

**Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Carrera de Ingeniería agronómica**



**Influencia de la variabilidad climática interanual sobre el
crecimiento y rendimiento del cultivar de soya ‘Conquista’
[*Glycine max* (L.) Merr.]**

Proyecto de tesis para aspirar al título de ingeniera agrónoma

**Diplomante: Kendra Fernández Figueredo
Tutores: MsC. Ahmed Chacón Iznaga
MsC. Ismabel Domínguez Hurtado**

2010

Dedicatoria

- ♥ *Muy especialmente a mis abuelos Mirta Reyes y Luis Ramírez, por todo el amor y dedicación con que me han educado a través de los años.*
- ♥ *A mi madre María Caridad por su cariño y apoyo en los cinco años de mi carrera.*
- ♥ *A la Revolución Cubana que me ha brindado la posibilidad de formarme como profesional en mi país.*

Agradecimientos

A mis tutores,

- *MsC. Ahmed Chacón Iznaga, por toda la dedicación, apoyo incondicional, enseñanza y ejemplo que me ha inculcado durante los 5 años de la carrera.*
- *MsC. Isabel Domínguez Hurtado, por toda la disposición y paciencia que me ha tenido durante el desarrollo de esta tesis.*

Quiero agradecer además,

- *Al MsC. Reinaldo Quiñones Ramos por sus contribuciones en los análisis estadísticos.*
- *A todos los profesores, que en el transcurso de estos años, han contribuido en mi superación.*
- *Y muy especialmente a mi novio Ayyash, por su comprensión y el amor que me ha brindado.*

Una vez más, gracias a todos.

Pensamiento

*... "La ciencia es más bella cuando
brinda su ternura a la tierra" ...*

José Martí

RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar la influencia de la variabilidad climática interanual sobre el crecimiento y rendimiento del cultivar de soya 'Conquista', se desarrolló una investigación en dos épocas de siembra (lluviosa y seca), durante tres años consecutivos (2005; 2006; 2007) sobre un suelo Pardo mullido medianamente lavado de la Estación Experimental Agrícola "Álvaro Barba Machado". En cada una de las épocas se evaluaron los índices de crecimiento área foliar, índice de área foliar, tasa de asimilación neta, potencial fotosintético e índice de productividad foliar, así como indicadores de rendimiento donde se incluyeron el rendimiento biológico y económico, el índice de cosecha, el peso de 100 semillas, así como el rendimiento agrícola y sus componentes. Se determinó que las plantas sembradas en la época lluviosa del año 2005 tuvieron una mejor respuesta en la mayoría de las evaluaciones realizadas, por otra parte mediante un análisis de correlación entre los indicadores evaluados y las variabilidad climática interanual, se obtuvo que las correlaciones significativas correspondieron a las variables temperatura y humedad relativa, dado que con relación al acumulado de precipitaciones no hubo significación estadística, aunque los resultados obtenidos en las siembras efectuadas en las diferentes épocas, pudieran estar influenciados por esta variable, dado que no se aplicó riego y este cultivo necesita un régimen de humedad adecuado durante su crecimiento y desarrollo.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Impactos del cambio climático en el sector agrícola.....	3
2.2. Adaptación de la soya a las condiciones ambientales.....	4
2.3. Generalidades del cultivar de soya 'Conquista'.....	9
2.4. Crecimiento y producción de biomasa seca en la soya.....	10
2.5. Relaciones entre la variabilidad climática y la productividad del cultivo de la soya.....	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1. Lugar donde se condujo la investigación.....	13
3.2. Descripción del experimento.....	13
3.3. Evaluaciones realizadas.....	13
3.4. Análisis estadístico.....	15
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
4.1. Influencia de la época de siembra sobre índices de crecimiento del cultivar 'Conquista'.....	16
4.1.1. Área foliar según época de siembra.....	16
4.1.2. Acumulación de materia seca según época de siembra.....	17
4.1.3. Tasa de asimilación neta, potencial fotosintético e índices de área foliar y productividad foliar según época de siembra.....	19
4.2. Influencia de la época de siembra sobre indicadores de rendimiento del cultivar 'Conquista'.....	21
4.2.1. Componentes del rendimiento agrícola según época de siembra.....	21
4.2.2. Peso de 100 semillas, rendimiento económico, biológico e índice de cosecha según época de siembra.....	22
4.2.3. Rendimiento agrícola según época de siembra.....	24
4.3. Correlación entre la respuesta fisiológica y agronómica del cultivar 'Conquista' y los cambios interanuales de variables climáticas.....	25
4.3.1. Expresión de las variables climáticas durante el desarrollo de la	

<i>investigación.....</i>	25
4.3.2. <i>Correlación entre la temperatura e índices de crecimiento y rendimiento.....</i>	27
4.3.3. <i>Correlación entre la humedad relativa e índices de crecimiento y rendimiento.....</i>	29
4.3.4. <i>Correlación entre la lluvia e índices de crecimiento y rendimiento....</i>	30
5. <i>CONCLUSIONES.....</i>	31
6. <i>RECOMENDACIONES.....</i>	32

1. INTRODUCCIÓN

La variabilidad climática y en particular la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos, constituyen una dimensión relevante para la producción agropecuaria (Oyhantçabal, 2007), imponiéndose variaciones en los rendimientos de los cultivos que en muchos casos representan pérdidas importantes de producción, lo que ocasiona efectos negativos sobre las economías regionales (Seiler *et al.*, 2008).

Específicamente el éxito del cultivo de la soya [*Glycine max* (L.) Merr.], depende de las condiciones ambientales bajo las que se desarrolla y de la capacidad de adaptación que tengan los cultivares (Tutolomundo *et al.*, 2006). El rendimiento agrícola que se obtiene en diferentes condiciones climáticas, demuestra que existe una respuesta genético-ambiental diferencial (Rosbaco *et al.*, 1999), de lo cual se deriva que la selección de distintas épocas de siembra provoca cambios en el crecimiento, rendimiento y producción del cultivo de la soya.

Respecto a las variables climáticas, las tendencias observadas, según Magrín (2007), indican aumentos a tasas crecientes en el planeta. En este sentido en función de la fecha de siembra del cultivo de soya, pueden presentarse importantes desvíos en el régimen térmico, hídrico y de radiación solar, que conllevan a grandes modificaciones en el patrón de desarrollo de los cultivares, así como en su rendimiento.

Acorde con lo anterior, la evaluación de la respuesta fisiológica y agronómica del cultivo de la soya en diferentes ambientes, permite implementar una estrategia de selección de cultivares con altos rendimientos unitarios, en un amplio rango de condiciones. Estos métodos analizan y establecen estimaciones de las interacciones genotipo-ambiente (Rosbaco *et al.*, 1999), lo cual resulta de vital importancia porque, acorde con los criterios de Belloso (2003), si se elige un cultivar inadecuado para un determinado ambiente no será suficiente ningún paquete tecnológico para lograr un rendimiento aceptable, debido a que la interacción genotipo-ambiente y su relación con fecha de siembra y estructura del cultivo es el aspecto central a manejar en la determinación del rendimiento agrícola.

Las referencias anteriores conllevan al planteamiento de la siguiente hipótesis,

La variabilidad climática interanual influye sobre los índices de crecimiento e indicadores de rendimiento del cultivar de soya 'Conquista' en diferentes épocas de siembra.

Para comprobar esta hipótesis se formularon los siguientes objetivos

Objetivo general

Caracterizar la influencia de la variabilidad climática interanual sobre el crecimiento y rendimiento del cultivar de soya 'Conquista'.

Objetivos específicos

1. Calcular índices de crecimiento en el cultivar 'Conquista' en dos épocas de siembra de años diferentes.
2. Comparar indicadores de rendimiento del cultivar 'Conquista' según la época y el año en que se efectuó la siembra.
3. Correlacionar la respuesta fisiológica y agronómica del cultivar 'Conquista' con los cambios interanuales de las variables climáticas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Impactos del cambio climático en el sector agrícola

A nivel mundial se comprende que la variabilidad climática tiene impactos en la agricultura, aunque quizá es menos conocido el hecho de cómo hacer uso del conocimiento adquirido en años recientes en materia de variabilidad del clima, sus causas y predecibilidad para reducir los desastres en el sector. Aún cuando existe un gran interés entre los usuarios para tener predicciones adecuadas del clima, la mayoría de ellos no tiene capacidad suficiente para interpretar correctamente esta información, e incluso menos capacidad para implementar acciones preventivas con base en ésta (Neri, 2008).

