), and acid detergent fiber (ADF)] of 10 forage soybean lines at two CHPS and two planting dates on an Oxisol (Cotito series) of the Isabela Agricultural Experiment Station.

The experimental design was a complete block with four replications. There was a split-plot arrangement of 10 forage soybean lines and two CHPS (R2 and R5.4); 100 % flowering and 75% grain physiological filling, respectively). The two planting dates were September 2010 and January 2011. For each planting date and CHPS, a 0.60-m2 area was harvested from the main plot. A fresh weight and a sub-sample (500g) was taken. Subsamples were dried in an oven to calculate % dry matter (DM). Nitrogen % (Kjeldhal), NDF and ADF (Van Soest procedure) were determined in a commercial laboratory. The data was analyzed using the Statistical Package, INFOSTAT.

Unlike planting date, CHPS had a significant effect ($P < 0.05$) on the DMY. Soybean forage DM produced on average between 5,436 and 6,486 kg/ha when harvested at the R2 (8 weeks) and R5.4 (12 weeks) stages of development, respectively. The maximum yield of biomass was obtained at the R5.4 harvest with an increase in DM of 1,000 kg/ha in 28 days. There was a significant interaction ($P<0.05$) between the lines x

CHPS for nutritional value. Crude protein ranged from 29.6% to 33.6% for R2 harvest, while samples from the R5.4 harvest ranged from 23.0% to 26.7For fiber, NDF in R2 harvest samples averaged from 33.3% to 34.6%, and increased in the R5.4 harvest from 38.1% to 44.8%, while ADF for R2 levels ranged from 21.0% to 25.6%, whereas ADF increased from 26.2% to 33.2% for the R5.4 harvest. There was also a significant difference ($P<0.05$) between lines for seed production. Six lines (6, 72, 1, 50, 110 y 2) produced seed yields > 1,000 kg/ha.

These results indicate that the DM yield of soybean lines did not differ ($P>0.05$) between planting date, but there was a marked effect of the CHPS on DM yield. Forage soybeans harvested at the R5.4 versus the R2 stage of development had 60% more biomass, and higher nutritional value. These values were similar to alfalfa and can satisfy the nutritional requirement of ruminants.

RESUMEN

La soya forrajera [*Glycine max* L. (Merr.)] es un cultivo con alto potencial para la producción de biomasa en el trópico debido a que en corto tiempo se puede obtener un heno de alta calidad para la alimentación animal. Sin embargo, en Puerto Rico no se ha desarrollado, probado y liberado ningún cultivar de soya con el fin de producir forraje o granos. Además, existe poca información del efecto de las fechas de siembra y las edades fenológicas de cosecha (EFC) adecuadas para maximizar el rendimiento de materia seca (RMS). El objetivo de este estudio fue evaluar la producción de biomasa (kg/ha) y valor nutritivo [% proteína bruta (PB), % fibra detergente neutra (FDN) y ácida (FDA)] de 10 líneas de soya forrajera en dos EFC y dos fechas de siembra, en un Oxisol (serie Cotito) de la Estación Experimental Agrícola de Isabela. El diseño experimental fue de bloques completos con cuatro repeticiones. Se utilizó un arreglo de parcelas divididas de 10 líneas de soya forrajera como las sub-sub-parcelas y los dos EFC (R2 y R5.4; 100% de floración y 75% del llenado fisiológico del grano, respectivamente) como las sub-parcelas. Las fechas de siembra fueron septiembre de 2010 y enero de 2011. Para cada fecha de siembra y EFC se cosechó en un área de 0.60-m^2 de la parcela útil y se tomó el peso fresco. Luego se tomó una sub-muestra de 500 g y se secó en un horno para calcular el % de materia seca (MS), % de N (método/Kjeldhal), FDN y FDA por el procedimiento de Van Soest.

La EFC tuvo un efecto significativo, ($P<0.05$) sobre el RMS. La soya forrajera produjo en promedio entre 5,436 y 6,486 kg/ha de MS para las cosechas de R2 (8 semanas) y R5.4 (12 semanas), respectivamente. El máximo RMS se obtuvo en las cosechas de la EFC R5.4 con un incremento en MS de 1,000 kg/ha en 28 días. También,

se observó una interacción significativa (P<0.05) entre líneas x EFC para el valor nutritivo. La PB osciló entre 29.6 a 33.6% para la cosecha de R2, mientras que la cosecha de R5.4 osciló entre 23.0 a 26.7%, disminuyendo 6 unidades porcentuales de la R2 a la R5.4. La FDN en la cosecha de R2 registró niveles de 33.3 a 34.6% que luego se incrementaron en la cosecha de R5.4 entre 38.1 a 44.8%, mientras que la FDA para el EFC R2 obtuvo niveles entre 21.0 a 25.6%, que se incrementaron a un rango de entre 26.2 a 33.2% para la cosecha R5.4. Además, hubo diferencia significativa (P<0.05) entre líneas de soya forrajera para la producción de semillas. Entre las líneas de soya evaluadas el rendimiento de semilla de las líneas de soya forrajera 6, 72, 1, 50, 110 y 2 excedió los 1,000 kg/ha.

Estos resultados indican que las líneas de soya no respondieron a la fecha de siembra, pero si existe un efecto marcado de la EFC para RMS. La soya forrajera cosechada en la EFC R5.4 sobrepasó la producción de biomasa comparada con la cosecha de R2 por más de 60%. Estos valores nutricionales son similares a la alfalfa y pueden satisfacer los requerimientos nutricionales de los rumiantes.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias primero que todo a Dios, por la salud, fortaleza y sabiduría que me dio para completar todos mis años de estudio. Gracias a mis padres Alfredo Aponte y María D. Zayas por servirme de soporte, aliento y enseñarme el valor del esfuerzo. A mis hermanos Javier Aponte y Aileen Aponte por ser motivo de mi superación. A mis abuelos que siempre estuvieron a mi lado sirviéndome de apoyo y orando mucho por mí.

Al Dr. Elide Valencia Chin, por ser el presidente de mi comité y darme la oportunidad de hacer estudios graduados bajo su tutela y ayudarme en mi aprendizaje durante el período de investigación. Al Profesor Rafael Ramos Santana, al Dr. Elvin Román Paoli y al Dr. James Beaver por formar parte del comité y por sus aportaciones. Al Dr. Raúl Macchiavelli, por su amabilidad al ayudarme en mis dudas respecto a la estadística.

A mi novia Julianna Franceschi que me sirvió de apoyo, dándome buenos consejos y amor durante el arduo trabajo de redacción. Gracias a Doña Gloria y Don Alberto que siempre estuvieron cerca de mí cuando más los necesité.

A mi compañero de trabajo y amigo Jorge Fuentes Fuster al cual siempre le tendré gran aprecio, gracias por todo su esfuerzo y ayuda durante el árduo trabajo en el campo. Gracias a Cuco, Kiki, Mino, Ico, Alfredo, Gaby y a todos los empleados de la Estación Experimental Agrícola de Isabela que de alguna forma me ayudaron y sirvieron de apoyo durante mi trabajo de investigación.

Al personal del Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales: en especial a mi amiga Floripe Cancel. A Evelyn Roselló, Jeannette y el Dr. Hipólito O'Farril quienes amablemente siempre estuvieron en la mejor disposición de ayudarme.

A todas las personas que de una manera u otra pasaron por mi vida e hicieron de esta intensa jornada una experiencia que siempre llevaré conmigo. ¡Gracias!

Dedicatoria

Esta tesis de investigación está dedicada a toda mi familia, a mis padres Alfredo Aponte Díaz y María D. Zayas Morales, porque siempre me demostraron su amor y apoyo incondicional en todo momento. También a mis queridos hermanos Javier Aponte Zayas y Aileen Aponte Zayas por sus palabras de apoyo durante mis años de estudios. Pero especialmente y sobre todo se la dedico al todo misericordioso: "Jesús en ti confío"

TABLA DE CONTENIDO

Página

ABSTRACT……..ii

RESUMEN……...……iv

AGRADECIMIENTOS……...vi

TABLA DE CONTENIDO……vii

LISTA DE FIGURAS……..x

LISTA DE CUADROS……....xi

1. INTRODUCCION……1

2. OBJETIVOS…….....4

3. REVICION LITERATURA……....5

3.1. TRASFONDO MUNDIAL DE LA INDUSTRIA BOVINA……..…...5
3.2. INDUSTRIA LECHERA Y GANADERA EN PUERTO RICO…….....6
3.3. COMPOSICION QUIMICA Y NUTRICIONAL DE GRAMINEAS.…...7
3.3.1. Forrajes Conservados……..……....8
3.4. EFECTOS ADVERSOS DEL CONCENTRADO…….……11
3.5. DESCRIPCION DE LAS LEGUMINOSAS……13
3.6. TAXONOMIA, MORFOLOGIA Y COMPOSICION DE LA SOYA…...13
3.6.1. Hábitos de Crecimiento de la Soya……...14
3.6.2. Fertilización y Fijación Biológica de Nitrógeno……...15
3.7. Trasfondo Histórico de la Soya Forrajera……16
3.8. Capacidad Forrajera de la Soya……17
3.9. Desarrollo de Nuevas Variedades de Soya Forrajera……...……17
3.10. Rendimiento y Calidad del Forraje de Soya……18
3.10.1. Valor Nutritivo……19
3.10.2. Aceptabilidad……..20
3.10.3. Factores Anti-Calidad……21
4.1. MATERIALES Y METODOS……21
4.1.1. Localidad, Suelos y Datos Climatológicos……21
4.1.2. Establecimiento del Ensayo y Diseño Experimental……22
4.1.3. Toma de Datos Recolección de Muestras……23
4.1.4. Análisis Estadístico de los Datos……..26
4.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN……...28
4.3. CONCLUCIONES……...……..48

5. RECOMENDACIONES……..49
6. LITERATURA CITADA….……....50

LISTA DE FIGURAS

Figura **Página**

Figura 1. Descripción del diseño experimental realizado para evaluar líneas de soya forrajera, en siembras de septiembre y enero en la Estación Experimental Agrícola de Isabela P.R., 2010-2011…….....25

Figura 2. Promedio de temperatura (^{o}C) mensual de los últimos 20 años y el promedio de la temperatura mensual durante el periodo de investigación en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010 y 2011…….…….....31

Figura 3. Promedio de precipitación (mm) mensual de los últimos 20 años y promedio de precipitación mensual durante el periodo de investigación en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011…….….31

Figura 4. Promedio de la densidad de siembra de líneas de soya forrajera evaluadas en siembras de septiembre y enero en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011……...33

Figura 5. Efecto de la edad fenológica de cosecha R2 en la relación hoja: tallo de líneas de soya forrajera evaluadas en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011…….…..35

Figura 6. Efecto de la edad fenológica de cosecha R5.4 en la relación hoja: tallo líneas de soya forrajera evaluadas en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011……...35

Figura 7. Efecto de la edad fenológica de cosecha (EFC) en el rendimiento (Kg/ha) de materia seca de líneas de soya forrajeras evaluadas en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011……42

Figura 8. Efecto de la edad fenológica de cosecha (EFC) en el porcentaje de proteína bruta (PB) de líneas de soya forrajera evaluadas en la Estación Agrícola de Isabela PR, 2010-2011……...43

Figura 9. Efecto de la edad fenológica de cosecha (EFC) en el porcentaje de fibra detergente neutra (FDN) de líneas de soya forrajera evaluadas en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011……..……..43

Figura 10 Efecto de la edad fenológica de cosecha (EFC) en el porcentaje de fibra detergente acida (FDA) de líneas de soya forrajera evaluadas en la Estación Experimental de Isabela PR, 20210-2011……...……44

LISTA DE CUADROS

Cuadros **Página**

Cuadro 1. Líneas de soya forrajera evaluadas en siembras de septiembre y enero en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011…….….25

Cuadro 2. Descripción de las edades fenológicas (EF) de la soya en regiones tropicales…26

Cuadro 3. Promedio de Temperatura (^{o}C) y precipitación (mm) mensual de los últimos 20 años y promedio de la temperatura y precipitación mensual durante el ensayo en la Estación Experimental Agrícola de Isabela, P.R. 2010-2011…….....30

Cuadro 4. Efecto de la fecha de siembra y EFC en la altura de líneas de soya evaluadas en la Estación Experimental Agrícola de Isabela, P.R. 2010-2011…….…39

Cuadro 5. Producción de semillas de líneas de soya forrajera en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, enero del 2011…….46

1. INTRODUCCION

La ganadería contribuye directamente a los medios de vida de las personas de todo el mundo, al proporcionar alimentos y otros productos, como fuerza de tiro y seguridad financiera. La producción ganadera representa más de un tercio del producto interno bruto (PIB) agrícola en los países en desarrollo y se prevee que esta proporción seguirá aumentando. El rápido crecimiento de la demanda de productos pecuarios, conocido como la "revolución ganadera", ha creado oportunidades para aumentar el bienestar de al menos parte de los casi 1,000 millones de personas pobres, cuyos medios de vida dependen de la ganadería. Sin embargo, la degradación de las tierras, la contaminación ambiental, el calentamiento mundial, la disminución de los recursos zoo-genéticos, la escasez de agua y las nuevas enfermedades presentarán previsiblemente obstáculos al crecimiento del sector pecuario mundial (FAO, 2009).

En la industria forrajera de Puerto Rico se mercadean una gran variedad de forrajes. Sin embargo, el problema principal de la industria pecuaria es que durante ciertas épocas del año hay escasez y baja calidad de los forrajes. Por ende, los forrajes existentes no suplen el nivel nutricional necesario para satisfacer la dieta animal. Esta es de las razones principales por la cual en Puerto Rico existe una baja productividad de los rumiantes.

La producción animal en la mayor parte de las zonas tropicales de Latinoamérica, tanto para monogástricos como para rumiantes (ej. Ganado lechero), se ha basado en la adaptación incompleta de modelos desarrollados en climas templados (Sánchez., 2009).

En otros países tropicales como es el caso de Colombia, hay problemas parecidos a los de Puerto Rico. Desde el punto de vista de la alimentación, la producción bovina que predomina en el país se caracteriza por el pastoreo de gramíneas en monocultivo, lo cual genera problemas productivos. Es común que las gramíneas del trópico presenten muy bajas concentraciones de proteínas, particularmente en el período seco. Por lo tanto, para obtener adecuados niveles de producción es necesario recurrir a la suplementación animal (Navas et al., 2006).

La escasez de forraje de alta calidad obliga a los productores a suplementar a sus animales, en particular a las vacas lecheras con concentrado de grano, para suplir la proteína y energía necesaria. Este tipo de alimentación aumenta la producción animal, pero reducen la vida útil del animal e incrementa los costos de producción. Esto ha puesto en riesgo la industria lechera en Puerto Rico. La industria forrajera local tiene la capacidad de mejorar la calidad de los pastos a través de la introducción de leguminosas que aporten energía y proteína de alta calidad. Varias leguminosas [ej. Maní forrajero (*Arachis glabrata* Benth) y estilosantes (*Stylosantes guianensis*)] han sido estudiadas previamente, pero no han sido aceptadas por los agricultores debido a su dificultad de manejo. Sin embargo, la soya forrajera (*Glycine max L. Merr.*) es una buena alternativa por su alto nivel de producción de forraje y de buena calidad nutricional. Además, la producción de heno de soya puede ser mecanizada fácilmente. También podría servir como un cultivo de doble propósito ya que podría utilizarse para producir forraje de calidad y si no es utilizado como forraje podría usarcé para la producción de grano para uso industrial en formulación de dietas para animales.

El afrecho de soya (subproducto de la industrialización) es la principal fuente de proteína vegetal y el componente más importante que se utiliza para la formulación de los alimentos balanceados para la nutrición animal en el mundo. Es muy importante señalar que el uso inicial de la soya, al ser introducida en los Estados Unidos de América, a principio del siglo XIX fué para ser utilizada como forraje para la alimentación de cabras y cerdos. Sin embargo, el uso de esta leguminosa como forraje es virtualmente desconocido en el trópico americano. Investigaciones realizadas en la Facultad de Ciencias Alimentaria de la Universidad de Costa Rica para reducir los costos de producción animal (principalmente de leche en el trópico), Utilizaron la variedad de soya CIGRAS 06 para producir forraje de excelente calidad nutricional, con excelente resultados (Tobías et al., 2006).

En los países templados la leguminosa por excelencia es la alfalfa (Medicago sativa L.), debido a su alto contenido de proteína y fibra, aporta un alto valor nutricional en la dieta de rumiantes lo que provoca un alto rendimiento en los sistemas de producción animal. El principal problema de la producción de alfalfa en el trópico es su exigencia de suelos con alta fertilidad y de pH neutro a levemente alcalino, mientras que en los países tropicales por la alta precipitación los suelos se encuentran altamente meteorizados por lo que presentan niveles altos de acidez que imposibilitan el crecimiento de este cultivo.

La razón por la cual se está utilizando la soya como alternativa de forraje en varios países tropicales se debe a que los productores de bovinos de leche y carne en países latinoamericanos se han visto imposibilitados de contar con forraje como la alfalfa. En sus sistemas de producción la alfalfa ha tenido una pobre adaptación. Sin embargo, el forraje de soya cosechado en EFC R6 (90 días aproximadamente) es muy similar en

producción y en calidad a la alfalfa. Incluso la soya presenta una ventaja energética por contar con un mayor contenido de grasa. Los altos costos de la producción intensiva de leche en el trópico, se deben principalmente a los altos precios de las materias primas importadas, que es la causa principal de la baja rentabilidad que afecta actualmente a ésta actividad. Evidentemente, la única salida viable para que los costos de alimentación en los sistemas de alta producción de leche y carne se reduzcan, es producir forrajes de alta calidad nutricional que suplan cantidades elevadas de energía y proteína. De ésta manera se podrá reducir la cantidad de alimento balanceado (ej. concentrados) en las raciones (Tobías, 2004)

El propósito de éste trabajo de investigación es evaluar los efectos de densidad de siembra, la época de siembra y la etapa fenológica de cosecha en la producción y valor nutricional de la soya forrajera. La meta es obtener un alto rendimiento de materia seca con niveles óptimos de proteína, grasa y fibra detergente neutra (FDN) del heno. La disponibilidad de heno de soya de alta calidad debe reducir el uso de concentrado en Puerto Rico para la producción de leche, aumentando así la vida útil del animal y reduciendo los costos de producción.

2. Objetivos

1. Determinar el efecto de dos fechas de siembra (septiembre 2010 y enero 2011) y la edad fenológica (R2- florecida y R5.4, 75% del llenado fisiológico del grano) de la cosecha en la producción de materia seca en 10 líneas de soya forrajera.

2. Evaluar la relación hoja: tallo en 10 líneas de soya forrajera.

3. Estimar el valor nutricional proteína bruta (PB), fibra detergente neutra (FDN), y fibra detergente ácida (FDA) en 10 líneas de soya forrajera.

3. Revisión de literatura

3.1 Trasfondo Mundial Industria Bovina

En la última década, la producción y el consumo de productos de origen animal han tenido un crecimiento rápido en la mayoría de las regiones del planeta y se prevé que continuará aumentando. Las estadísticas demuestran que los sistemas ganaderos tradicionales contribuyen a la forma de vida del 70% de la población rural pobre del mundo. La tendencia es que cada vez surgen más empresas a gran escala que tienen una tecnología avanzada y una alta producción, lo cual les permite adentrarse en el mercado internacional (FAO, 2010). Estas empresas satisfacen en gran medida la demanda de carne, leche y huevos de los mercados en rápido crecimiento. La producción de ganado a nivel mundial requiere actualmente un tercio de las tierras de cultivo. Compite cada vez más por la tierra, el agua, energía y la empleomanía sin dejar fuera las presiones socioeconómicas y el cambio climático. Según la FAO, (2010) es necesario incrementar la productividad haciendo el uso más eficiente posible de los insumos de producción en todo el sector pecuario. Esto será fundamental para que el sector pueda satisfacer la creciente demanda de productos ganaderos de calidad y al mismo tiempo reducir el impacto al medio ambiente y los recursos naturales mundiales

En Latinoamérica y la zona del Caribe unas de las actividades agrícolas que más se desarrolla es la crianza de ganado para carne y leche. Se estima que hay alrededor de 602 millones de hectáreas dedicadas a la ganadería. El inventario vacuno asciende a 359 millones de cabezas, de este total 40 millones o el 11% corresponde a vacas en ordeño. Toda esta región aporta con el 13% de la producción de leche y carne a nivel mundial y el 47% de la producción de los países en desarrollo (Hollmann et al., 2003).

En el trópico, durante la época seca, el ganado bovino experimenta una reducción drástica en sus niveles productivos de carne y leche, lo cual es causado principalmente por la marcada estacionalidad de la producción de pastos y forrajes (tanto en cantidad como en calidad). Esta condición se caracteriza por una época de sobreproducción forrajera, que coincide con la época de lluvia, durante las cuales se produce más forraje del que los animales pueden consumir y por una época de escasez de forraje (época seca) donde el abasto de forraje se reduce. Este hecho afecta la producción de leche, reduciendo el periodo de lactancia, pérdida de peso, ausencia de celo, disminución de la tasa de preñez y aumentando la mortalidad (Reyes et al., 2008).

3.2. Industria Lechera y Ganadera en Puerto Rico

Uno de los problemas que enfrenta la recría y ceba de bovinos en Puerto Rico es el pobre desempeño que tienen los animales que pastorean hierbas tropicales. En general las ganancias en peso vivo (GPV) que se logran son bajas y afectan directamente la eficiencia con que el animal utiliza el alimento que consume, el largo del periodo de engorde, los costos de producción y la calidad del producto final (Cianzo et al., 2006).

El uso de pastos en la alimentación de vacas lecheras puede resultar en un sistema de producción de leche a bajo costo. Estos sistemas de pastoreo se caracterizan por una alta producción de leche por unidad de superficie. Por el contrario, la alimentación en condiciones de estabulación presenta altos rendimientos por unidad animal (Peyraud y Delaby., 2001). En la actualidad, la producción de leche está orientada hacia sistemas más intensivos, atribuible al mérito genético, la cual requiere del racionamiento más

adaptado a la cobertura de las necesidades nutritivas de las vacas, lo que implica mayor uso de concentrados y forrajes deshidratados (Díaz, 2000).

3.3. Composición Química y Nutricional de las Gramíneas.

Las gramíneas constituyen la base fundamental de la alimentación de los rebaños bovinos en el trópico (Elizondo et al., 2003). Sin embargo, en cierta época del año la oferta de materia seca y la calidad de la misma, son insuficientes para satisfacer los requerimientos mínimos de los animales en pastoreo. Las gramíneas tropicales mal manejadas se caracterizan por un alto contenido de carbohidratos estructurales, bajos contenidos de carbohidratos solubles y una proteína total, inferior al 7% (Hernández et al., 2005). Una evaluación de diferentes gramíneas tales como: el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), pasto signal (*Brachiaría decumbens*) y jaragua (*Hyparrhenia rufa*) reportaron valores de PB, en la época seca y lluviosa, de 5.0 y 6.4%, respectivamente (Hernández et al., 2005; Baars y Jenkins, 1996). La composición del forraje indica que la PB total disminuyó en 28% a medida que se van haciendo cortes más tardíos. Esta reducción puede atribuirse al incremento en la proporción de tallos o a la dilución de la PB de la planta al incrementarse el contenido de carbohidratos estructurales a medida que avanza el desarrollo fenológico de la planta. En contraste, el contenido del FDN y FDA se incrementó a medida que los cortes fueron más tardíos, lo cual está asociado con un incremento relativo en el contenido de lignina y una reducción en el consumo de materia seca (Ramírez et al., 2000; Jung et al., 1996).

3.3.1. Forrajes Conservados.

Los forrajes constituyen la fuente más económica de nutrientes para el ganado y su disponibilidad se caracteriza por épocas de abundancia que coinciden con las lluvias donde el pastoreo de forraje con alta humedad disminuye el consumo voluntario animal. En la época de escasez, que coincide con la sequía, se observa un sobre pastoreo, disminución de la producción de leche, pérdida de peso de los animales, retraso en el crecimiento, incremento de los costos de producción y a un menor ingreso percibido. De estas generalidades, no se escapan los pequeños ganaderos. Para superar estas limitantes, se requieren estrategias de conservación de forrajes (en épocas de abundancia) que conduzcan a la disponibilidad de forraje de buena calidad en forma permanente y a bajo costo durante la época crítica del verano. Existen forrajes adaptados a las diferentes zonas agroecológicas, aspectos que de alguna manera conoce el ganadero, pero con serias deficiencias en su aprovechamiento y en especial, de improvisaciones para las contingencias resultantes de la escasez.

La manera más conocida de conservar forrajes es como ensilado y heno. Sin embargo, los procesos de conservación generalmente son costosos porque implican el uso de maquinaria especializada, la cual no siempre está disponible para los pequeños productores. Una alternativa es el ensilaje en bolsas plásticas, una práctica de menor costo y que está al alcance de pequeños y medianos ganaderos con bajos recursos económicos. Después de cosechada la planta, cuando la célula vegetal aún respira, produce anhídrido carbónico (HCO) y agua, que elevan la temperatura hasta 58 ó 60°C, conduciendo al oscurecimiento del ensilado y caramelización de los azúcares. Esta fase aerobia no debe permitir la entrada adicional de aire, pues disminuye sensiblemente el

contenido de azúcares solubles y la digestibilidad. Es por esto que el silo debe cerrarse en forma hermética; así el poco oxígeno presente se consume con rapidez, (primeras cinco horas) y garantiza un buen resultado. Al comienzo del proceso, cuando hay presencia de oxígeno y la temperatura se encuentra entre 20 y 60°C, se presenta un crecimiento de bacterias aerobias gram negativas, las cuales conservan los azúcares y liberan ácido fórmico, acético, láctico, butírico, alcohol, y anhídrido carbónico. Una vez se agota el oxígeno se inicia un proceso de fermentación láctica, cuyo grado depende del contenido de azúcares fermentables y del nivel de anaerobiosis. Por tanto, cuando el material ensilado no contiene suficientes carbohidratos, como ocurre con las leguminosas, es conveniente adicionar durante el proceso de ensilaje, materiales ricos en éstos elementos como melaza y granos molidos, entre otros (Pedro J. Argel et al., 2001).

El objetivo de ensilar es retener tanto potencial de producción animal del cultivo cosechado como sea posible. Esto incluye minimizar las pérdidas cuantitativas y controlar los cambios cualitativos. El primer requerimiento para el éxito del ensilaje es alcanzar rápidamente condiciones de anaerobiosis y que estas se mantengan. Esto termina con la respiración de las plantas, inhibe el crecimiento de microorganismos aeróbicos, restringe las subidas de temperatura y crea condiciones favorables para el crecimiento y desarrollo de bacterias productoras de ácido láctico.

El otro requerimiento, es crear las condiciones para inhibir la actividad de los microorganismos anaeróbicos indeseables. Esto normalmente se logra reduciendo el pH suficientemente y rápidamente, y es ayudado por la reducción previa del contenido de agua en el material a ensilar. La reducción del pH en el ensilaje es función de tres factores principales: sustrato fermentecible, (inicialmente carbohidratos solubles),

capacidad amortiguadora de la planta y microorganismos presentes en el cultivo durante el ensilado (Andrés Galleano., 2006).

El heno es un forraje seco, cuyo contenido de agua es de menos de 15%. Se cosecha el forraje fresco y se seca lo más rápido posible. El secado puede hacerse en forma natural (exposición al sol en el suelo, aireando el forraje mediante un volteo regular) o artificialmente, mediante la circulación activa del aire (Livestock and Environment Toolbox., 2005).

La henificación es el proceso de preservación de un forraje. El mismo consiste en el secado de los tejidos de las plantas hasta alcanzar un contenido de humedad no superior a 15%, aunque puede ajustarse más o menos, dependiendo de la especie forrajera. Con este proceso se garantiza conservar el heno durante largo tiempo y ofrecerlo a los animales en momentos de escasez. Las especies mayormente empleadas para henificar son las estoloníferas tales como: Pangola (*Digitaria decumbens*), Bermuda (*Cynodon Dactylon*), Estrella, Brachiaria, Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), Guinea (*Panicum maximun*), Angleton (*Dichantium aristatum*), o asociaciones de estas gramíneas con leguminosas. Para el caso de las especies Elefante (*Pennisetum purpureum*) y Sorgo (*Sorghum vulgare*) son poco usadas para este método de conservación de forraje, por presentar tallos gruesos que dificulta su deshidratación ameritando emplear implementos especializados para tal labor. En el proceso de henificación natural, los forrajes, después de cortados, son extendidos en el terreno para secarse al sol. La velocidad del proceso de secado dependerá de las condiciones climáticas, como la temperatura, humedad relativa y presencia de brisa o de viento, las cuales varían en las épocas del año y las horas del día. El secado natural de los forrajes verdes se produce en forma efectiva a partir de

temperaturas de 15ºC y humedad relativa inferior a 70%. Se recomienda que el proceso de secado se realice en días soleados, sin riesgos de lluvias, ya que el material se podría dañar por crecimiento de hongos, por fermentación o quemado después de empacado. Una vez cortado el forraje o pasto debe secarse lo más rápido posible para evitar pérdidas de calidad. Se recomienda que en el proceso de secado del pasto, éste permanezca entre 12 y 24 horas en el campo, ya que períodos mayores a las 24 horas aumentan las pérdidas e incrementan los riesgos de deterioro por lluvia u otros factores. Uno de los grandes inconvenientes que presenta el heno en los trópicos es que cuando el pasto tiene las condiciones ideales para el corte en cuanto a calidad nutritiva, y si ésta coincide con la época de lluvia, se dificulta el secado natural del forraje. Mientras que, al llegar los pastos a la época seca y florecida, su calidad nutritiva es muy baja. Una vez que el material vegetal está seco se procede a empacarlo, bien sea con el implemento acoplado al tractor o por medio de implementos manuales de fabricación artesanal, con el fin de reducir su volumen (5:1) para su almacenamiento y posterior uso en la época seca del año (Alexander Sánchez., 2008).