En correspondencia con los criterios anteriores Barsky (2007) plantea que las personas que llevan a cabo su actividad en el medio rural están más expuestas que otras a algún tipo de riesgo relacionado con el comportamiento de la naturaleza. Por lo tanto, es lógico suponer que han desarrollado una sensibilidad mayor ante ciertos eventos que advierten como potencialmente peligrosos y que disponen de un abanico de opciones para manejarse de acuerdo a las situaciones que deben enfrentar. Por lo tanto, la cantidad y calidad de información que manejan los individuos es central en la construcción de sus subjetividades. A partir del intenso desarrollo de las tecnologías de comunicación registrado en los últimos años, los agricultores reciben permanentemente a través de distintos medios una gran cantidad de noticias y datos.

En agricultura, según Maigrín (2007), el aumento de las lluvias generalmente se asocia con un incremento en los rendimientos, debido a la importancia de la disponibilidad hídrica en las fases críticas del desarrollo de los cultivos. Sin embargo, las precipitaciones elevadas pueden desembocar en impactos negativos, como la aparición de enfermedades bacterianas y fúngicas, y eventos de inundaciones y saturación del suelo, que reducen la productividad. La temperatura regula la duración del ciclo de los cultivos. En regiones de climas cálidos y templados, los aumentos de temperatura reducen la etapa de crecimiento y provocan mermas en la productividad. Además, las temperaturas

elevadas podrían provocar olas de calor, muy perjudiciales para la agricultura y en consecuencia, el calentamiento global, perjudicaría la productividad agrícola en la mayor parte de América Latina.

De acuerdo con los criterios de Betolli *et al.* (2008), los modelos del sistema suelo-planta-atmósfera consideran factores de irrigación, fertilizantes y ambientales que permiten reconocer las condiciones óptimas para los ciclos vegetativo y reproductivo de las plantas; estos modelos también se aplican para determinar el impacto potencial del cambio climático en la agricultura.

Por otra parte Gonzales y Paz (2002) plantea que la conservación y mejoramiento de semillas puede aplicarse como una medida de adaptación al cambio climático. En este sentido las formas de conservación de semillas (selección y tiempo de secado), y la selección de variedades en muchas regiones agrarias se realizan de manera tradicional, las semillas son seleccionadas de la propia cosecha aunque en algunos casos los agricultores compran la semilla de los mercados locales.

Ortega (2007) plantea que las pérdidas de la cosecha de consumo básico conducen al déficit alimentario. En dependencia de la severidad y naturaleza del evento se compromete la capacidad para proporcionar alimentos a la población en un período largo. Por tanto, es necesario saber si será preciso importar alimentos sin dejar de considerar el efecto macroeconómico sobre la balanza comercial y de pagos. Para realizar el balance alimentario se necesita: recabar información sobre la disponibilidad de alimentos previa al desastre e incluso como ayuda de otros países, el consumo proyectado en base a la población afectada y el consumo por habitante de alimentos, así como el período que durará la falta de producción nacional de cada producto.

2.2. Adaptación de la soya a las condiciones ambientales

Según Sylvester (2000) cuando las condiciones ambientales son favorables, en las plantas del cultivo de la soya rápidamente se expanden las hojas y cada dos días se forma un nuevo nudo con su correspondiente primordio foliar y yema axilar. Aproximadamente a los 35 días de la siembra posee cinco hojas trifoliadas expandidas y alrededor de 19 nudos en el tallo principal. Las ramificaciones de las

raíces comienzan a ocupar los 15 cm. superiores del suelo y allí estarán concentradas la mayor parte de ellas durante todo el ciclo. El período de crecimiento vegetativo dependerá del cultivar y del fotoperíodo reinante. Condiciones ambientales favorables de temperatura, disponibilidad de agua y fertilidad del suelo contribuyen a una mayor tasa de crecimiento. No obstante, cuando el cultivo alcanza valores de índice de área foliar (superficie foliar / superficie del suelo) entre cinco a ocho, este valor y también el rendimiento en granos se estabiliza sin sufrir nuevos incrementos. Esto es debido a que las hojas superiores sombrean a las inferiores en una magnitud tal, que el proceso fotosintético de estas hojas es insuficiente para compensar la respiración de mantenimiento; por lo cual se desencadenan los procesos de envejecimientos que conducen al amarillamiento y finalmente caída de la hoja. Igualmente, frutos no desarrollados, e insuficientemente abastecidos manifiestan decaimiento y abortan. Tanto el fotoperíodo como el régimen térmico modifican la fecha de siembra de los cultivares, por la gran influencia que ejercen sobre la longitud del ciclo (Baigorri, 2004).

El crecimiento y desarrollo de la soya depende grandemente de la duración del día, lo cual define su altura y la duración del ciclo. Es una planta de días cortos, característica que ha sido estudiada por diferentes autores e influye en el manejo del cultivo, para que una planta de soya pase de su fase vegetativa a su fase reproductiva, es necesario que la duración del día sea más corta que su fotoperíodo crítico, que no es más que el período de luz más largo bajo el cual la planta puede florecer (Farias, 1995), esta característica obliga al productor a tener extrema precaución en el momento de elegir un cultivar para sembrar en una época determinada. La amplitud de fotoperíodo es suficiente para producir diferencias en la respuesta de las plantas, existiendo cultivares adaptados a las épocas de primavera, verano e invierno.

El fotoperíodo influye en el desarrollo de la soya desde el momento de la emergencia hasta el período de liberación del polen y es determinante en la adaptación de los cultivares de esta especie a las diferentes latitudes (Villaruel *et al.*, 1996). La luz provoca el enderezamiento del gancho hipocotilar, promueve la síntesis de clorofila en los tejidos expuestos al sol, incluso los cotiledones, que se

vuelven verdes y quedan horizontales a cada lado del eje comenzando la expansión de las dos hojas unifoliadas y la primera trifoliar. En correspondencia con lo anterior latitudes Norte o Sur superiores a 15 grados afectan significativamente el crecimiento y desarrollo de la planta (Valencia *et al.*, 2005).

En virtud de la respuesta a la luz, las plantas de soya son clasificadas como fotosensibles y de días cortos, y se les separan en grupos de madurez (de 000 al X), de acuerdo con el número de días requeridos para su maduración en latitudes específicas. Los cultivares ubicados en el grupo de madurez 000 son los más tardíos y adaptados a latitudes mayores de 46° y los asignados al grupo X son los más precoces y adaptados a las latitudes cercanas al ecuador. Cuando los cultivares adaptados a las áreas templadas (fotoperíodo largo) son cultivadas en el trópico, florecen en 30 días o menos, consecuentemente el desarrollo vegetativo y reproductivo son pobres (Villarroel *et al.* 1996).

Se ha reportado que en la planta de soya, en condiciones de días cortos como las que tienen lugar en Cuba, se necesita un mínimo de 45 días, desde la germinación hasta el inicio de la floración, para que la planta alcance el crecimiento adecuado que le posibilite una producción moderada de granos, con legumbres lo suficientemente altas del suelo que permitan la cosecha mecanizada (Hartwig, 1970); también en esas condiciones de días cortos de los trópicos los mayores rendimientos se han obtenido por lo regular, en las épocas en que los días son más largos (Silva *et al.*, 1972). También se han reportado variedades de días neutros o insensibles, las cuales florecen después de haber alcanzado determinado crecimiento vegetativo independientemente del fotoperíodo en que se encuentren, pero la mayoría de los cultivares responde al fotoperíodo como plantas de día corto.