3.4. Efectos Adversos del Concentrado

Los concentrados son alimentos bajos en fibra y altos en energía y/o proteína, de alta palatabilidad y usualmente son consumidos rápidamente en contraste con los forrajes. Un problema con el uso de concentrado es la poca estimulación de la rumia, lo cual trae como consecuencia problemas de acidosis, cuando el concentrado forma más de 60-70% de la ración (Medina, 2000; Howard, 1996). Además, el costo por unidad de energía y/o proteína es mayor. La vaca lechera es suplementada diariamente con raciones ricas en

carbohidratos rápidamente fermentables (azúcares, almidón) las cuales, en exceso, más un desbalance en fibra, y suministradas sin un adecuado acostumbramiento, pueden inducir acidosis ruminal (AR), trastorno digestivo normalmente conocido como "empacho". Este desorden metabólico, también se reporta en muchos casos de AR cuando la vaca alcanza su máximo nivel de consumo voluntario de alimento. Normalmente, la AR va acompañada de acidosis metabólica (reducción del pH sanguíneo). Los signos clínicos incluyen: cese del consumo, dolor abdominal, diarrea, deshidratación, taquicardia y tambaleo. Las vacas que sobreviven a los efectos de la AR pueden morir debido a las complicaciones originadas a partir de infecciones micóticas y/o bacterianas del rumen (Bretschneider, 2009).

El manejo de las vacas secas en los hatos lecheros de Puerto Rico suele ser un aspecto relativamente desatendido, en comparación con otras facetas de la empresa. Hace falta mayor conciencia que dicho manejo incide en la eficiencia global del hato, ya que puede afectar la producción en la próxima lactancia y la salud animal. Hay que alimentar estos animales adecuadamente, pero sin incurrir en gastos excesivos. El forraje pastoreado constituye la fuente alimentaría más barata en muchas fincas, pero debido a la variación estacional en las condiciones de las praderas, generalmente se requiere alguna suplementación, al menos durante las sequías. Un tipo de suplemento común es el alimento concentrado, pero por su alto costo debe usarse juiciosamente. Es preciso buscar abaratar las fórmulas al aprovechar los ingredientes menos costosos (Randel, 2000).

El contenido de proteína cruda (PC) recomendado en las raciones para vacas lecheras varía entre 12% para una vaca seca y hasta 18% para una vaca en la primera

parte de la lactancia (Medina, 2000; Wattiaux, 1996). El heno puede elaborarse a partir de gramíneas y leguminosas mejoradas, o de una combinación de ambas.

3.5. Descripción de una Leguminosa.

Por leguminosa se entienden que son aquellas especies que pertenecen a la familia (Fabáceae), cuya utilidad primaria reside en las semillas, más que en ninguna otra parte de la planta, en algunas especies existen variedades en las cuales se utiliza las vainas. Las semillas son de suma importancia porque se utiliza en la alimentación humana y animal, debido a su alto contenido proteínico, aunque también existen variedades de mucho interés industrial por su alto contenido graso. Las leguminosas tienen también una utilidad considerada como secundaria, como forraje, abono verde, ensilado, henificado o paja. Como norma general a medida que más se desarrolla la agricultura de un país, la utilización (grano, legumbre, forraje, aceite, etc.) va siendo cada vez más específica. Las especies antes mencionadas son por lo general herbáceas pero también hay leguminosas arbustivas como el gandul (*Cajanus cajan*) (Nadal et al., 2004).

3.6. Taxonomía, Morfología y Composición de la Soya.

La soya es una leguminosa procedente de otras especies silvestres de soya y su centro de origen se sitúa en el extremo oriente (China, Japón. Indochina). Es una planta herbácea anual, de primavera a verano cuyo ciclo vegetativo toma de 3 a 7 meses y crece de 40 a 100-cm de altura. Las hojas, los tallos y vainas son pubescentes, variando el color de los pelos de rubio a marrón. Los tallos son rígidos y erectos y varían en altura de entre 0.4 a 1.5 metros. Suelen ser ramificados y tienen tendencia a encamarse, aunque existen

variedades resistentes al acame. Su sistema radicular es pivotante y puede alcanzar un metro de profundidad. Muchas variedades tienden a establecer una relación simbiótica con diferentes bacterias del genero *Rizobium.* Cuando esto sucede en la raíz principal o en la secundaria se encuentran los nódulos en números variables (Anónimo, 2003). Las hojas son alternas, compuestas, excepto las basales, que son simples. Son trifoliadas con los foliolos lanceolados. Tienen un color verde característico que se torna amarillo en la madurez, quedando las plantas sin hojas. Las flores son inflorescencia en racimo axilar en número variable de color blanco o púrpura según la variedad. El fruto es una vaina dehiciente por ambas suturas y la longitud de las vainas es de 2 a 7 centímetros, conteniendo de 3 a 4 semillas. En cuanto a la semilla es generalmente esférica del tamaño de un guisante y de color amarillo, de tamaño mediano y es rica en proteína y en aceites. En algunas variedades mejoradas presentan alrededor de 40 a 42% de proteínas y de 20 a 22% de aceite respecto a su peso seco. En la proteína de soya hay un buen balance de aminoácidos esenciales entre los cuales se destacan la lisina y la leucina (Agrinova, 2010).

3.6.1. Hábitos de Crecimiento de la Soya.

La soya es una planta foto-sensitiva ya que su florecida y maduración es controlada por el largo de la noche. Su crecimiento se ve afectado por los cambios de latitud, por esta razón existen doce grupos de maduración en Norteamérica. Existen variedades determinadas que completan su crecimiento vegetativo justo antes de la florecida. Las variedades indeterminadas continúan su incremento en altura por varias semanas después de haber florecido. La mayoría de las soyas de este tipo crecen en las

latitudes nortes y las indeterminadas en las latitudes del sur (Soy info. Center., 2007; Shurtleff, 1980).

3.6.2. Fertilización y Fijación Biológica de Nitrógeno de la Soya.

El nitrógeno ocupa una posición única entre los elementos esenciales para el crecimiento de las plantas, ya que se requieren grandes cantidades en la producción de cosechas. La reserva principal de éste elemento es la atmósfera, en donde se encuentra en forma de N_2, pero ésta molécula no puede ser utilizada por la mayoría de los seres vivos (exceptuando algunas bacterias). Esas bacterias y algas cianofíticas que pueden usar el nitrógeno (N_2) del aire juegan un papel muy importante en el ciclo de éste elemento; al fijar el nitrógeno, convierten el N_2 en otras formas químicas (nitratos y amonio) asimilables por la planta. Se conoce desde el siglo pasado, cuando se estableció que era una actividad característica de ciertas bacterias, y que algunas plantas podían establecer relaciones simbióticas con bacterias (Jiménez, 2007; Paul y Clark, 1996).

Si bien la nodulación es una característica de las leguminosas en general, existen géneros que no forman tales estructuras. En efecto, mientras que en la subfamilia Papilionoideae, donde se incluye alfalfa, soya, habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) producen nódulos en un 95 por ciento de los individuos examinados, en la Caesalpinioideae no se ha encontrado nodulación en un 67 por ciento de los miembros estudiados (C. Rodríguez, 1984; Allen and Allen, 1981).

De los nutrientes minerales, el nitrógeno es cuantitativamente el más importante para el crecimiento de las plantas. La toma de nitrógeno del suelo en forma de amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-) es regulada por la química y disponibilidad en el suelo. El

nitrógeno es componente esencial de los aminoácidos y los ácidos nucleicos, vitales para la vida. Las leguminosas en simbiosis con las bacterias de la familia *Rhizobiaceae* son capaces de absorber el nitrógeno directamente del aire, siendo éste transformado en amoníaco y luego en amonio por bacterias que viven en simbiosis con la planta en sus raíces. El amonio es posteriormente utilizado por la planta para formar el grupo amino de los aminoácidos de las proteínas que finalmente se incorporan a la cadena trófica (Jiménez, 2007; Paul y Clark, 1996). La enzima nitrogenasa es un complejo de dos proteínas, una contiene Fe y la otra Fe y Mo. Esta enzima es responsable de convertir o reducir el nitrógeno atmosférico (N_2) en NH_4^+, es sintetizada en el citosol por los bacteroides. Las leguminosas utilizan el $NH4^+$, para convertir precursores metabólicos en aminoácidos que son convertidos en proteínas (Jiménez, 2007; Somasegaran y Hoben, 1994).

La producción de soya no sería factible sin la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico, y sin tal fijación, la posibilidad de la producción de soya en nuevas áreas no podría ser correctamente evaluada. El establecimiento efectivo de la fijación simbiótica del nitrógeno en las zonas donde la soya no ha sido cultivada puede ser difícil, particularmente si la soya se planta en suelos tropicales (R. Ruz, 1999; Borkert y Sfredo 1995). Los resultados experimentales muestran el efecto positivo de la aplicación del *Bradyrhizobium japonicum* y la fertilización mineral, pues se produjeron incrementos significativos en relación con el testigo sin fertilizar en la mayoría de los parámetros evaluados. Resultados similares obtuvieron Hernández y Colaboradores (1996) en un suelo Ferralítico rojo compactado (citado por : Ruz, 1999).

3.7. Trasfondo Histórico de la Soya Forrajera.

Antes de la II Guerra Mundial, el principal uso de la soya era para forraje, teniendo un largo historial como cultivo para ensilaje y heno (Blount et al., 2006). También en algunas regiones de Canadá como en Ontario, la soya fue originalmente introducida como un cultivo forrajero para vacunos, luego en las etapas de guerra y post guerra, los requerimientos de aceites aumentaron, su destino cambió sustancialmente hacia la producción de grano de donde se pueden extraer aceites y proteínas (Brown, C. 1999).

3.8. Capacidad Forrajera de la Soya.

Actualmente, no sólo en Argentina sino también en diversas regiones del mundo, se ha retomado el desarrollo del cultivo como productor de forraje. Los motivos por los cuales vuelve a ser considerado son diversos, destacándose la capacidad de producción de forraje de alta calidad proteica y buena digestibilidad. Además la soya puede tener un valor nutricional similar a la alfalfa (Blount et al., 2006). Según investigadores de la Universidad de Wisconsin (USA), la soya puede ser considerada una alternativa forrajera viable cuando la alfalfa y los tréboles no generan producción debido a muertes de plantas en inviernos muy crudos o en sequías extremas (Juan, L. 2008, Wiederholt y Albrecht, 2007). Incluso en países tropicales, se está investigando el aporte que puede proveer la soya como fuente de forraje. En Costa Rica, a partir de 1989, se ha iniciado un programa de mejoramiento genético cuyo objetivo principal es obtener variedades de alto potencial productivo, cuyo uso principal sea el de producir forraje (Villalobos, 2003).

3.9. Desarrollo de Nuevas Variedades de Soya Forrajera

Después de 19 años de cruzamientos el genetista Thomas Devine ha generado tres nuevos cultivares de soya gigante para forraje animal (Derry, Donegal y Tyrone). Estos son los primeros forrajes de soya desarrollados para usarse para alimentar animales. En el 1964 mermó el uso de la soya como forraje, pero debido a las nuevas tecnologías de ensilaje han podido resurgir los forrajes de soya. Algunas pruebas realizadas en varios estados en el 1996, estas variedades de soya han logrado producir hasta 6 toneladas de materia seca (MS) por acre, excediendo el rendimiento de la soya convencional por más de un 75%. También, se han obtenidos líneas de estas soyas que han crecido 2-m de altura (Devine et al., 1998). Científicos del laboratorio de conservación de nutrientes y metabolismo en Beltsville`s y de varias universidades han encontrado que el forraje de soya tiene alta composición de nutrientes y calidad. En ranchos de consumo con vacas Holstein se comprobó que estas tres variedades son tan palatables como la alfalfa (Devine et al., 1998).

3.10. Rendimiento y Calidad del Forraje de Soya.

Existe diferencias entre los cultivares en el rendimiento y la calidad del forraje relacionado a los grupos de madurez. Cuando se cosecha en estado R7 los cultivares de madurez temprana producen alrededor de 1.2 Mg/ha (Cuadro 2). El estado de madurez y el tiempo de cosecha tienen un gran efecto en el rendimiento y la calidad del forraje de soya. El rendimiento de materia seca (MS) por hectárea incrementa cada vez que el estado de madurez aumenta hasta la cosecha. Sin embargo, los parámetros de calidad siguen un patrón diferente. El contenido de proteína cruda disminuye entre los estados de

crecimiento R1 y R3, la concentración de proteínas permanece constante entre R3 y R5, pero luego incrementa en los estados vegetativos R5 y R7. La FDA y FDN incrementa entre la R1 y la R5 mientras que disminuye en las etapas R5 a la R7. Se recomienda que la soya sea cosechada entre el estado R6 y R7. Sin embargo, en el estado R7 se obtiene el rendimiento máximo de MS, aunque ocurre algo de senescencia. Aun así el rendimiento que se obtiene en estados más tempranos de cosecha es menor. Después de esta etapa la senescencia aumenta rápidamente y la planta decae. En promedio, si la soya se cultiva a 20 pulgadas entre hileras con condiciones constantes, se pueden obtener 1.2 Mg/ha de semilla. Otro factor importante es el diámetro de los tallos mientras más pequeños sean, mejor será el secado de la soya y tendrá una mejor aceptación de los animales. Estos problemas son los de más importancia a la hora de producir forraje de soya (W. Hintz, 1989).