El crecimiento vegetativo de la soya es pequeño o casi nulo en presencia de temperaturas próximas o inferiores a 10 °C, quedando frenado por debajo de los 4 °C. Sin embargo, es capaz de resistir heladas de -2 a -4 °C sin morir. Temperaturas superiores a los 40 °C provocan un efecto no deseado sobre la velocidad de crecimiento, causan daños en la floración y disminuyen la capacidad de retención de legumbres. Las altas temperaturas alargan el período juvenil y

pueden en gran medida afectar el desarrollo de la planta. Las temperaturas óptimas oscilan entre los 15 y los 18 °C para la siembra y los 25 °C para la floración. Sin embargo, la floración de la soya puede comenzar con temperaturas próximas a los 13 °C. Pero según (Farias, 1995) temperaturas nocturnas entre 21 y 27 °C son óptimas para el inicio de la floración en la soya.

Las diferencias de fechas de floración, entre años, que puede presentar una variedad, sembrada en la misma época, son debidas a variaciones de temperatura. Según Pascale (1969), existe una relación inversa entre la temperatura media y el número de días necesarios para la floración. La respuesta de la planta al fotoperíodo también puede ser afectada por la nutrición, humedad del suelo y ritmos endógenos, pero el factor temperatura es el de mayor influencia. Las temperaturas superiores a 40 °C tienen efectos adversos sobre la tasa de crecimiento, iniciación floral y formación de las legumbres.

El régimen térmico de cada región afecta la longitud del ciclo de los cultivares, determina el período libre de heladas y por ende condiciona la fecha de siembra el número de Grupo de Madurez (GM) que es posible utilizar y los cultivares que presentan mejor adaptación dentro de cada GM. Su incidencia sobre el rendimiento crece a medida que se atrasa la fecha de siembra, ya que a menor temperatura menor es la tasa de llenado de granos (Baigorri, 2004).

El incremento de temperatura durante el desarrollo tardío de los granos de soya, afecta el proceso normal de degradación de clorofila y la tasa de pérdida de agua de los mismos, sin mostrar una relación concluyente entre ambos comportamientos (Astegiano *et al.*, 2007).

La respuesta al efecto térmico muestra una importante dependencia genética, sin ninguna relación entre materiales transgénicos y convencionales, ni entre materiales nuevos o de uso más antiguo. Esta última observación indica que el problema actual de aparición de granos verdes, no estaría relacionado a los nuevos materiales genéticos utilizados en el mercado, sino a la variación de condiciones ambientales (mayores temperaturas durante el llenado de grano) a

que son expuestos los cultivares por modificación de las fechas de siembra (Astegiano *et al.*, 2007).

Las precipitaciones son el factor climático de mayor influencia sobre la producción de grano del cultivo. Las que determinan el agua disponible en el suelo durante el llenado de granos, guardan relación directa con el rendimiento (Baigorri, 2004). El cultivo está sometido a diferentes condiciones de disponibilidad hídrica y nutricional a lo largo de su estación de crecimiento. Por lo tanto, al existir diferente disponibilidad de recursos ocurren importantes variaciones de los componentes ecofisiológicos del cultivo y, por tanto, del rendimiento en grano (Pergolini, 2007).

La soya puede tolerar períodos cortos de estrés hídrico debido a su sistema radicular profundo y su floración relativamente prolongada (Mota, 1983). Las pérdidas de las primeras flores y legumbres pueden ser compensadas por las que se forman más tarde, si existe humedad. Baigorri (2003) plantea que la ocurrencia de estrés hídrico a inicio de la floración suele producir un incremento de la longitud del ciclo. El estrés moderado por falta de agua no afecta las reacciones de la fotosíntesis en los cloroplastos.

El exceso de agua puede ser nocivo y muy marcado entre genotipos, según Neumaier y Nepomuceno (1995), el exceso o falta de agua influye en la actividad biológica y disposición de los nutrientes; además, está demostrado que existen diferencias entre cultivares en cuanto a la tolerancia al exceso de agua. Los cultivares de ciclo más largo, son menos susceptibles a la diferencia hídrica (Sylvester, 2000). El contenido de agua no debe exceder el 85 % ni ser menor del 50 % del agua potencial disponible en el suelo (FAO, 1979).

Modelos como el CROPGRO, que simulan los procesos biológicos, físicos y químicos de las plantas y del ambiente al que se asocian, comúnmente han sido empleados en varias regiones del mundo para estudiar la variabilidad del rendimiento de la soya en relación con las precipitaciones (Mera *et al.*, 2005).

En la germinación las plantas de soya necesita absorber el 50 % de su peso en agua (Daniele y Ortega, 1983), de lo contrario esta fase se torna más tardía y frecuentemente la semilla muere. requiere de humedad abundante durante su

ciclo de crecimiento, debido a que invierte gran cantidad de este elemento para formar una unidad de materia seca, por lo que requiere de humedad abundante durante esta etapa y más o menos sequedad en su período de madurez, especialmente en la época de cosecha (CUNORI, 1987). Una vez que la semilla germinó, la plántula emergió y desplegó el primer par de hojas durante el período vegetativo, la soya se hace muy resistente a la sequía, lo cual no significa que no sea insensible a ella (Sasovsky y Lezcano, 2007). Necesita humedad pero sin encharcamientos, ya que estos asfixian las raíces de la planta. Por esta razón los riegos no deben ser copiosos y se deberá mantener una ligera humedad en el terreno para la mejor vegetación de la soya. El número de riegos varía con las condiciones de clima y suelo. Donde la insolación sea mayor y la evaporación más rápida, se precisará más agua (Gómez, 2002).

Tanto el déficit como el exceso de humedad son perjudiciales para alcanzar la uniformidad del número de plantas por unidad de superficie. Durante este período, el exceso de agua es mucho más limitante que el déficit (Salinas *et al.*, 1989). A medida que aumenta el nivel de radiación solar durante el llenado de granos, el rendimiento se incrementa. Al igual que la temperatura, su incidencia sobre la producción de grano crece con el atraso de la fecha de siembra. No obstante, la radiación solar es en general el factor climático con menor influencia en la expresión del rendimiento, en especial en fechas de siembra tempranas (Baigorri, 2004).

2.3. Generalidades del cultivar de soya ‘Conquista’

En Cuba existen un grupo de cultivares o variedades comerciales de soya adaptadas a diferentes épocas de siembra, algunas han sido obtenidas de un programa de mejoramiento, mientras que otras son el resultado de la introducción y prueba en las condiciones de Cuba.

Entre los cultivares de soya se encuentra ‘Conquista’, que procede de Brasil (Fundación Matto Grosso) y en 1996 fue introducida en Cuba. Se puede sembrar todo el año, sus flores son de color azul claro, es resistente a los nematodos, su ciclo dura más de 100 d. En época de invierno el ciclo se acorta y el crecimiento es menor, aunque se obtienen mejores semillas. Su rendimiento está por encima de

2 t ha⁻¹. La plaga que más la afecta es el plegador de la hoja *Zinckenia fascialis* (Cramer), en la Habana se han observado daños por ácaros y no se tiene conocimiento de grandes problemas con enfermedades. De modo general en Cuba se obtenido una buena respuesta agronómica en las tres épocas de siembra.

2.4. Crecimiento y producción de biomasa seca de la soya

La producción de biomasa seca global es la cantidad de producto seco obtenido por planta o por unidad de área (Vázquez y Torres, 1995), en ella está comprendida la biomasa seca aprovechable o útil (producto agrícola seco), además de la no aprovechable (sin utilidad agrícola) y depende del balance existente entre la fotosíntesis y la respiración, por lo que el rendimiento puede ser considerado desde dos puntos de vista: biológico, si se refiere a la materia seca total producida por la planta y agrícola cuando se trata de la cantidad de producto útil (fresco o seco) obtenido por planta (rendimiento por planta), o por unidad de área (rendimiento por área).

En la soya, poco después de la fase fenológica de comienzo de la formación de semillas (R5), la acumulación de materia seca y de nutrientes en las hojas, pecíolos y tallos, se hace máxima y comienzan a redistribuirse de estos órganos a las semillas. El período de rápida acumulación de materia seca de la semilla continúa hasta poco después que las semillas han alcanzado el tamaño máximo (R6), período durante el cual la semilla alcanza el 80 % de su peso seco. La tasa de acumulación de peso seco y de nutrientes empieza a declinar poco después de R6 en toda la planta y en la semilla, mientras que se hace máxima en toda la planta y en la semilla en el inicio de la madurez fisiológica (R7). Se considera que una semilla ha alcanzado la madurez fisiológica, cuando cesa su acumulación de materia seca, esto se produce cuando la semilla (y generalmente la legumbre) se torna amarilla, perdiendo totalmente el color verde. A pesar que en R7 no todas las legumbres han perdido el color verde, se considera a este estado como el de madurez fisiológica, porque hay muy poca acumulación de materia seca adicional. La semilla posee en este momento un 60 % de humedad (Baigorri *et al.*, 2002).

Según Sasovsky (2002), la acumulación de materia seca en las semillas de soya describe una curva sigmoide caracterizada por una corta fase exponencial, seguida por la fase lineal, y finalmente una fase de incrementos decrecientes hasta llegar a madurez. En la fase de crecimiento lineal se acumula la mayor proporción de materia seca (> 90%); la Tasa de Crecimiento (TC) se mantiene constante variando con la época de siembra y la disponibilidad hídrica.

2.5. Relaciones entre la variabilidad climática y la productividad del cultivo de la soya

Cuando se tiene en cuenta la respuesta termofotoperiódica de la soya y los períodos críticos, es necesario implementar técnicas de manejo (elección de cultivares, fechas de siembra, estado nutricional, estructura de cultivo, rotaciones, entre otros) que permitan utilizar con mayor eficiencia los recursos disponibles (Romagnoli *et al.*, 2006). Las condiciones de estrés hídrico durante el período de llenado del grano causan elevadas pérdidas en el rendimiento (Sasovsky, 2002).

Cuando la longitud del día disminuye, se reducen los días hasta la maduración y la altura de la planta (Huxley y Hughes, 1976), también en un ambiente con un fotoperíodo desfavorable a la misma, se afectan el llenado y el número de las legumbres por planta, todo lo que incide negativamente en el rendimiento económico (David y Thomas, 1978).

El déficit hídrico afecta a todos los aspectos relacionados con el crecimiento vegetal, como la anatomía, la morfología, la fisiología y la bioquímica de la planta. En el ámbito agrícola los efectos son muy diferentes en función del rigor con que se produzca, no obstante los más obvios son la reducción del tamaño de la planta, la de la superficie foliar, y finalmente la de la productividad. (Sasovsky y Lezcano, 2007).

La disponibilidad hídrica modifica el crecimiento del cultivo de soya, lo cual afecta la captura de la radiación incidente y la eficiencia fotosintética (Pergolini, 2007). Este cultivo tiene dos períodos críticos bien definidos con respecto al requerimiento de agua: desde la siembra a la emergencia, y durante la fase de formación y desarrollo de los órganos reproductivos (floración, formación y llenado de las legumbres). Durante la germinación tanto el déficit como el exceso de

humedad es perjudicial para la uniformidad de distribución y número de plantas por unidad de superficie. Durante este período, el exceso de agua es mucho más limitante que el déficit (Salinas *et al.*, 1989).

Para la obtención de producciones máximas, la necesidad de agua en el cultivo durante todo su ciclo varía entre 450 y 800 mm (de 4 500 a 8 000 m³ ha⁻¹), dependiendo de las condiciones climáticas, del manejo del cultivo y de la duración del ciclo. Normalmente se dan de cinco a diez riegos durante el ciclo de la planta, aunque fundamentalmente se deben aplicar:

1. Uno de presembrado (germinación uniforme y buena población), con una lámina de riego de 15 a 20 cm.
2. Primer riego de auxilio (25 días o después de cultivar), con una lámina de riego de 12 a 15 cm.
3. Segundo riego de auxilio (25 días después del primer riego de auxilio) con una lámina de 12 a 15 cm.
4. Tercer riego de auxilio (mayor importancia por ser durante el llenado de grano) con una lámina de riego de 12 a 15 cm.

El proceso de amarillamiento es muy dependiente de la temperatura y de los cultivares, cuando la deshidratación se produce con temperaturas elevadas (35 a 40 °C), la degradación de clorofila es muy inferior a la observada con temperaturas moderadas (25°C), en este sentido diferentes estudios han demostrado que los granos de soya que se desarrollaban con climas secos y temperaturas elevadas, presentaban cotiledones verdes (Astegiano *et al.*, 2007). Se producen efectos aditivos entre el estrés hídrico y las altas temperaturas en la reducción del ciclo en etapas reproductivas tardías y entre alta disponibilidad hídrica y las temperaturas bajas, en el alargamiento del mismo, durante todo el ciclo (Sasovsky, 2002).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar donde se condujo la investigación

La investigación se desarrolló en dos épocas de siembra (lluviosa y seca) durante tres años consecutivos (2005; 2006; 2007) sobre el suelo Pardo mullido medianamente lavado, según la nueva versión de clasificación de los suelos de Cuba de Hernández *et al.* (1999), de la Estación Experimental Agrícola “Álvaro Barba Machado”, ubicada en la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas.

3.2. Descripción del experimento

La siembra en época lluviosa se realizó en el mes de mayo y la de invierno en diciembre, empleándose el cultivar ‘Conquista’ procedente de Brasil (Fundación Matto Grosso). En cada época se empleó un esquema de campo con cuatro réplicas por cultivar, ubicándose los mismos en parcelas de 20 m², con cuatro surcos de 10 m de longitud. La siembra se realizó a mano, con un marco de 0.90 m x 0.10 m y se depositaron tres semillas por nido a una profundidad de 0.03 m aproximadamente. La información climatológica de los períodos en estudio fueron reportados por la estación 78343 ubicada en el “Valle del Yabú”, municipio de Santa Clara, provincia de Villa Clara (Tablas 1 y 2, Anexos).

3.3. Evaluaciones realizadas

El **área foliar** se calculó por el método de “Dibujo en papel”, calcándose los folíolos (10 tomados al azar) que se cortaron por los bordes y se pesaron en una balanza de precisión Kerns prs 320-3, con la previa determinación de la relación área-peso del papel utilizado (Cain y Castro, 1971), para lo cual se cortó y pesó un cuadrado de papel de 1 dm² del mismo tipo que fue utilizado para dibujar el contorno de los folíolos. Finalmente se calculó el área foliar mediante la fórmula:

$$AF = \frac{A_C P_{F10} PT}{P_C P_{h10}} ; \text{ expresada en dm}^2$$

AF- Área Foliar total de la planta; *A_C*- Área de un cuadrado de papel de 1 dm²

P_C- Peso del cuadrado de papel de 1 dm²; *P_{F10}*- Peso de diez figuras de papel;

PT- Peso fresco (g) de todos los folíolos de la planta;

Ph10- Peso fresco (g) de los diez folíolos de la planta.

El Índice de Área Foliar (IAF), corresponde a la superficie foliar que cubre una determinada superficie de suelo en la cual se desarrolla el cultivo y permite tener una idea de la superficie fotosintetizante potencialmente apta para captar la radiación solar incidente. Se empleó la fórmula,

$$IAF = \frac{AF}{A}$$

AF- Área Foliar total de la planta; *A*- Área vital de la planta

La Tasa de Asimilación Neta (TAN), es la producción de materia seca elaborada por la planta, determinada fundamentalmente por el balance entre la fotosíntesis y la respiración. Se calculó mediante la fórmula,

$$TAN = \frac{2(P_2 - P_1)}{(AF_2 + AF_1)(t_2 - t_1)}; \text{ expresada en } g \text{ dm}^{-2} \text{ d}^{-1}, \text{ donde,}$$

*P*₁- Peso inicial de la materia seca total (g); *P*₂- Peso final de la materia seca total (g);

*AF*₂- Área Foliar final; *AF*₁- Área Foliar inicial.