3.10.1 Valor Nutritivo de la Soya.

Estas plantas tienen como atributo principal desde el punto de vista de forraje para el ganado, altos contenidos de proteína de las cuales varían del 14 al 28% y bajo contenidos de fibra menores al 40% lo que permite un mayor consumo voluntario y digestibilidad obteniendo incrementos en los rendimientos productivos de carne y leche hasta de un 50% o más (Lascano y Avila 1991; González, 1992). Esto en comparación con gramíneas tropicales las hace bastante superiores. Sus contenidos de proteína tienden a disminuir gradualmente conforme la edad de la planta. El contenido de nutrientes minerales es también diferente en las leguminosas; normalmente éstas tienen mayores contenidos de Ca y P que las gramíneas (Lagunas, 2004; Ara, 1987).

La digestibilidad de la materia seca in Vitro (DMSIV) de toda la planta de soya se mantiene relativamente constante al 60% de digestibilidad durante los estados vegetativos (R1, R3, R5, R6 y R7), (Cuadro 2). Las hojas y las vainas tienen una mayor digestibilidad entre los 68 a 72%, mientras que los tallos fluctúan entre 40 a 46% de (DMSIV). La digestibilidad de los tallos disminuye drásticamente cuando comienza el desarrollo de las vainas (FAO, 2008; Muñoz *et al.,* 1983). En contraste a otros forrajes el contenido de nutrientes y la calidad del forraje de toda la planta de soya no cambia drásticamente con los cambios en la madurez de la planta debido a que la semilla contiene altas niveles de proteínas y energía (grasa). Los forrajes de soya cosechados y ensilados en estado R4 (Cuadro 2), tienen más baja digestibilidad que los ensilajes de soya hechos de la planta en estado R2 y R6. Esto se debe a que la soya forma la mayoría de los carbohidratos estructurales en estado R4. El rendimiento de las vainas aumenta sustancialmente en los estados R6 y R7, siendo el estado vegetativo R6 donde la (DMSIV) de las vainas excede la digestibilidad de los tallos por un 25% contribuyendo sobre todo al valor nutritivo de toda la planta. En promedio el contenido de (MS) de ensilaje de soya cosechadas en estado de crecimiento R2, R4 y R6 fueron 22.1%, 25.7% y 30.1% respectivamente (FAO, 2008; Coffey et al., 1995).

3.10.2. Aceptabilidad de la Soya como Forraje

El rumiante es bien selectivo cuando se alimenta con ensilaje de soya y tienden a dejar los tallos muy duros o grandes. Pero si los tallos son finos o están cortados en trozos como en el ensilaje, tiende a bajar la cantidad que rechazan. Johnston and Bowman (2000) alimentaron ovejas (*Ovis orientalis aries*) en crecimiento con ensilaje de soya

triturado y en bolas y no observaron diferencias en aceptabilidad. Ellos también encontraron que la digestibilidad de la (MS), energía, proteína, FDA y FDN del ensilaje de soya es similar al del maíz. Cuando se usaron variedades de soya de grano como forraje se encontró que si eran ensilados en estado R2 y R4 presentaban luego presencia de mohos y olor desagradable así como color verde oscuro y negro. Si la soya es cosechada en estado R6 para ser ensilada raramente presenta mohos y su color se conserva similar al del forraje fresco y tiene un olor agradable (FAO, 2008).

3.10.3 Factores Anti-Calidad

Hasta el momento no se ha presenciado ningún factor anti-calidad en el uso de la soya como forraje. Aun así, si el forraje de soya es cosechado en estado R7 (Cuadro 2), la concentración del extracto de éter en la dieta podría ser alto, lo que resultaría en la supresión del consumo y la digestión de la fibra. Se recomienda que este forraje cosechado en estado R7, deba ser limitado a un máximo del 50% de la dieta del animal para evitar estos problemas antes mencionados (Brown, 1999; Hintz et al., 1992).

4.1. MATERIALES Y METODOS

4.1.1 Localidad, Suelos y Datos Climatológicos

El estudio se llevó a cabo entre el 10 de Septiembre del 2010 al 25 de abril del 2011 en la Estación Experimental Agrícola de Isabela, Universidad de Puerto Rico, ubicada en el noroeste de la isla específicamente: (18° 30' Latitud norte y 67° 00' Longitud oeste). La Estación está ubicada a 128 metros sobre el nivel del mar, con precipitación promedio anual de 1675 mm. La temperatura promedio es de 25ºC pero

fluctúa através del año entre 19 y 29ºC. El suelo es del orden Oxisol de la serie Cotito (Clayey, kaolinitic, isohypertemic Lithic Kandiustox). Es un suelo arcilloso de buen drenaje y poco profundo, su pH es de 4.5 a 6.5 que responden positivamente a la aplicación de carbonato calizo (Beinroth et al., 2002).

4.1.2 Diseño Experimental y Establecimiento del Ensayo

El diseño experimental es uno de parcelas divididas en bloques completos al azar (DBCA) con cuatro repeticiones. En un arreglo de parcelas subdivididas las 10 líneas de soya fueron las parcelas principales y las dos edades fenológica de cosecha (EFC) la sub-parcela. Este experimento tiene tres factores. El primer factor es la época de siembra con dos niveles (asignados a la parcela completa) y el segundo factor es la EFC que también tiene dos niveles (asignados a las sub-parcelas). El tercer factor tiene 10 niveles, que son cada una de las líneas de soya (Cuadro 1), asignadas a las unidades experimentales (sub-sub-parcela).

El área experimental fué preparada mecánicamente con un pase de arado de discos y dos pases de rastras, éste trabajo fué realizado tres semanas antes de la siembra. El día de la siembra se dio otro pase de rastra y luego se surcó el predio con una surcadora de dos hileras, a 60-cm de distancia entre hileras. En cada parcela útil y borduras se sembraron 40 semillas de soya a 2 semillas por postura a una distancia de 10-cm (una densidad de siembra de alrededor de 333,333 plantas/ha). Se utilizó una cultivadora para remover las malezas entre las hileras, a las 3 semanas de la germinación de la soya forrajera, luego el área fue cubierta por la soya lo que controló las malezas. Durante el periodo de experimentación se controlaron las plagas principalmente de

insectos como la mosca blanca *(Bemisia tabaci)* con aplicaciones del insecticida (Lanate ®) cuando fuesen necesarias.

El área utilizada fué de 496 m^2 y cada bloque o repetición consta de dos sub-parcelas de 31-m de largo y 2-m de ancho. Las sub-parcelas fueron dos cosechas en estados de desarrollo vegetativo: i. cosecha a la florecida de la planta (R2) y ii. Cosecha cuando el llenado fisiológico del grano alcanzó un 75% (R5.4), (Román, 2008). Las unidades experimentales fueron cada una de las 10 líneas de soya seleccionadas previamente por su altura, finura de los tallos y segregación (Cuadro 1). El tamaño de estas unidades fué de 2-m x 2-m. Mientras que la parcela útil consistió de la hilera central de cada unidad experimental. Se cosechó un metro lineal del centro de la unidad experimental, el resto sirvió de borde. La distancia entre hileras fue de 60-cm de ancho y el espacio entre las unidades experimentales fue de 1-m a lo largo y 60-cm a lo ancho (Figura 1). Para la segunda fecha el experimento se estableció siguiendo las mismas dimensiones y especificaciones del primer ensayo.

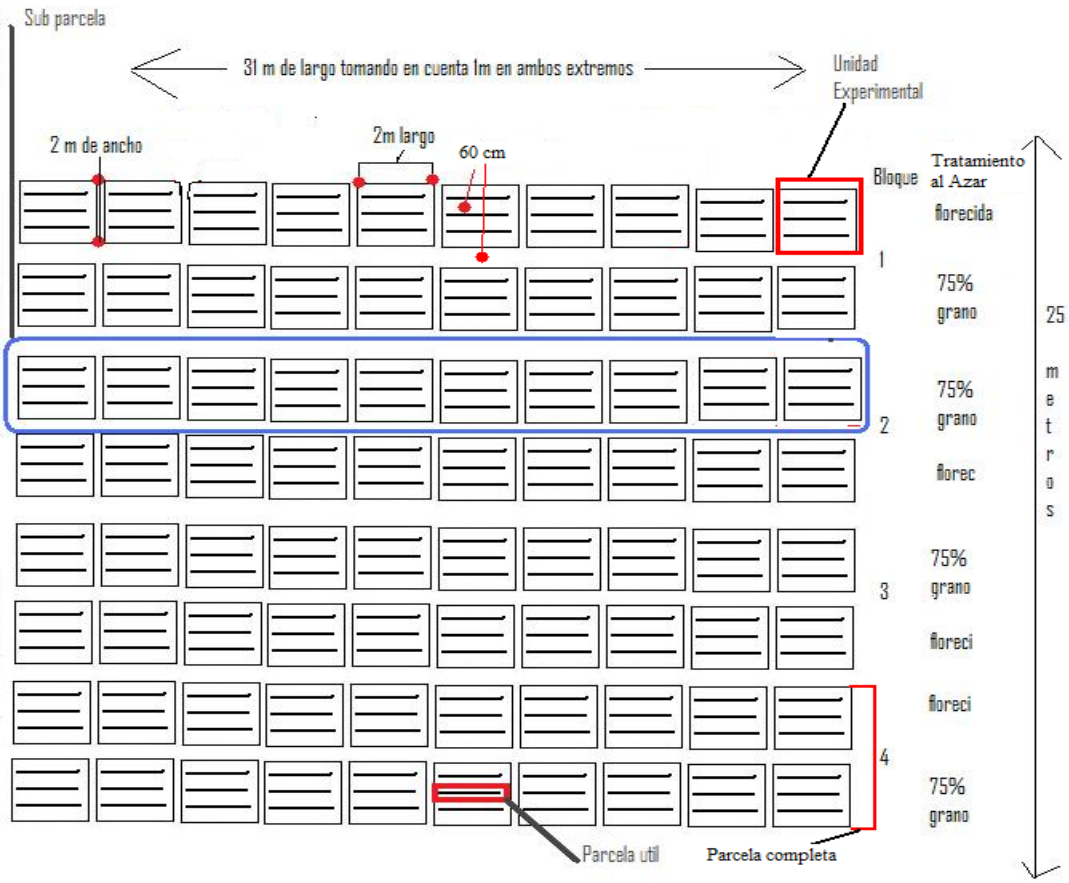
4.1.3 Toma de Datos y Recolección de Muestras

El ensayo fué repetido en dos fechas de siembra, el primer ensayo se realizó del 10 de septiembre al 3 de diciembre del 2010 y el segundo ensayo se estableció de enero 31 al 25 de abril del 2011. Durante el primer y segundo ensayo experimental se evaluaron las variables: % de emergencia, altura cada 2-semanas hasta la cosecha en fecha de florecida en el tratamiento (R2) y hasta la cosecha al 75 % del llenado fisiológico del grano en el tratamiento (R5.4), relación hoja: tallo, biomasa o rendimiento de materia seca (RMS), y se estimó su valor nutritivo: [proteína bruta (PB), fibra detergente neutra

(FDN) y fibra detergente acida (FDA)]. Se contaron las plantas que emergieron en los 2-m lineales de la parcela útil para determinar densidad de siembra. La altura hasta el apice de la planta se midió en (cm) cada 2 semanas, tomando 4 plantas al azar en la parcela útil de cada unidad experimental.

A las 8 semanas cuando las sub-parcelas correspondientes al tratamiento (EFC R2) se encontraban florecidas se cosechó 1-m lineal de la parcela útil para cada línea de soya evaluada. Cuando se observó que las líneas de soya llegaron al (EFC R5.4), 12 semanas en las sub-parcelas correspondientes se cosechó utilizando el mismo procedimiento antes mencionado. Luego se tomaron muestras de aproximadamente 500g, estas se secaron por 48-horas a 60º C en un horno de aire forzado y luego se tomó su peso seco y se calculó el porcentaje de materia seca (MS) con la cual se determinó RMS en Kg/ha. Además se tomó otra sub-muestras para cada línea evaluada en EFC R2 y R5.4. Estas sub-muestras se dividieron en tallos y hojas, también se secaron usando el mismo procedimiento antes mencionado. Luego se tomó su peso seco y con esta diferencia se determinó que porción de la MS fue hojas y tallos. Las muestras tomadas para RMS fueron molidas en un molino Thomas Willey para pasar un tamiz de 1-mm y se enviaron al laboratorio de la Universidad del Estado de Dakota del Norte donde analizaron PB, FDN y FDA. El % de Nitrógeno (N) se determinó utilizando el método micro-Kjeldhal (AOAC, 1990) mientras que la PB se calculó utilizando la formula (PB= N x 6.25). La FDN y FDA fueron determinadas por el procedimiento de Van Soest (Van Soest et al., 1991).

Figura 1. Descripción del diseño experimental realizado para evaluar líneas de soya forrajera, en siembras de septiembre y enero en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011.



Cuadro 1. Líneas de soya forrajera evaluadas en siembras de Septiembre y Enero en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011.

Líneas de soya	Fuente de semilla	Pedigrí Correspondiente.
SF-1	0968-1-1	Donegal x F85-1138(GHS 95-96)
SF-2	0968-1-2	Donegal x F85-1138(GHS 95-96)
SF-6	0968-2-2	Donegal x F85-1138(GHS 95-96)
SF-22	0968-6-3	Donegal x F85-1138(GHS 95-96)
SF-24	0968-7-1	Donegal x F85-1138(GHS 95-96)
SF-50	0968-14-2	OR 3-12-2-4-1 x F91-3076(95-96)
SF-57	0968-16-2	OR 14-13-4 PL x F91-3076GHS(96-96)
SF-72	0968-19-1	OR 13-12-2-4-1 x F85-1138
SF-88	0968-22-3	OR5-12-1T x F91-1507
SF-110	0968-16 Bulk	OR 14-13-4 PL x F91-3076GHS(96-96)

Cuadro 2. Descripción de las edades fenológicas (EF) de la soya en regiones tropicales.