*t*₁- tiempo inicial; *t*₂- tiempo final.

El Potencial Fotosintético (PF) es la superficie de área foliar de hojas vivas que ha trabajado a lo largo del ciclo de la planta. Se calculó mediante la fórmula,

$$PF = \frac{(AF_2 + AF_1)t}{2}; \text{ expresado en } dm^2 \text{ d}^{-1} \text{ donde,}$$

*AF*₂- Área Foliar final; *AF*₁- Área Foliar inicial; *t*- tiempo que media entre cada evaluación.

El Índice de Productividad Foliar (IPF) es el peso del fruto agrícola (granos) producido por unidad de área de limbo foliar por día. Se calculó mediante la fórmula,

$$IPF = \frac{PSF}{PF}; \text{ expresado en } g \text{ dm}^{-2} \text{ d}^{-1}, \text{ donde,}$$

PSF: Peso Seco del Fruto agrícola (g); *PF*: Potencial Fotosintético

Después de la cosecha se evaluaron,

Los componentes del rendimiento agrícola (número de legumbres por rama, número de legumbres por tallo, número de legumbres totales de la planta, número de semillas por legumbre, número de semillas por planta y peso de semillas por planta).

El peso de 100 semillas, para lo cual se utilizó una balanza de precisión y una estufa a 60 °C hasta obtener peso constante, al igual que en el componente del rendimiento agrícola peso de semillas por planta.

El rendimiento biológico que se corresponde con la materia seca total producida por la planta se calculó al final del ciclo, teniéndose en cuenta que la planta de soya comienza a defoliarse a partir de que alcanza la madurez fisiológica, por lo que se tomó la acumulación de materia seca determinada a los 50 días como momento máximo de producción vegetativa y se sumó al peso seco de los órganos reproductivos presentes en la planta en la madurez de cosecha. En este caso igualmente se utilizó la balanza de precisión Kerns prs 320-3 y la estufa a 60 °C.

El rendimiento económico (RE) que es la producción de materia seca del fruto agrícola por planta y en el cultivo de la soya se corresponde con los valores obtenidos en el peso seco de semillas por planta, dado que constituyen el fruto agrícola y por tanto es en estas donde existe un valor desde el punto de vista económico.

El índice de cosecha (IC) que indica la relación entre la materia seca total producida por la planta y la materia seca acumulada en el fruto agrícola, mediante la fórmula,

$$IC = \frac{RE}{RB};$$

RE- Rendimiento Económico; RB- Rendimiento Biológico

El rendimiento agrícola se calculó a partir del rendimiento individual por planta y del número de plantas aproximado por área en cada espaciamiento entre surcos.

Se determinaron las principales plagas en cada época de siembra según la fase fenológica en que tuvieron mayor incidencia.

3.4. Análisis estadístico

Para el procesamiento estadístico de los resultados, se aplicaron análisis de varianza (ANOVA), con pruebas de Scheffe (1953) para las comparaciones de medias, empleándose el paquete Statgraphics plus 5.0 del 2000. Se analizaron las correlaciones momento producto de Pearson, entre pares de variables conformados por variables climáticas (humedad relativa y temperatura mínima, media y máxima, así como el acumulado de lluvias). El rango de estos coeficientes de correlación va de -1 a +1, y miden la fuerza de la relación lineal entre las variables, significándose estadísticamente aquellas con un valor-P menor de 0.05 para un nivel de confianza del 95.0%.

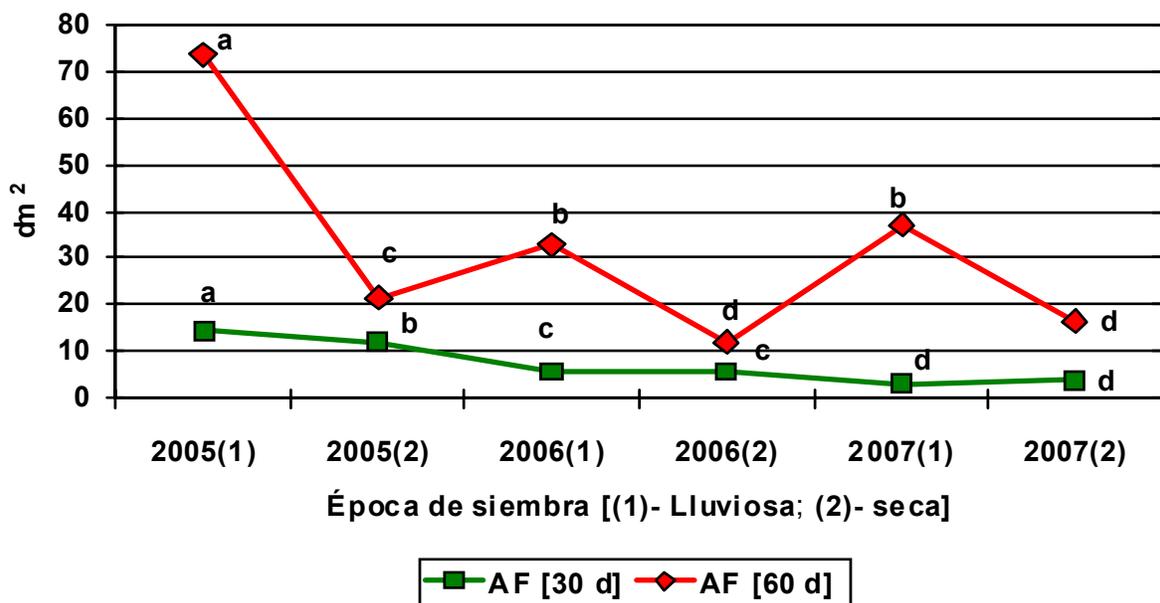
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Influencia de la época de siembra sobre índices de crecimiento del cultivar 'Conquista'

Los cambios cuantitativos que implican la diferenciación morfológica y la acumulación de biomasa seca del cultivo durante el transcurso de su ciclo agronómico, lo conducen al incremento irreversible de su tamaño y peso seco, o sea, al crecimiento de la planta.

4.1.1. Área foliar según época de siembra

En cuanto al área foliar se observó que a los 30 d de sembrado el cultivar 'Conquista', el mejor resultado se obtuvo en la época lluviosa del 2005, seguido del alcanzado por el cultivo en la época seca del mismo año, donde los valores se encuentran por encima de los 10 dm², aunque ambos presentaron diferencias estadísticas entre sí. En este sentido los menores valores se observaron en las épocas lluviosa y seca del 2007 (Figura 1).



* Medias con letras no comunes difieren para Scheffé ($p < 0.05$)

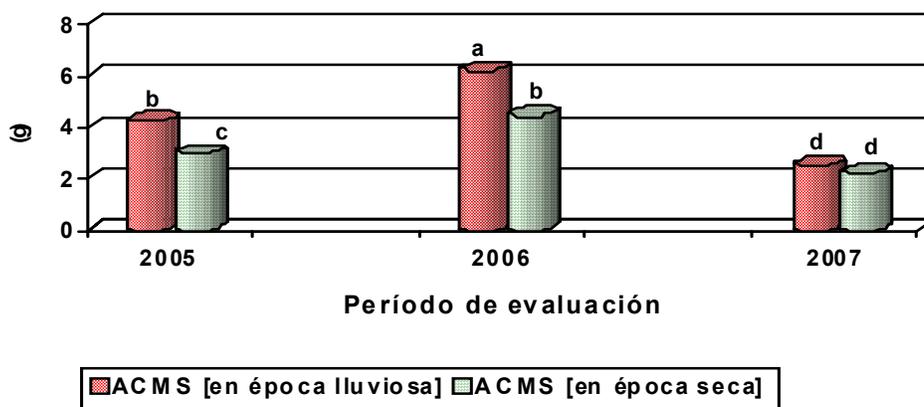
Figura 1. Área foliar del cultivar 'Conquista' a los 30 y 60 días de sembrado según época de siembra

La situación anterior no varió a los 60 d, dado que los mayores valores se mantuvieron en las plantas sembradas en la época lluviosa del año 2005, no obstante hubo semejanzas estadísticas entre las plantas de la época lluviosa del 2006 y del 2007, mientras que los resultados más bajos se observaron en la época seca de esos propios años. En cuanto al incremento del área foliar entre los 30 y 60 días, se observó que las épocas de siembra donde las plantas tuvieron los mayores y menores valores (época lluviosa del año 2005 y época seca del 2006 respectivamente), hubo un incremento promedio de 59.06 y 6.25 dm² (Figura 1).