EF	Descripción Fisionómica
VE	Emergencia de los cotiledones sobre el suelo.
VC	Cotiledones expandidos, con las hojas unifoliadas, sin que los bordes de las hojas se toquen.
V1	Primer nudo; hojas unifoliadas expandidas, con la primera hoja trifoliada abierta.
V2	Segundo nudo; primer trifolio expandido, y la segunda hoja trifoliada abierta.
V3	Tercer nudo; segundo trifolio expandido, y la tercera hoja trifoliada abierta.
Vn	Ultimo nudo con trifolio abierto sobre el tallo principal, antes de la floración.
R1	Inicio de floración; hasta 50% de las plantas con una flor.
R2	Plena floración; la mayoría de los racimos con flores abiertas.
R3	Final de floración; vainas hasta 1,5 cm.
R4	La mayoría de las vainas del tercio superior miden 2 a 4 cm.
R5.1	Granos en inicio de formación, perceptibles al tacto, 10% de llenado de grano.
R5.2	Mayoría de las vainas con grano, 11 a 25% de llenado
R5.3	Mayoría de las vainas con 26 a 50% de llenado.
R5.4	Mayoría de las vainas con 51 a 75% de llenado.
R5.5	Mayoría de las vainas con 76 A 100% de llenado.
R6	Vainas con 100% de llenado y hojas verdes.
R7.1	Inicio hasta 50% de amarillamiento de las hojas y vainas
R7.2	Entre 51 y 75% de hojas y vainas amarillas, Fase reproductiva.
R7.3	Mas del 76% de hojas y vainas amarillas
R8.1	Inicio hasta un 50% de defoliación
R8.2	Más del 51% de defoliación a pre-cosecha.
R9	Punto de maduración de cosecha.

Román, P. 2008. Fenología de la soya, www.fundacruz.org.bo/publication.php.

4.1.4 Análisis Estadístico de los Datos

La ANOVA de los datos se realizó utilizando el paquete estadístico INFOSTAT (2008). Las variables evaluadas fueron: densidad de siembra (planta/ha), RMS (kg/ha), % PB, FDN y FDA, relación hoja: tallo y altura (cm). Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey con valor (P = 0.05). Se realizó una regresión polinomial de

tercer orden para las variables altura (cm) vs. tiempo (semanas) para las 8 y 12 semanas de los tratamientos EFC R2 y R5.4, respectivamente.

Para todas las variables analizadas, se adaptaron los datos al modelo de parcelas divididas en un DBCA, donde la parcela principal [fecha de siembra (septiembre o enero)], para las sub-parcelas, representa la fecha de cosecha EFC R2 y R5.4. Además se añadió el tercer factor que son las 10 líneas de soya que vienen siendo un sub-tratamiento y funcionan como sub-sub-parcelas. En el modelo se añadieron los efectos de las interacciones: (fecha de siembra x EFC x líneas), (fecha de siembra x EFC), (EFC x líneas) y (fecha de siembra x líneas). El Modelo utilizado para el análisis fue el siguiente:

$$Y_{ijkl}=\mu + \alpha_i + (\alpha\tau)_{il} + \beta_j + (\beta\alpha)_{ij} + (\alpha\beta\tau)_{ijl} + \delta_k +(\alpha\delta)_{ik} +(\beta\delta)_{jk} + (\beta\alpha\delta)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = Valores de las variables dependientes (Rendimiento, valor nutritivo, % tallo/hoja)

μ = promedio general

α_i = efecto de fecha de siembra i, donde i= 1(septiembre), 2 (enero)

$(\alpha\tau)_{il}$ = Efecto del bloque en cada fecha de siembra o error de parcela completa

β_j = efecto del EFC j donde j= EFC R2 y R5.5

$(\beta\alpha)_{ij}$ = efecto aleatorio del interacción EFC j y fecha de siembra i

$(\alpha\beta\tau)_{ijl}$ = error de la sub-parcela

δ_k = efecto de las líneas k donde k= las 10 líneas de soya evaluadas

$(\alpha\delta)_{ik}$ = efecto aleatorio de la interacciones fecha de siembra i y las líneas k

$(\beta\delta)_{jk}$ = efecto aleatorio de la interacción EFC j y las líneas k

$(\beta\alpha\delta)_{ijk}$ = Efecto de la interacción entre EFC j, fecha de siembra i y líneas k

ϵ_{ijkl} = error experimental

Los datos de altura en función del tiempo fueron analizados utilizando una regresión polinomial cuyo modelo es según se describe.

$$Y_{ij} = \beta o + \beta_1 x_{ij} + \beta_2 x^2_{ij} + \beta_3 x^3_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = altura en semanas (i) y fecha de siembra (j)

x = semanas después de siembra

βo = intercepto, valor de la altura cuando X=0

ϵ_{ij} = error aleatorio (diferencia entre el error observado y el poblacional)

4.2 Resultados y Discusión

Descripción de las condiciones prevalecientes de temperatura y precipitación pluvial durante el periodo de investigación en Isabela PR, 2010-2011.

Durante los meses de septiembre 2010 a abril 2011 la temperatura en promedio fue 2.85^o C menor a la registrada durante los últimos 20 años, el mes de diciembre tuvo la temperatura más baja con 4.25^o C menor a lo normal de los últimos 20 años (Cuadro 3). En septiembre se registró la temperatura más alta durante el periodo del ensayo (30.5^o C). Durante los 85 días después de la siembra de septiembre del 2010 se observaron temperaturas relativamente menores a las registradas anteriormente para la misma fecha, hasta descender a 26.39^o C en diciembre. Luego para los 85 días después de siembra que comprende de enero a abril del 2011 la temperatura se mantuvo constante, pero por debajo de los niveles normales de los últimos 20 años (Figura 2). En abril se alcanzó una temperatura de 28.5^o C y luego comenzó a incrementar.

La precipitación durante el periodo de la siembra de septiembre a diciembre fue de 186, 297, 161, 74-mm, para un total de 718-mm para estos cuatro meses (Cuadro 3). La precipitación durante esta época excedió a la de los últimos 20 años por 68-mm. Siendo el mes más lluvioso octubre que excedió a los últimos 20 años de por 104-mm (Figura 3). Para la segunda siembra se distribuyó la precipitación de la siguiente forma: enero 67-mm, febrero 72-mm, marzo 71-mm y abril 106-mm, para un total de 316-mm. Este valor fue menor al promedio de precipitación de los últimos 20 años para esta misma época por 113-mm. Para la siembra de septiembre no se utilizó riego suplementario, mientras que para la siembra de enero fue necesario el riego para los meses de establecimiento del cultivo (enero y febrero). La temperatura y la precipitación no fueron factores limitantes para el crecimiento y desarrollo de las líneas de soya forrajera evaluadas.

Cuadro 3. Promedio de temperatura (^{o}C) y precipitación (mm) mensual de los últimos 20 años y promedio de la temperatura y precipitación mensual durante el ensayo en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011.

Mes	**Temp. Prom 2010- 2011 (^{0}C)**	**Temp. prom. 20 años (^{0}C)**	**Preci. Prom. 2010-2011 (mm)**	**Preci. Prom. 20 años (mm)**
enero	28.2	29.9	170.3	115.5
febrero	27.6	29.8	232.7	75.8
marzo	28.7	30.8	71.5	93.2
abril	29.4	31.5	79.4	129.9
mayo	29.6	32.1	266.7	191.8
junio	29.7	32.9	161.9	156.6
julio	29.7	33.0	344.9	152.7
agosto	30.6	33.3	64.2	166.2
*septiembre	30.5	33.4	186.0	175.7
*octubre	29.8	33.1	297.2	192.8
*noviembre	27.8	29.3	161.1	168.9
*diciembre	26.3	30.6	73.6	112.6
*enero	27.2	29.9	67.0	117.7
*febrero	27.7	29.4	71.5	82.6
*marzo	27.4	30.9	71.0	95.3
*abril	28.5	31.6	106.3	132.8

***Meses en los cuales transcurrió el experimento, primera fecha de siembra (sept. a dic.) y segunda fecha de siembra (ene. a abril.)**

Figura 2. Promedio de la temperatura (^oC) mensual de los últimos 20 años y promedio de la temperatura mensual durante el periodo de investigación en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010 y 2011.

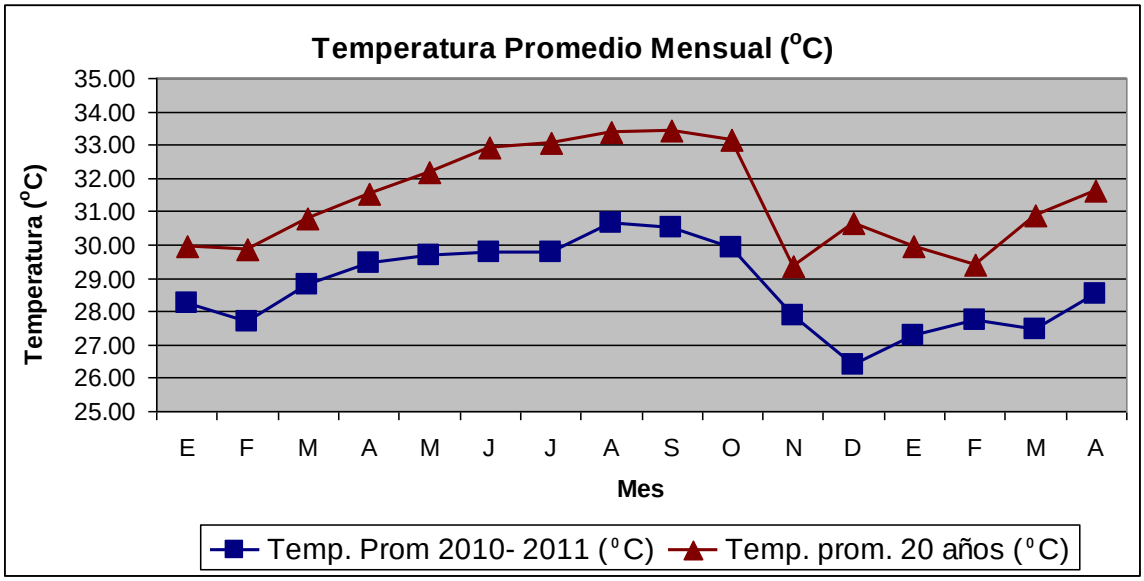
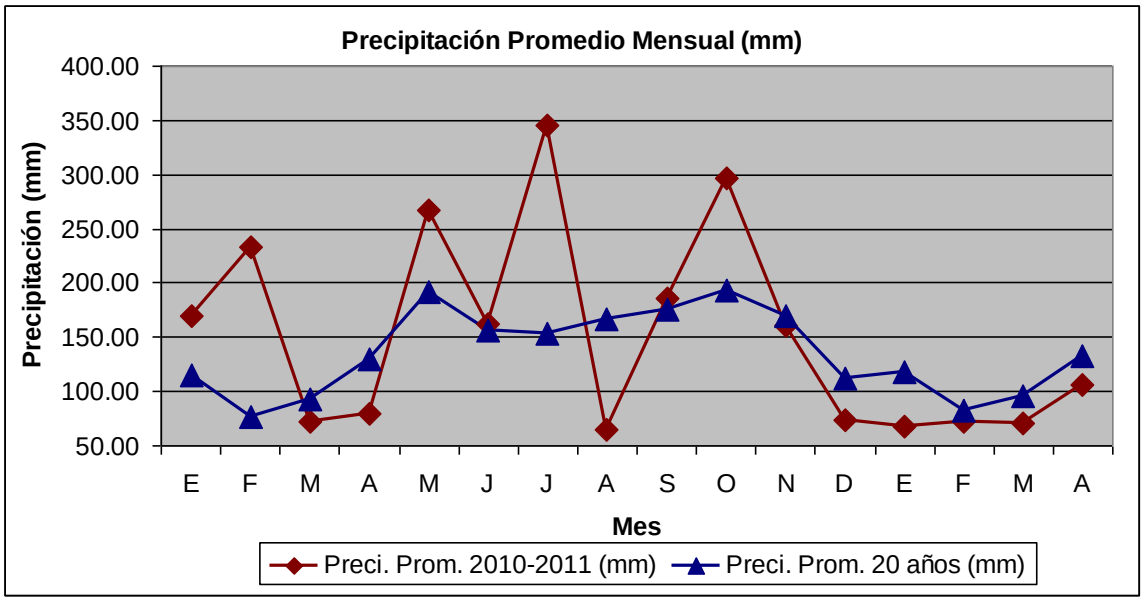


Figura 3. Promedio de precipitación (mm) mensual de los últimos 20 años y promedio de precipitación mensual durante el periodo de investigación en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011.



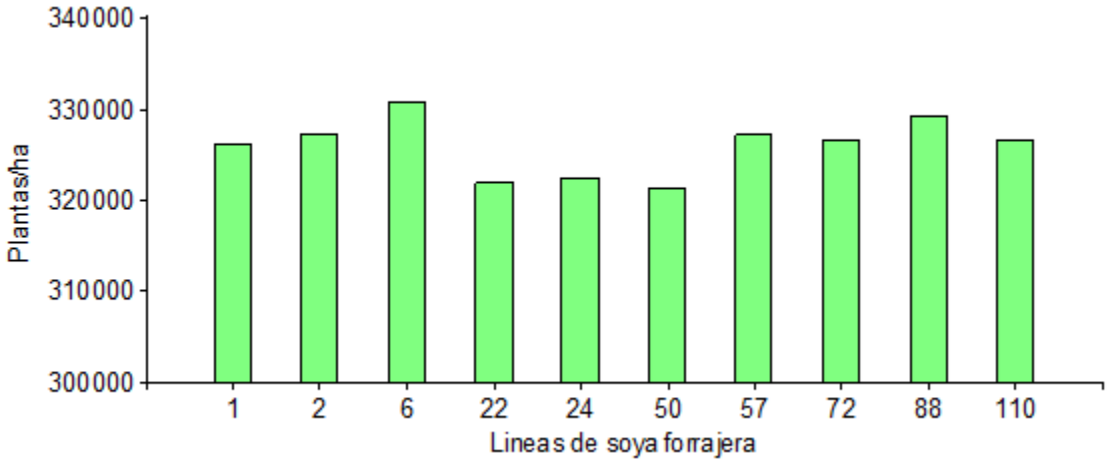
Efecto de la fecha de siembra en la densidad del cultivo y germinación de líneas de soya forrajera en Isabela PR, 2010 - 2011.

Para la variable densidad de siembra no se encontró diferencia significativa (P>0.05) para ninguna de las interacciones y factores principales. No se observó una diferencia en la cantidad de plantas que emergieron en la siembra de septiembre comparada con la siembra de enero. Las densidades de siembra de las líneas de soya forrajera oscilaron entre 321,354 y 330,729 plantas/ha (Figura 4). Estas densidades similares entre fechas de siembra se observaron aun cuando la diferencia en precipitación pluvial y temperatura entre septiembre y enero fueron notables (Cuadro 3).

La alta densidad poblacional permitió observar plantas de bajo grosor de ramas y tallos, deseables para la producción de heno. Esta densidad poblacional se obtuvo a una distancia de siembra de 60-cm entre hileras y a 2 semillas por postura cada 10-cm, la cual resulto ideal para la producción de forraje de soya. Densidades menores fueron obtenidos por Tobías (2004), quien comprobó que para la producción de biomasa de soya las densidades óptimas están entre los 150,000 y 300,000 plantas/ha. Es recomendable además que la distancia de siembra sea de entre 50 a 60-cm para evitar problemas de acame que puede ocurrir a una distancia de siembra menor de los 50-cm donde los tallos se vuelven muy finos. Estudios realizados en Wisconsin por Hintz et al. (1989) reportaron que a distancias entre hileras menores, se obtiene mayor rendimiento de forraje de soya que a mayor distancia entre hileras. En sus ensayos, realizados con las variedades ‘Corsoy 79’, ‘Pella’ y ‘William 82’, obtuvieron, 0.9 Mg/ha más forraje de soya a 20-cm entre plantas que a 76-cm entre hileras, indicando además que el efecto de la densidad de siembra sobre la calidad del forraje de soya es de baja magnitud. En

México Tosquy et al. (2010) registraron un incremento en la altura a medida que la densidad de siembra se incrementa. Para la variedad 'Huasteca 100' en densidades de 200,000 300,000 y 400,000 plantas/ha se obtuvieron alturas de 36.2, 40.9 y 42.9-cm respectivamente, mientras para la variedad 'Huasteca 200' para las mismas densidades ante mencionadas se obtuvieron alturas de 52.2, 29.0 y 66.1-cm respectivamente.

Figura 4. Promedio de la densidad de siembra de líneas de soya forrajeras evaluadas en siembras de septiembre y enero en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011.



Efecto de la fecha de siembra y la edad fenológica de cosecha (EFC) sobre la relación hoja: tallo de líneas de soya en Isabela PR, 2010-2011.

No se encontró una interacción significativa (P>0.05) para la fecha de siembra x EFC x líneas para la relación hoja: tallo. Podemos decir que estadísticamente no hubo diferencia entre el contenido de tallos y hojas promedio para las diez líneas de soya evaluadas en dos épocas y dos EFC. No obstante, las líneas 22, 57 y 72 en R2 presentaron un leve aumento en la proporción hoja : tallo sobre el resto de las líneas evaluadas. Pero, para la interacción EFC x línea de soya si se encontró diferencias significativas (P<0.05). El tratamiento correspondiente al EFC R2 tuvo una proporción de relación hoja: tallo de 0.44:0.56 mientras que el EFC R5.4 tuvo una

proporción 0.41:0.59. Este comportamiento evidencia que hubo un aumento en tallos del 3% entre el cambio de EFC R2 al R5.4 (Figura 5 y 6). Estos resultado son similares a los obtenidos por Martín y Cechetti (2010), quienes a una distancia de siembra de 70-cm obtuvieron una relación hoja: tallo de 0.51:0.49.

Sin embargo la alta densidad de siembra utilizada en el experimento permitió tallos más delgados en el EFC R5.4 que son más deseables para la producción de heno que tallos gruesos y lignificados. En estudios realizados por Tobías et al. (2004) se documentó que es preferible altas densidades de siembra para minimizar la producción de ramas y el engrosamiento del tallo. Además en la Universidad de Florida, Blount et al. (2002), concluyeron que con siembras de soya a densidades de 225-300 kg/ha de semilla se pueden obtener siembras que permitan tallos más finos que son más fáciles de acondicionar para la producción de heno ya que los tallos gruesos no son deseables porque contienen mucha lignina. En lugares lluviosos se debe cosechar la soya forrajera en la edad fonológica de cosecha que permita la relación hoja: tallo adecuada para asegurar un secado rápido. Según Hoffman et al. (2007), la madurez del forraje tiene un efecto en la digestibilidad del FDN, que en los forrajes está relacionado a la relación hoja: tallo, el FDN en hojas de leguminosas es significativamente más digestible que el FDN de los tallos y como resultado en forrajes con una mayor cantidad de tallos la digestibilidad del FDN baja.

Figura 5. Efecto de la edad fenológica de cosecha R2 en la relación hoja: tallo de líneas de soya forrajera evaluadas en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011.

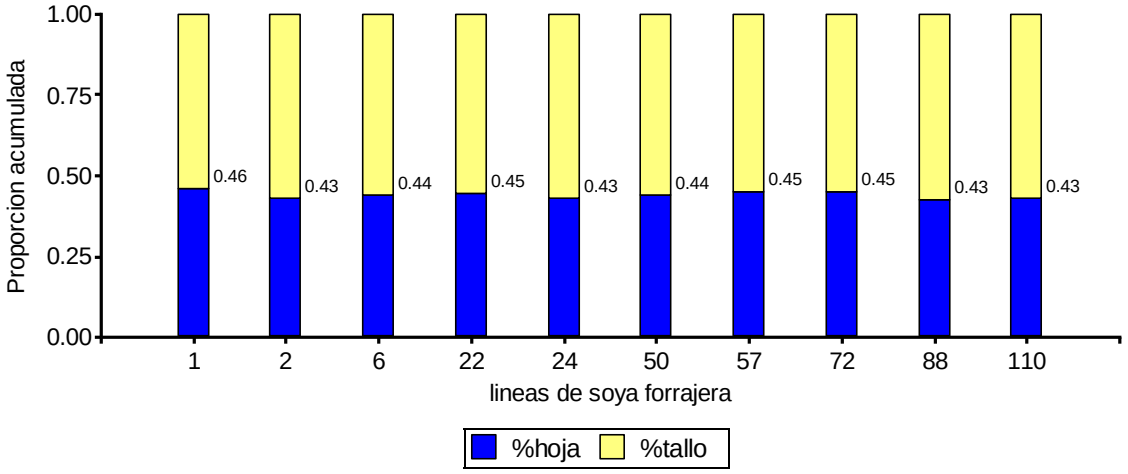
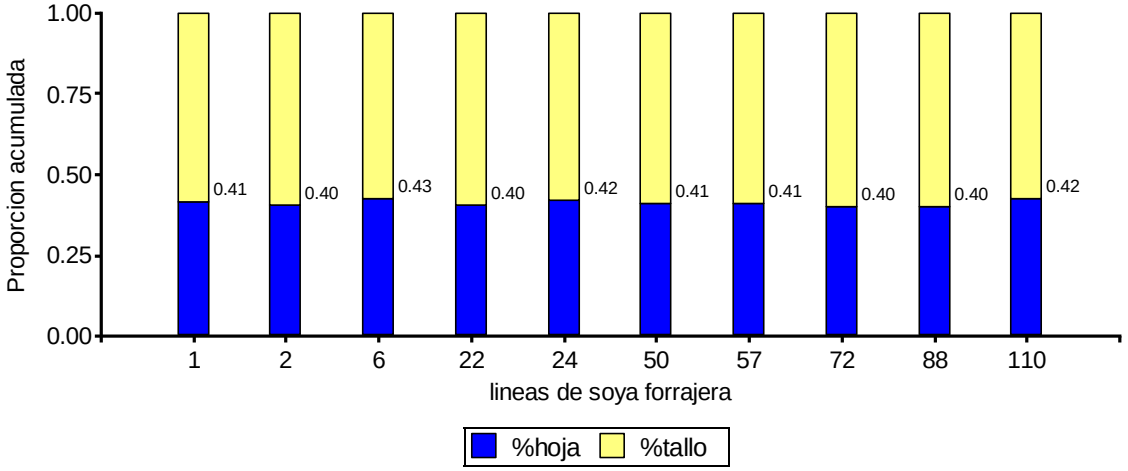


Figura 6. Efecto de la edad fenológica de cosecha R5.4 en la relación hoja: tallo de líneas de soya forrajera evaluadas en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011.



Efecto de la fecha de siembra y la edad fonológica de cosecha (EFC) en la altura promedio de líneas de soya en Isabela, 2010-2011.

Se observó una diferencia significativa (P<0.05) para la interacción fecha de siembra x EFC x líneas. Esto quiere decir que las medias de altura para las siembras de septiembre comparada con siembras de enero, así como para los diferentes EFC (R2 y R5.4) y para las líneas de soya forrajera evaluadas registraron medias de altura diferente. La soya sembrada en septiembre para el R2 obtuvo una media de altura promedio de entre 70.7 y 84.7 cm, mientras que para la R5.4 de la misma fecha de siembra se obtuvieron medias de 98.63 y 109.81cm. Se reflejó un aumento del 75% en altura promedio en 28 días que transcurrieron de la EFC R2 al R5.4 (Cuadro 4). Para ambas EFC de la siembra de septiembre la línea 50 fue la de mayor altura. Las líneas 22, 24 y 6 obtuvieron una altura relativa mayor a las demás líneas evaluadas en ambas EFC.

Para la siembra realizada en enero para el EFC R2 y R5.4 se obtuvieron alturas promedio de entre (62.88 y 72.88 cm) y (101.75 y 112.81cm), respectivamente (Cuadro 4). El incremento porcentual fué de unos 64% en unos 28 días del EFC R2 al R5.4 por lo que fué un incremento menor al registrado en la siembra de septiembre. Para el EFC R2 se podría seleccionar la línea 57 con 75.0 cm y la línea 6 con 72.8 cm de altura que fueron relativamente mayores en altura. Por otro lado, en las líneas evaluadas en EFC R5.4 en siembras de enero no se encontró diferencia significativa de altura entre ellas. Sin embargo la línea 50 y 110 con altura de 112.00 y 110.00 cm, respectivamente, fueron relativamente más altas.

Estos resultados demuestran que hubo un efecto significativo en la altura de las plantas con el cambio en la fecha de siembra de septiembre y enero. Las plantas sembradas para EFC R2 en la fecha del 10 de septiembre al 3 de diciembre de 2010, fueron de mayor altura que la plantas en EFC R2 de la fecha de siembra de enero. Sin embargo, para la R5.4 fué todo lo contrario las plantas de la fecha de enero 31 al 25 de abril del 2011 que fueron de menor altura que las de la fecha de septiembre.

Un factor que pudo haber influenciado es la precipitación, ya que en la siembra de septiembre hubo una mayor precipitación que en la siembra de enero. Así como la temperatura que en ocasiones si es la adecuada entre 25 a 35° C puede inducir un desarrollo acelerado en la soya y como observamos anteriormente las temperaturas durante ambas épocas se mantuvieron entre 26 y 30° C (Figura 2 y 3). Así lo demuestra el articulo fenología de la soya por Román, (2008) quien describe que la soya tiene otro factor de incidencia notoria sobre el desarrollo que es la temperatura. Ante fotoperiodos inductivos los procesos se hacen más lentos, con temperaturas subóptimas y supraóptimas. Las temperaturas bajo las cuales el proceso es más rápido oscilan entre 26 y 34°C diurnos y entre 22 y 30°C nocturnos. Las bajas temperaturas disminuyen el número de primordios reproductivos y su tasa de desarrollo, estimulando el crecimiento vegetativo. Además describe que el fotoperiodo varía con la latitud y con la época del año. En el Ecuador (Lat. 0°), el día y la noche tienen la misma duración, es decir de 12 horas cada uno. En los espacios geográficos alejados del Ecuador hacia los polos, los fotoperíodos se alargan en verano y se acortan en invierno. Los distintos genotipos de soya exhiben amplios rangos de sensibilidad fotoperiódica. Así se tiene desde cultivares

insensibles al fotoperiodo, pasando por cultivares con fotoperíodos críticos altos, adaptados a latitudes altas, que florecen con fotoperíodos muy largos, hasta genotipos adaptados a bajas latitudes que florecen con fotoperíodos más cortos y que poseen alta sensibilidad fotoperiódica.

Cuadro 4. Efecto de la fecha de siembra y EFC en la altura de las líneas de soya evaluadas en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR. 2010-2011.

Línea	**EFC**	**Fecha de siembra**	**Altura (cm)**	
SF-1	R2	septiembre	70.69	abc
		enero	66.94	ab
SF-1	R5.4	septiembre	98.94	de
		enero	108.5	e
SF-2	R2	septiembre	72.13	abc
		enero	68.00	ab
SF-2	R5.4	septiembre	98.63	de
		enero	107.00	e
SF-6	R2	septiembre	79.25	bc
		enero	72.88	abc
SF-6	R5.4	septiembre	102.88	e
		enero	105.63	e
SF-22	R2	septiembre	79.75	bc
		enero	69.13	ab
SF-22	R5.4	septiembre	104.63	e
		enero	108.88	e
SF-24	R2	septiembre	79.88	bc
		enero	67.63	ab
SF-24	R5.4	septiembre	104.06	e
		enero	106.06	e
SF-50	R2	septiembre	84.69	cd
		enero	65.50	ab
SF-50	R5.4	septiembre	109.81	e
		enero	112.81	e
SF-57	R2	septiembre	74.00	abc
		enero	75.00	abc
SF-57	R5.4	septiembre	100.31	e
		enero	105.06	e
SF-72	R2	septiembre	77.25	abc
		enero	63.25	a
SF-72	R5.4	septiembre	100.00	e
		enero	101.75	e
SF-88	R2	septiembre	72.81	abc
		enero	62.88	a
SF-88	R5.4	septiembre	99.38	de
		enero	101.75	e
SF-110	R2	septiembre	75.88	abc
		enero	72.19	abc
SF-110	R5.4	septiembre	99.94	de
		enero	110.00	e

Medias con una letra en común no son significativamente diferente (P<=0.05)

Efecto de la fecha de siembra y la edad fenológica de cosecha (EFC) en el rendimiento de materia seca y valor nutritivo de líneas soya forrajera en Isabela PR, 2010-2011.