Respecto a este índice de crecimiento Sylvester (2000) plantea que una planta de soya recién establecida cuenta con suficiente superficie foliar para captar el estímulo fotoperiódico y a su vez Rincón *et al.* (1997), refieren que la cantidad de área foliar que posee una planta tiene importantes implicaciones para su crecimiento y producción de materia seca, así como para su persistencia, dado que determina una mayor o menor captación de energía lumínica durante el proceso de crecimiento.

4.1.2. Acumulación de materia seca según época de siembra

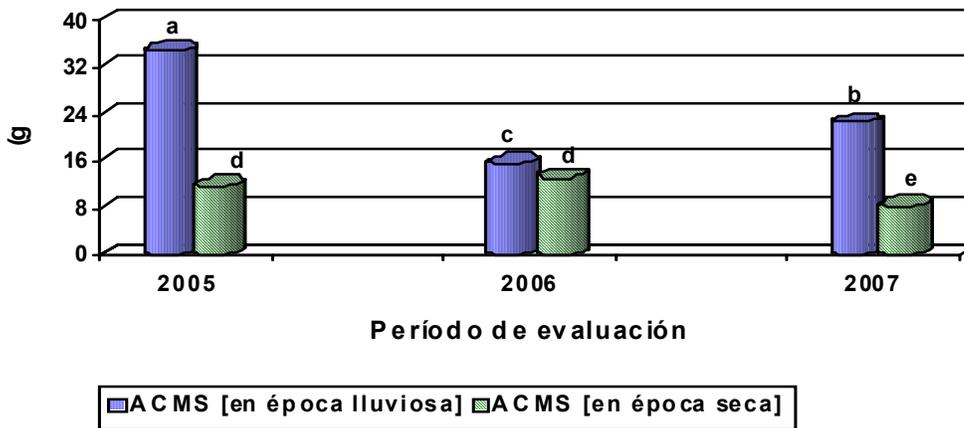
La acumulación de materia seca determinada a los 30 d (Figura 2) mostró que en cada año hubo diferencias estadísticas entre las dos épocas evaluadas, excepto en el año 2007. Los mejores resultados se observaron en las plantas sembradas en la época lluviosa del año 2006, por encima de los 6 g, mientras que los inferiores correspondieron a ambas épocas del año 2007 que no superaron los 3 g.



* Medias con letras no comunes difieren para Scheffé (p < 0.05)

Figura 2. Acumulación de Materia Seca [ACMS] a los 30 d según época de siembra

En la figura 3 se observa que los mejores resultados correspondieron a las plantas sembradas en la época lluviosa del año 2005 (superior a 32 g), con una marcada diferencia estadística con relación al resto de los años y épocas, todas las cuales difieren entre sí a excepción de las plantas evaluadas en la época seca del 2005 y 2006, ambos por encima de 8 g.



* Medias con letras no comunes difieren para Scheffé ($p < 0.05$)

Figura 3. Acumulación de Materia Seca [ACMS] a los 60 d según época de siembra

Acorde con lo anterior Baigorri (2003) plantea que la producción de materia seca depende de la duración del período comprendido de la fase de emergencia (Ve) e inicio de la formación de semillas (R5), así como de las condiciones ambientales ocurridas durante esta etapa.

En ambos períodos evaluados (30 y 60 d) las plantas sembradas en época lluviosa tuvieron mayor producción de biomasa, lo cual está en correspondencia con lo planteado por Thomas y Raper (1981) cuando refieren que las temperaturas ideales para el crecimiento de los cultivares de soya son las próximas a 30 °C. Otros autores han expresado que la soya puede cultivarse con éxito en una amplia variedad de condiciones de temperatura, encontrándose las óptimas para su desarrollo en un rango de 20 a 30 °C y específicamente para la siembra oscilan en el rango de 15 a 18 °C.

4.1.3. Tasa de asimilación neta, potencial fotosintético e índices de área foliar y productividad foliar según época de siembra

En la Tabla 1 se observa que las plantas sembradas en época lluviosa del año 2005 y seca del 2006 alcanzaron los mayores valores de tasa de asimilación neta (TAN) y difieren estadísticamente del resto. En este sentido los menores valores correspondieron a la época lluviosa del año 2006. De modo general se observó que en época lluviosa los resultados son superiores a la época seca, excepto en el año 2006 donde estas plantas como promedio mostraron $0.015 \text{ g dm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ por encima de las sembradas durante el período lluvioso.

En este sentido Chiesa *et al.* (2000), refiere que la TAN es alta cuando las plantas son pequeñas y la mayoría de las hojas están expuestas a la luz solar directa. A medida que el cultivo crece y el IAF se incrementa, más hojas comienzan a sombrearse, causando una disminución de la TAN cada vez que la estación de crecimiento progresa.

Tabla 1. Índices de crecimiento del cultivar ‘Conquista’ según época de siembra

Época de siembra	TAN ($\text{g dm}^{-2} \text{ d}^{-1}$)	PF ($\text{dm}^2 \text{ d}^{-1}$)	IAF ₁	IAF ₂	IPF ($\text{g dm}^{-2} \text{ d}^{-1}$)
Lluviosa 2005	0.033a	1329.96a	1.64a	8.20a	0.020cd
Lluviosa 2006	0.017c	582.11bc	0.65b	3.66b	0.025bc
Lluviosa 2007	0.026b	611.56b	0.38c	4.15b	0.017d
Seca 2005	0.021bc	504.64c	1.35b	2.39c	0.024bc
Seca 2006	0.032a	266.55d	0.63b	1.33d	0.035a
Seca 2007	0.021bc	299.36d	0.41c	1.81d	0.029b
E.E. (\bar{y}) \pm	0.001	19.02	0.04	0.12	0.001

* Medias con letras no comunes en la misma columna difieren para Scheffé ($p < 0.05$)

Leyenda

TAN- Tasa de Asimilación Neta; **PF**- Potencial Fotosintético; **IAF₁**- Índice de Área Foliar (30 d); **IAF₂**- Índice de Área Foliar (60 d); **IPF**- Índice de Productividad Foliar

Los mejores resultados en cuanto al potencial fotosintético correspondieron a las plantas sembradas en las épocas lluviosas de los diferentes años, observándose los valores más altos en la época lluviosa del año 2005, que estadísticamente difieren del resto. Lo anterior está acorde con la mayor o menor superficie foliar que presentaron las plantas en las diferentes épocas de siembra al ser evaluadas (Tabla 1).

En los cálculos realizados se observó que en época lluviosa a los 30 d, se obtuvieron los máximos IAF, excepto en el año 2007, aunque entre sus épocas correspondientes no hubo diferencias estadísticas (Tabla 1). En este sentido solamente en las épocas de siembra del 2005, se observaron valores por encima de 1. La respuesta obtenida en este índice de crecimiento a los 60 d mostró que en todas las plantas sembradas en la época lluviosa los valores obtenidos estuvieron por encima de los alcanzados en la época seca de los diferentes años, destacándose la época lluviosa del año 2005 con valores de IAF superiores a 8.

Los resultados anteriores coinciden con lo planteado por Rincón y Silva (1992), acerca de que los cultivos anuales inician la acumulación de área foliar a partir de la emergencia, en la cual la intercepción de la radiación es casi 0, pero el IAF se incrementa y eventualmente intercepta la mayoría de la radiación foliar.