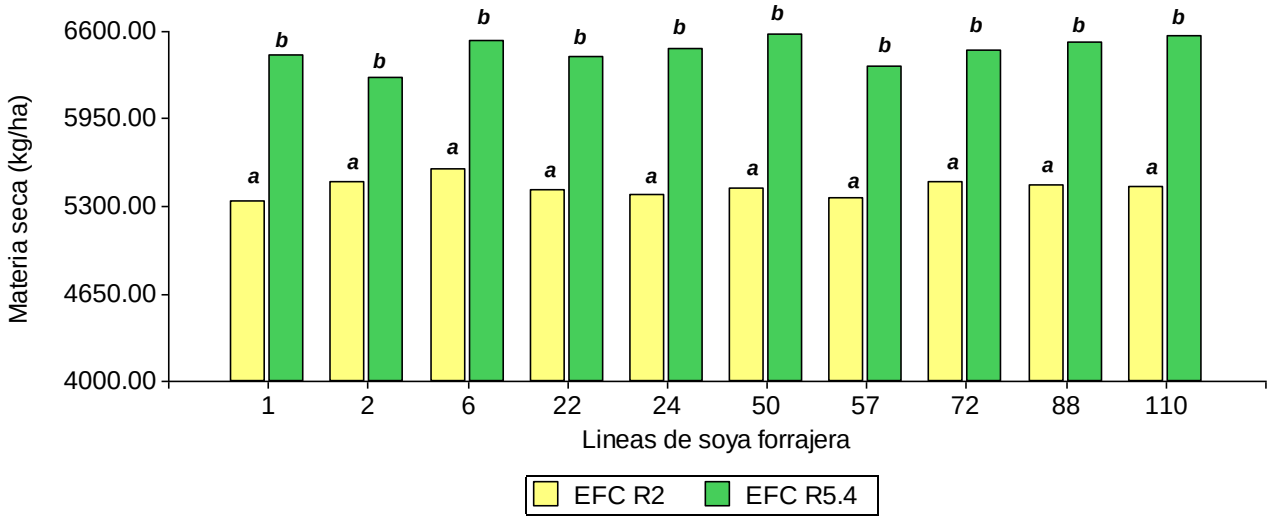
No se encontró diferencias significativas, (P>0.05) en ninguna de las interacciones para el RMS. Por lo tanto no existió un efecto del factor fecha de siembra sobre el ensayo experimental. Sin embargo, se encontró un efecto significativos, (P<0.05) de la EFC sobre el rendimiento de biomasa de las líneas de soya evaluadas. El RMS promedio fue de 5,436 kg/ha para las líneas en EFC R2, mientras que para el EFC R5.4 el RMS fué en promedio 6,452 kg/ha (Figura 7). El rendimiento de biomasa aumentó en más de 1,000 kg/ha R2 al R5.4 reflejando claramente que el cambio progresivo en la EFC de las líneas de soya evaluadas provoca un incremento sustancial en biomasa. La línea 6 tuvo un rendimiento relativamente mayor para el R2 con 5,579 kg/ha, mientras que para el R5.4 la línea 110 y 50 fueron la de mayor rendimiento con 6,559 y 6,573 kg/ha, respectivamente. Lo que contrasta con lo observado anteriormente ya que estas líneas también obtuvieron la mayor altura relativa (Cuadro 3). El rendimiento de las líneas de soya evaluadas en esta investigación fueron mayores que los registrados por J.L. Moyer et al. (2010), quienes demostraron que el rendimiento de los diferentes cultivares generalmente incrementa con el cambio sucesivo de EFC. Para los cultivares 'Hutcheson', 'Tyrone', 'Derry' y 'Donegal' se obtuvieron rendimientos de entre 2.92 a 3.78 Mg/ha para el EFC R2 y para el R5 de entre 2.96 a 4.52 Mg/ha. En la Universidad de Florida, Blount et al. (2002), desarrollaron un ensayo para comprobar el efecto de las EFC en el rendimiento del cultivar Bragg. Para esta variedad registraron RMS similares a los obtenidos en esta investigación, estos rendimientos oscilaron entre 5,053.4 y 6,197.5 kg/ha para la R2 y R5.4, respectivamente. Mientras que en esta investigación se registraron rendimientos relativamente mayores a los 56 DDS y 84 DDS para la R2 y R5.4, respectivamente.

Para las pruebas de valor nutritivo del forraje de soya no se encontró una diferencia significativa (P>0.05) para la interacción (fecha de siembra x líneas x EFC), para las variables PB, FDN y FDA. Si se encontró diferencias (P<0.05) entre el (EFC x línea) para PB, FDN y FDA. Los niveles de PB para el EFC R2 promediaron entre 29.6 a 33.6 %, mientras que para el EFC R5.5 la PB osciló entre 23.0 a 26.7 % (Figura 8). El cambio de estado fenológico R2 al R5 causa una disminución en el contenido de proteína en las líneas de soya en 6 unidades porcentuales. Por otra parte la FDN evaluada en EFC R2 fué de 33.6 a 34.6 % y de 38.1 a 44.8 % para el EFC R5.4 (Figura 9) demostrando un aumento en la FDN del R2 al R5.4 de entre 5 a 10 unidades porcentuales. Sin embargo la FDA osciló entre 21.0 a 25.6 % para el EFC R2 aumentando a un rango de 26.2 a 33.2 % para el EFC R5.4 (Figura 10). El aumento promedio fué de entre 5.2 a 7.6 unidades porcentuales entre el R2 al R5.4. Estos datos sustentan que ocurre un cambio significativo entre la EFC y el contenido de PB demostrando una mayor cantidad de PB el EFC R2, aunque los niveles de PB disminuyan en 6 unidades porcentuales en el EFC R5.4, aun así se mantienen por encima de los niveles necesarios para satisfacer el requerimiento nutricional de los rumiantes. Los niveles de FDN aumentaron del EFC R2 al R5.4 aportando una mayor cantidad de fibra, los niveles de FDN son menores a los que encontramos en muchas gramíneas, por lo que el consumo voluntario (CV) del forraje de soya va a ser mayor, aprovechando más el contenido proteico del alimento. La FDA para las líneas de soya, fueron bajos, lo que es beneficioso para los rumiantes, ya que tendrán una mayor digestibilidad de la materia seca (DMS).

Juan et al. (1995), describe que la proporción de FDA de un forraje está negativamente correlacionada con su digestibilidad de la materia seca (DMS), y ésta última puede ser estimada mediante la fórmula: % DMS = 88.9 - (0,779 x % FDA) y que la FDN presenta una fuerte

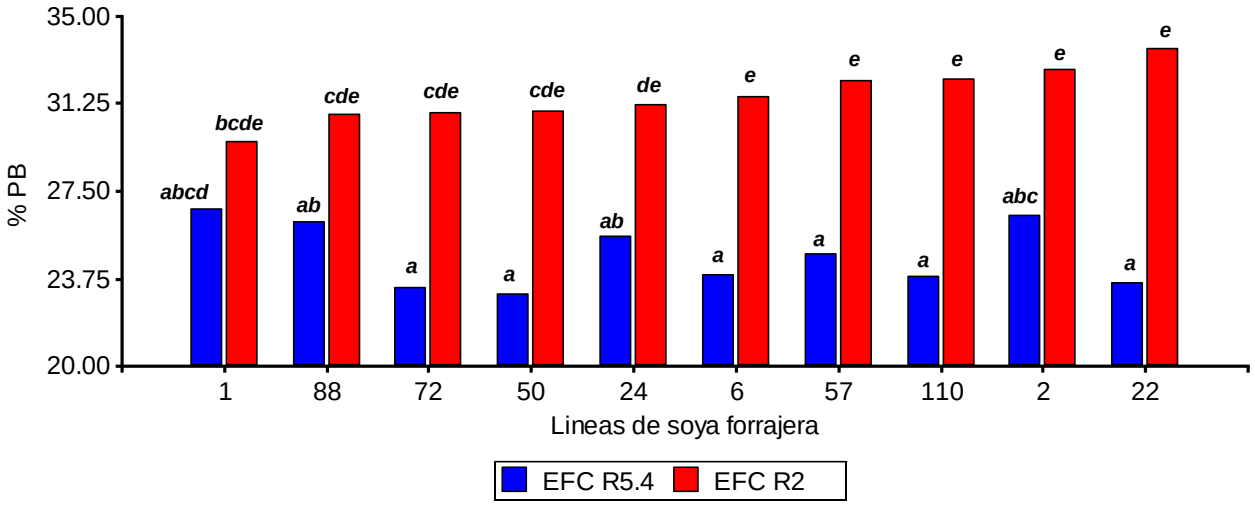
correlación negativa con el consumo de materia seca (CMS), es decir, a mayor FDN el animal será capaz de consumir menor cantidad de ese forraje. El consumo de materia seca (CMS) en alfalfa puede ser estimado mediante la fórmula: % CMS = 120/ % FDN. En éste mismo artículo se menciona que la alfalfa tiene entre 18 a 23 % de PB para los EFC, flor temprana y vegetativa tardía, respectivamente. Mientras que los niveles de FDN oscilan entre 40 y 65 % de pre-botón floral a 100% de florecida, la FDA oscila entre 31 a 45% para los mismos estados antes mencionados. Si comparamos el contenido de PB, FDN y FDA de las líneas de soya evaluadas en esta investigación con el contenido de PB, FDN y FDA de la alfalfa, podemos decir que el forraje de soya evaluado, tiene un alto valor nutricional similar a la alfalfa.

Figura 7. Efecto de la edad fenológica de cosecha (EFC) en el rendimiento (Kg/ha) de materia seca de líneas de soya forrajeras evaluadas en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011.



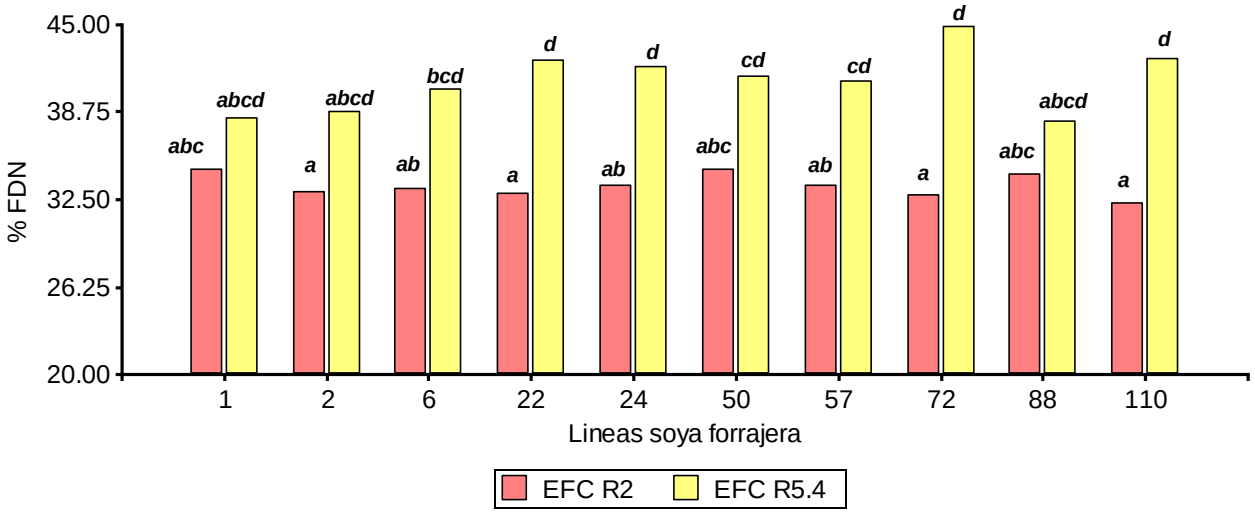
Medias con una letra en común no son significativamente diferente (P<=0.05)

Figura 8. Efecto de la edad fenológica de cosecha (EFC) en el porciento de proteína bruta (PB) de líneas de soya forrajera evaluadas en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011.



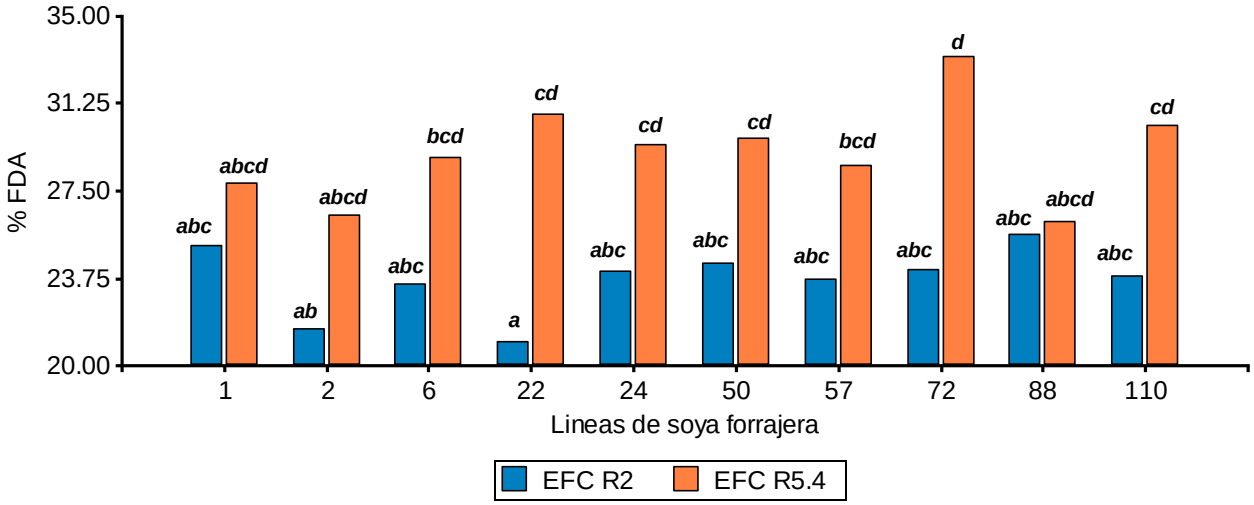
Medias con una letra en común no son significativamente diferente (P<=0.05)

Figura 9. Efecto de la edad fenológica de cosecha (EFC) en el porcentaje de fibra detergente neutra (FDN) de líneas de soya forrajera evaluadas en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011.



Medias con una letra en común no son significativamente diferente (P<=0.05)

Figura 10. Efecto de la edad fenológica de cosecha (EFC) en el porcentaje de fibra detergente acida (FDA) de líneas de soya forrajera evaluadas en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, 2010-2011.



Medias con una letra en común no son significativamente diferente (P<=0.05)

Producción de semilla de líneas de soya forrajera sembradas en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, enero-2011.

Se observó una diferencia significativa (P<0.05) para la producción de semilla (kg/ha) entre las diferentes líneas de soya evaluadas. La producción de semilla promedio osciló entre 1,237 y 780 (Kg/ha). La mayor producción se obtuvo por parte de las líneas SF- 6, 72, 1, 50, 110 y 2 con más de 1000 kg/ha, mientras que las líneas SF-22,57, 24, produjeron rendimientos de semilla sobre los 800 kg/ha (Cuadro 5). Cabe recalcar que con mejor manejo de las densidades de siembra, distanciamiento entre hileras y prácticas de fertilización se pueden incrementar los rendimientos de semillas de soya forrajera.

Los rendimientos de semillas obtenidos en esta investigación fueron menores a los obtenidos por Tosquy et al. (2010), quienes para siembras de primavera – verano, en una zona tropical de México, a densidades de siembra de 300,000 plantas/ha y distancias entre hileras de

60-cm, obtuvieron rendimientos de semillas de 3,454 kg/ha para la variedad ‘Huasteca 100’ y 2,961kg/ha para la ‘Huasteca 200’. Para obtener estos rendimientos ellos aplicaron fertilizantes en banda a razón de 130 kg/ha de urea (46% de nitrógeno) y 87 kg/ha de súper fosfato de calcio triple (46% fosfato).

Sin embargo los rendimientos de semilla obtenidos por las 10 líneas de soya evaluadas en esta investigación alcanzaron rendimientos máximos de 1,200 Kg/ha por parte de la línea SF-6, a una densidad de siembra promedio de 331,000 plantas/ha. Lo que significa que talvez a densidades de entre 250,000 y 300,000 plantas/ha y con la aplicación de fertilizantes podríamos obtener rendimientos similares a los obtenidos por Tosquy et al. (2010), en México. Es importante mencionar que la densidad de siembra, distancia entre hileras y la fertilización tiene un efecto significativo en la producción de semillas, por lo que hace falta evaluar el efecto de estos factores en la producción de semilla de las líneas SF-6, 72, 1, 50, 110 y 2 que fueron las que obtuvieron mayor rendimiento por unidad de área.

Si comparamos los rendimientos de semilla obtenidos en Isabela PR con rendimientos de zonas templadas y variedades de soya específicas para la producción de semilla, también fueron menores que los obtenidos por Pedersen et al. (2006), en Arlington y Lancaster en Wisconsin los cuales registraron un rendimiento de 3,430 kg/ha en Arlington y 5,100 kg/ha en Lancaster a densidades de 432,000 planta/ha y 76-cm entre hileras.

Cuadro 5. Producción de semillas de líneas de soya forrajera en la Estación Experimental Agrícola de Isabela PR, enero del 2011.

Líneas O968	semillas kg/ha	
SF-6	1237.1	a
SF-72	1148.1	ab
SF-1	1124.9	ab
SF-50	1106.4	ab
SF-110	1085.0	ab
SF-2	1054.5	abc
SF-22	872.8	bc
SF-57	858.6	bc
SF-24	853.1	bc
SF-88	780.3	c

medias con una letra común no son significativamente diferentes (P<=0.05)

4.3 Conclusiones

- Las líneas de soya cosechada en la EFC R5.4 sobrepasaron la producción de biomasa comparada con la EFC R2, por más de 1,000 kg/ha en los 28 días transcurridos de la R2 a la R5.4, con un valor nutricional que asciende a más de 23% PB y menos de 45% de FDN y 33% de FDA. Por lo tanto, cosechar las líneas de soya en la EFC R5.4, es la mejor alternativa para optimizar el rendimiento de materia seca, con un alto valor nutricional que satisface los requerimientos de los rumiantes y que podrían incluirse dentro de sistemas de producción sustentable de forraje para la alimentación animal.

- El forraje de las líneas de soya cosechado en EFC R5.4 tiene un alto valor nutricional similar al de la alfalfa entre los estados de botón floral y 10% de florecida, por lo que el forraje de soya en EFC R5.4 es una alternativa, ante la imposibilidad de producción de alfalfa en Puerto Rico.

- Esta investigación permitió identificar las líneas SF-50, 110, 6, 88 y 24 como líneas de soya de alto potencial forrajero, que se deben seguir evaluando, específicamente, para la producción de heno de soya con alto rendimiento de biomasa por unidad de área y excelente valor nutritivo en agro-ecosistemas de Puerto Rico.

- La producción de semilla fue relativamente alta, excediendo los 1,000 kg/ha. Las líneas SF-6, 72,1, 50,110 y 2, sobresalen como material genético de alto potencial para la producción de semilla.

5. Recomendaciones

A partir del análisis y conclusiones de esta investigación se puede comprobar que estas líneas de soya son una excelente opción para la introducción de un nuevo cultivo a nuestros sistemas agrícolas y que puede utilizarse como fuente de proteína y fibra para la alimentación de rumiantes, así como para la producción de granos. Aun así se recomienda:

- Evaluar las mejores líneas para la liberación de una variedad, que permita introducir un nuevo cultivo a los sistemas de producción de forrajes de Puerto Rico.

- Cosechar el forraje de soya, en la edad fenológica de cosecha R5.4 para obtener un mayor RMS y de excelente valor nutritivo que satisfaga los requerimientos nutricionales de los rumiantes.

- Realizar evaluaciones sobre el efecto de las diferentes fechas de siembra en el rendimiento de semillas, de las 6 líneas de soya previamente seleccionadas en ésta investigación, para recopilar datos que permitan caracterizar y liberar un cultivar de soya para la producción de forraje.

- Evaluar densidades de siembra y respuestas la fertilización con fosforó (P) o azufre sobre la producción de semillas de las líneas SF-6, 72, 1, 50, 110 y 2.

6. LITERATURA CITADA

Andrés, G. 2006. Segundo Congreso Nacional de Conservación y Uso de Forrajes. Cátedra de Forrajes, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario.

Argel, P. J.; Hidalgo, C.; González, J.; Lobo, M.; Acuña, V.; y Jiménez, C. 2001. Cultivar Veraniega (*Cratylia argentea* (Desv.) O. Kuntze). Una Leguminosa Arbustiva para la Ganadería de América Latina Tropical. Consorcio Tropileche (CATIE, CIAT, ECAG, MAG, UCR). Boletín Técnico. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG). 26 p.

Ara, M. A., M. De La Torre, y C. Reyes. 1998. Investigación en IVITA-Pucallpa. En Taller Internacional sobre actividades de TROPILECHE. 24-26 de Febrero de 1998.

Baar, R. M. y E. Jenquins 1996. Establecimiento de leguminosas forrajeras en asociación con gramíneas en fincas de Tilarán, Costa Rica. Pasturas Tropicales 18 (3):54-59.

Beatriz, M; Silvia, C. 2010. El cultivo de soya para pastoreo directo, Facultad de ciencias agrarias, Universidad Nacional de Rosario. www.produccion-animal.com.ar.

Beinroth, F.H; Engel, A. J; Lugo, J. L; Santiago, C. L; Rios, S; Brannon, G. R. 2002. Updated taxonomic classification of the soils of Puerto Rico. University of Puerto Rico, Mayaguez Campus, Agricultural Experimental Station. No 294.

Blount A; Wright D; Sprenkel R; Hewitt T.; Myer R. 2006. Forage soybeans for grazing, hay and silage. SS-Agr-180. Agronomy Departament, Florida Coop. Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciencies. University of Florida.

Bretschneider, G. 2009. Acidosis ruminal en el ganado lechero. Bol. Téc. INTA-Rafaela, Argentina.

Brown C. 1999. Soybeans as a forage crop. Ministry of Agriculture, food and rural affairs. Ontario. Canadá.

Barrueco, R. C., García, S. F., y Subramaniam, P. 1984. La fijación de nitrógeno atmosférico una biotecnología en la producción agraria. Temas de divulgación 1ª edición. pp. 1 – 65.

Casas, A., Cianzo D., Rivera A. 2005. La Res Informativa. Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez Departamento de Industrias Pecuarias. Volumen 10 (2): 1- 8.

Coffey, K.P., G.V Granade, and J.L. Moyer. 1995a. Nutrient content of silages made from whole-plant soybeans. The Professional Animal Scientist 11:74-80.

Coffey, K.P., G.V Granade, and J.L. Moyer. 1995b. In vitro digestibility and preference by sheep for silages made from whole-plant soybeans. The Professional Animal Scientist 11:81.

Devine, T. E. 1998. Giant soybeans have multiple uses. ARS Weed Science Laboratory. Agricultural Research

Elizondo, J. y C. Boschini 2003. Valoración nutricional de dos variedades de maíz usadas en la producción de forraje para bovinos. Pastos y Forraje 26(4):347-353.

FAO. 2010. Biotecnologías Agrícolas en los Países en Desarrollo: Opciones y oportunidades en los sectores agrícola, forestal, ganadero, pesquero y agroindustrial para hacer frente a los desafíos de la inseguridad alimentaria y el cambio climático. ABDC-10/5.2: 1-5.

FAO. 2008. *Glycine max* L. http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/gbase/data/soybean.htm

FAO. 2010. Ganado y Producción animal. División de Producción y Sanidad Animal**.** http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/animal_production.html

FAO. 1997. Grasas y aceites en la nutrición humana. Consulta FAO/OMS de expertos, Roma. Producido por el Departamento de Agricultura. http://www.fao.org/docrep/v4700s/v4700s09.htm

Hernández, S. R., O. P. Jaime., J. G. Régul y H. Elías 2005. Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. Revista Electrónica REDVET. *http: www. veterinaria .org/revista/redvet/n050505.html.*

Hintz, W. R., Albrecht, A. K., y Oplinger, S. E. 1989. Yield and Quality of soybean forage as affected by cultivar and management practices. Agronomy Journal. 84: 1 – 4.

Holmann, F., L. J. Rivas., B. Carrulla., L. Rivera., S. Giraldo., M. Guzmán., A. Martínez., A. Medina y A. Farrow 2003. Evaluación de los sistemas de producción de leche en el trópico latinoamericano y su interrelación con los mercados: Un análisis del caso colombiano. CIAT, Colombia. p. 1-55.

Jiménez, M. S. 2007. Fijación Biológica de Nitrógeno por leguminosas Arbóreas para Sombra de Café en Puerto Rico. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P. R., 103 pp.

Juan, L. 2008. Soja forrajera, ¿una nueva alternativa? Investigación y Desarrollo, Departamento Técnico, GAPP Semillas. Argentina pp. 1-5.

Juan, N. A; Romero, L. A; Bruno, O. A. (1995) Conservación del forraje de Alfalfa E. E. A INTA cap. 9, 173-192.

Livestock and Environmental Toolbox 2005
http://lead.virtualcenter.org/en/dec/toolbox/homepage.htm

Lagunas, J. I. F. 2004. Evaluación Nutricional de Leguminosas Tropicales. Pdf. pp. 1-38.

Lascano, C. E. y P. Avila. 1991. Potencial de producción de leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. Pasturas Tropicales 13(3):2-10.

Morales JL, Acuña V y Cruz A. 2003. Industrialización del heno de calidad en sistemas bajo riego en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), San José.

Muñoz, A.E., E.C. Holt and R.W. Weaver. 1983. Yield and quality of soybean hay as influenced by stage of growth and plant density. Agron. J. 75:147-149.

Moyano, N. S., Yagüela, M. T. M., Salieron, C. I. J. 2004. Las leguminosas grano en la agricultura moderna. Editorial Aedos, S.A. Mundi Prensa México, 313 pp.

Moyer, J.L; Long, J.H. 2010. Forage Yield and Quality of Soybean Cultivars. Agricultural Research, Report of Progress 1033. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service

Navas, A., Patiño H., Vargas, E. J., Estrada, J. 2002. Producción de *Gliricidia sepium* (Matarratón) en Bancos de Alta Densidad. Línea de Investigación Desarrollo de Sistemas Sostenibles de Alimentación Animal, Departamento de Sistemas de Producción, Universidad de Caldas, Manizales, CO.

Pedersen, P., Bures, E. J., Albrecht, K. A. (2006) Soybean production in a Kura clover living mulch system. Department of Agronomy, University of Wisconsin, published in Agron. J. 101:653.

Peyraud, J., Gonzales, A. 2001. Relations between grass production, supplementation and intake in grazing dairy cows. Grassland Science in Europe Vol. **5**; 269-282.

Peyraud, J. L.; L. Delaby. 2001. Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows responses to supplementation in interaction with grazing management and grass quality. Page 203 in Recent Avances in Animal Nutrition. Garnsworthy, P. C., and J. Wiseman, eds. Nottingham University Press.

Ramírez, C. M., Covarrubias, A. E., Olivera, T. N., Martínez, M. G., Santana E. S., Figueroa, V y Muñoz, G. S. 2000. Época de corte y composición nutricional, sitio y grado de digestión de Ballico anual. (*Lolium multiflorum*) en novillos. Universidad Autónoma de Baja California. Agrociencia 34: 413-422.

Randel, P. R. 2000. Suplementación a pastoreo de vacas secas y efecto de la condición corporal pre-parto sobre la producción de leche. XVIª Reunión Latinoamericana de Producción Animal, Montevideo. Universidad de Puerto Rico-Recinto de Mayagüez: 1-3.

Reyes, N., Mendieta B., Fariñas T., Mena M. 2008. Guía de suplementación alimenticia estratégica para bovinos en época seca. Serie Técnica No 12. UNA: Pp. 1-64.

Román, P. 2008. Fenología de la soya, PDF. www.fundacruz.org.bo/publication.php.

Romero, F. y J. González. 1992. Produciendo más leche mediante pasturas asociadas con *Arachis Pintoi*. p. 1-2. En Hoja informativa Consorcio TROPILECHE. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.

Rosales, M. A. D. 2000. Comparación productiva y económica de cuatro concentrados para ganado lechero. Tesis B.S. Zamorano Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. 16 pp.

Ruz, R., Santos, E., y Torres J. 1999.Influencia del *Bradhyrhizobium japonicum* y la fertilización nitrogenada en los rendimientos de la soya (Glycine max (L.) Merril) Desarrollada en un Suelo Fersialitico pardo Rojizo Típico. Centro Universitario de Las Tunas. pp. 1–7.

Sánchez, A.; Romero, C.; Medina, R.; Silvestre. A. 2008. Empacadora manual de heno. Alternativa tecnológica en la producción de pacas. INIA. Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado Falcón.

Sánchez, D. 2009. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. Dirección de Producción y Sanidad Animal (FAO). 1 - 12.

Sheaffer, C. C., orf, J. H., Devine, T. E., Jewett, J. G. 1996. Yield and quality of forage soybean, Rosemount Experiment Station.

Shurtleff, W., Aoyagi, A. 2007. The Soybean Plant: Botany, Nomenclature, Taxonomy, Domestication, and Dissemination. A Special Report on the History of Soybeans and Soy foods Around the World. http://www.soyinfocenter.com/HSS/soybean_plant1.php

Tobías, C., Villalobos E. 2004. Producción y Valor nutricional del Forraje de Soya en Condiciones Tropicales Adversas. Agronomía Costarricense 28(1): 17-25.

Tosquy, O. H., Esqueda, V. A., Zetina, R., Ascencio, G. 2010.Densidad y distancia de siembra en dos variedades de soya de temporal en Veracruz, México. Agronomía Mesoamericana 21 (1): 63-72. ISSN 1021-7444.

Villalobos, E., Tobía, C. 2005. Forraje de soya: una alternativa para aprovechar esta leguminosa en el trópico. ln Primer Curso Internacional sobre Avances en la Nutrición de los Rumiantes (Memorias). Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto. Pp. 241 – 254.

Villalobos E. 2003. Producción y valor nutricional del forraje de soja en condiciones tropicales adversas. Agronomía Costarricense. pp. 1-5.