Por otra lado Sylvester (2000) plantea que cuando la soya alcanza valores de IAF entre 5 y 8, tanto este valor como el rendimiento en granos se estabilizan sin sufrir nuevos incrementos, debido a que las hojas superiores sombrean a las inferiores en una magnitud tal, que el proceso fotosintético de estas hojas es insuficiente para compensar la respiración de mantenimiento, por lo cual se desencadenan los procesos de envejecimiento que conducen al amarillamiento y finalmente a la caída de la hoja, de igual manera las legumbres no desarrolladas, e insuficientemente abastecidas manifiestan decaimiento y abortan.

Los valores promedios del índice de productividad foliar (IPF) en la época lluviosa de todos los años, resultaron menores que los obtenidos en seca. La menor diferencia entre una época y otra dentro del mismo año se observó en el 2005 con $0.004 \text{ g dm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ y la mayor en el 2007 con $0.012 \text{ g dm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Tabla 1).

Las plantas sembradas en la época seca del año 2006 tuvieron el mayor peso de fruto agrícola (semillas) producidas por unidad de área de limbo foliar por día con $0.035 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Todas las épocas a excepción de la lluviosa del 2006 y seca del 2005 mostraron diferencias estadísticas entre sí.

4.2. Influencia de la época de siembra sobre indicadores de rendimiento del cultivar ‘Conquista’

4.2.1. Componentes del rendimiento agrícola según época de siembra

El número de legumbres por rama (Tabla 2), osciló en un rango promedio de 2.86 y 8.32, correspondiéndose con las épocas de seca del 2007 y lluviosa del 2005, que presentaron el menor y el máximo valor respectivamente. El resultado obtenido en las plantas sembradas en esta última época mostró diferencias estadísticas con relación al resto, excepto con la época seca del propio año.

En la tabla 2 se observa que los máximos valores promedios en el número de legumbres por tallo correspondieron a las plantas sembradas en ambas épocas del año 2006, las cuales estadísticamente no difieren entre sí, ni con la época seca del año 2005.

Tabla 2. Componentes del rendimiento agrícola del cultivar ‘Conquista’ según época de siembra

Época de siembra	NLR	NLT	NLP	NSL	NSP
Lluviosa 2005	8.32a	17.10ab	96.82a	2.04a	197.82a
Lluviosa 2006	4.40b	19.46a	80.75b	1.70b	133.32b
Lluviosa 2007	3.39bc	13.64b	69.75bc	1.51cd	89.75cd
Seca 2005	7.68a	21.11a	62.07cd	1.63bc	99.32c
Seca 2006	4.39b	19.44a	64.28c	1.40d	87.28cd
Seca 2007	2.86c	6.89c	49.93d	1.61bc	79.93d
E.E. (ȳ) ±	0.29	0.95	2.79	0.03	3.37

* Medias con letras no comunes en la misma columna difieren para Scheffé ($p < 0.05$)

Leyenda

NLR- Número de Legumbres por Rama; **NLT**- Número de Legumbres por Tallo;

NLP- Número de Legumbres por Planta; **NSL**- Número de Semillas por Legumbre

En relación con el número de legumbres por planta en todas las épocas se observó una respuesta diferente, correspondiéndose el máximo valor a la época lluviosa del año 2005, y el resultado más bajo a la época seca del 2007 (Tabla 2). Al respecto Gassen y Craviotto (2004) refieren que si se presentan condiciones ambientales adversas durante la fase reproductiva, el fijado de legumbres por nudo se afecta considerablemente.

En cuanto al número de semillas por legumbre las plantas evaluadas en la época lluviosa de todos los años superaron a las sembradas en época seca, excepto en el año 2007, en este sentido en el 2005 se obtuvo la mejor respuesta en este componente del rendimiento agrícola (Tabla 2).

Respecto al número de semillas por legumbre en la tabla 2 se observa que en época lluviosa los valores fueron superiores a los de seca en cada uno de los años evaluados. En este sentido la respuesta obtenida en el 2005 mostró una diferencia de 98 semillas entre una época y otra, mientras que el menor contraste se observó en el 2007 con una diferencia de menos de 10 semillas.

Respecto a lo anterior Board *et al.* (1999) plantean que a través de la comprensión del modo en que los componentes de rendimiento agrícola interactúan entre sí afectando la producción, pueden mejorarse las estrategias que se ponen en práctica en algunos lugares para incrementar la producción de cultivares de soya.

4.2.2. Peso de 100 semillas, rendimiento económico, biológico e índice de cosecha según época de siembra

En el rendimiento biológico que se muestra en la tabla 3, se obtuvo que en ambas épocas el cultivar ‘Conquista’ produjo mayor cantidad de biomasa seca en el año 2005, a diferencia de las plantas sembradas en el 2007 que se mantuvo con los valores más bajos. En todos los casos hubo diferencias estadísticas.

Tabla 3. Peso de 100 semillas, rendimiento económico, biológico e índice de cosecha del cultivar ‘Conquista’ según época de siembra

Época de siembra	RB	RE	P ₁₀₀	IC
	(g)			
Lluviosa 2005	76.42a	26.48a	13.47a	0.35ab
Lluviosa 2006	45.27b	14.68b	11.48b	0.33bc
Lluviosa 2007	41.33bc	9.68cd	10.98bc	0.23d
Seca 2005	36.38cd	11.44c	10.88bc	0.32bc
Seca 2006	32.29d	9.52d	10.77bc	0.30c
Seca 2007	21.49e	8.08d	10.11c	0.38a
E.E. (ȳ) ±	0.51	1.12	0.21	0.01

* Medias con letras no comunes en la misma columna difieren para Scheffé (p < 0.05)

Leyenda

RB- Rendimiento Biológico; RE- Rendimiento Económico;
P₁₀₀- Peso de 100 semillas; IC- Índice de Cosecha

Los resultados obtenidos en el rendimiento económico muestran una respuesta estadísticamente semejante en las plantas sembradas en la época seca de los años 2006 y 2007, las cuales coincidieron en los resultados más bajos. Por otro lado en la época lluviosa del 2005 se observaron los valores máximos que superaron al resto en más de 11.5 g (Tabla 3).

El rendimiento económico en la época lluviosa representó el 34.65 %, 32.43 % y 23.42 % del rendimiento biológico obtenido en los años 2005; 2006 y 2007 respectivamente, mientras que en época seca fue de 31.44 %, 29.28 % y 37.60 % en el mismo orden mencionado anteriormente.

En relación al peso de 100 semillas los máximos resultados se obtuvieron en ambas épocas del año 2005, y en sentido general los valores alcanzados por las plantas sembradas en época lluviosa fueron superiores a los de seca. Se observaron semejanzas estadísticas entre las plantas de la época lluviosa del 2007 y seca de los años 2005 y 2006 (Tabla 3).

Acorde con los criterios de Ponce *et al.* (2002) el peso de 100 semillas está correlacionado con el rendimiento agrícola, por otra parte es un indicador que contribuye a definir normas de siembra en cualquier cultivo e indica la cantidad de semillas y posibles plantas a lograr en un peso determinado. Estos resultados están en correspondencia con los de evaluaciones realizadas en otros cultivares y tipos de suelos por investigadores como Hernández *et al.* (2004) y Ponce *et al.* (2002), donde se han obtenido pesos de 100 semillas en el orden de 11.91 g y 10.16 g respectivamente.

En cuanto al índice de cosecha se obtuvo que en (IC) época lluviosa los valores fueron superiores a la de seca, con excepción del año 2007 donde a esta última época le correspondieron los mejores resultados (Tabla 3). Respecto a este indicador Baigorri (2003) señala que en una fecha de siembra determinada, el IC presenta generalmente una relación inversa con la longitud del ciclo de los cultivares.

4.2.3. Rendimiento agrícola según época de siembra

La producción de soya comprende dos etapas, la primera de producción de materia seca que se corresponde con el rendimiento biológico y la segunda de transformación de esa materia seca en rendimiento agrícola.

Al calcular el rendimiento agrícola se observó que en todos los años en época lluviosa se alcanzaron resultados superiores a la de seca (Figura 4). Solamente en la época lluviosa del 2005 los valores estuvieron por encima de las 2 t ha⁻¹, lo cual coincide con evaluaciones realizadas por Hernández *et al.* (2004) en época lluviosa al analizar otros cultivares en otro tipo de suelos, donde el valor promedio que obtuvieron para fue de 2.09 t ha⁻¹, a su vez está en correspondencia con lo planteado por Ortega y Tesara (1977), que reportaron rendimientos entre 2.5 y 3.0 t ha⁻¹ para diferentes cultivares de soya.

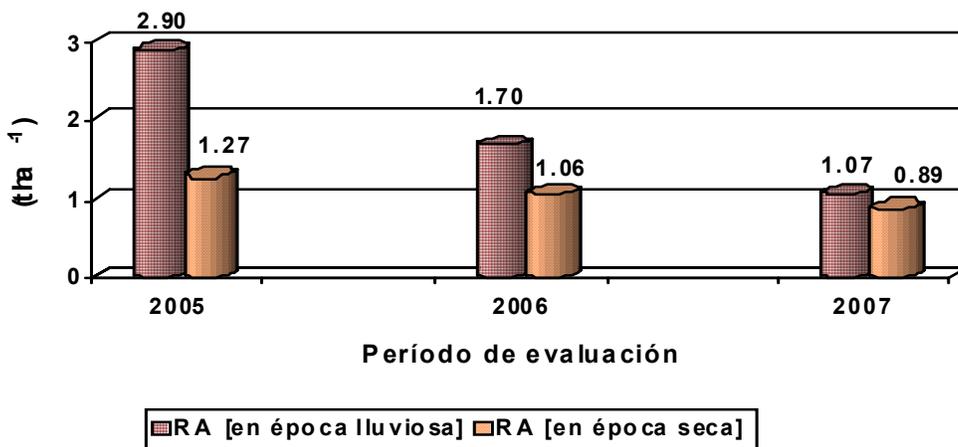


Figura 4. Rendimiento agrícola (RA) del cultivar ‘Conquista’ según época de siembra

Al respecto Baigorri *et al.* (2002) plantean que el cultivar con mayor rendimiento no siempre es el mismo en todas las épocas de siembra, este varía dependiendo de su potencial, de su ciclo y de las condiciones ambientales de cada época, específicamente durante el llenado de granos. El incremento de rendimiento agrícola de los cultivares, se produce por el incremento del rendimiento biológico sin cambios en el índice de cosecha, el cual es afectado por factores ambientales como la disponibilidad hídrica y el fotoperíodo, los que interactúan con el genotipo.

4.3. Correlación entre la respuesta fisiológica y agronómica del cultivar ‘Conquista’ y los cambios interanuales de variables climáticas

Durante el desarrollo de la investigación la expresión de las variables climáticas estuvo en correspondencia con la serie histórica, mostrándose valores superiores en cuanto a la temperatura, lluvias y humedad relativa en las siembras efectuadas en época lluviosa con relación a las de seca (Figuras 1; 2 y 3; Anexos).

4.3.1. Expresión de las variables climáticas durante el desarrollo de la investigación

En época lluviosa las temperaturas máximas alcanzaron valores por encima de los 32 °C en todos los años objeto de estudio, a su vez las mínimas registradas fueron superiores a los 22 °C y las medias a los 27 °C, mientras que en época seca, excepto en el 2007, se registraron valores de máximas inferiores a los 30 °C y de mínimas por debajo de los 20 °C (Figura 5).

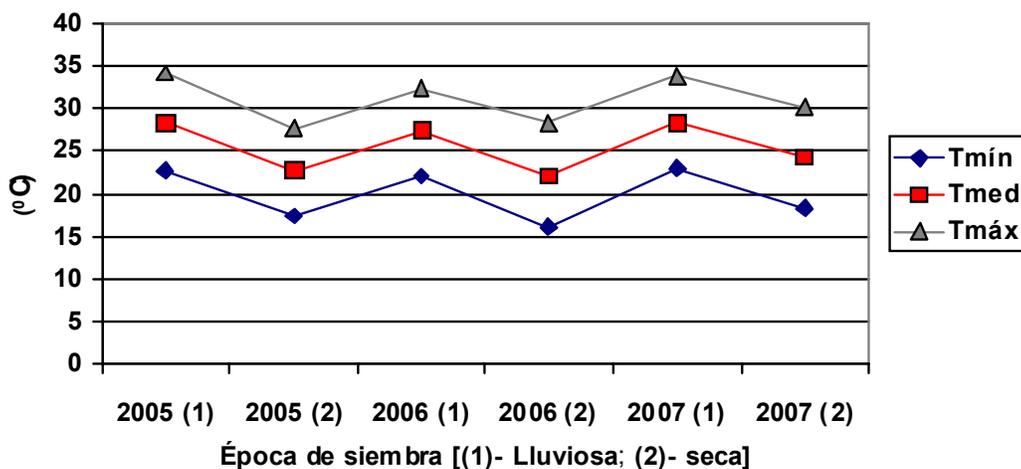


Figura 5. Expresión de la temperatura según época de siembra

Respecto a esta variable climática ha sido demostrado que la soya puede cultivarse con éxito en una amplia variedad de condiciones de temperatura, en este sentido las temperaturas óptimas para su desarrollo están comprendidas entre los 20 y 30 °C, observándose por autores como Thomas y Raper (1981) que las próximas a 30 °C son las ideales para el crecimiento de la planta, como ocurre en época lluviosa, además se ha demostrado que la máxima velocidad de desarrollo

entre siembra y floración, se produce igualmente a temperaturas cercanas a los 30 °C. Por otro lado cuando el promedio de temperatura es inferior a 25 °C, pueden ocurrir retrasos en la floración (Brown, 1960 y Hartwig, 1970).

En cuanto a la humedad relativa no se observó variabilidad entre los ambientes a los que estuvo sometido el cultivar en cada una de las fechas de siembra evaluadas, dado que las condiciones térmicas anteriores estuvieron acompañadas por valores de humedad relativa que reflejaron promedios normales, destacándose que las máximas estuvieron por encima del 90 % en ambas épocas de cada etapa evaluada y los valores de mínima fueron superiores al 50 %, excepto en la época seca de los años 2005 con 31 % y 2006 con 42 % (Figura 6).

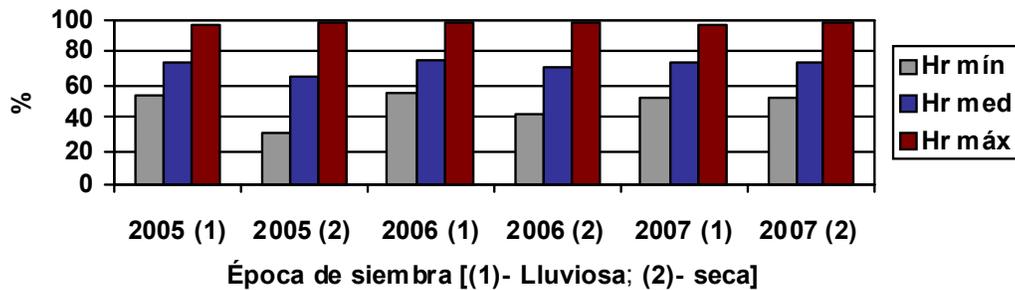


Figura 6. Expresión de la humedad relativa según época de siembra

Respecto al requerimiento de agua el cultivo de la soya tienen dos períodos críticos bien definidos, el primero comprende desde la siembra a la emergencia y el segundo abarca la fase de formación y desarrollo de los órganos reproductivos, de este modo la disponibilidad hídrica influye sobre la respuesta dada por el cultivar 'Conquista' en las diferentes evaluaciones.

En correspondencia con lo anterior la humedad proveniente de las precipitaciones es insuficiente en las siembras efectuadas en época seca, sin embargo durante la época lluviosa las deficiencias hídricas pueden ser suplidas por la cantidad de lluvia recibida por el cultivo durante todo su ciclo.

Al respecto en la figura 7 se observa que en la época lluviosa de los años 2005 y 2007, los valores de lluvia alcanzaron cifras por encima de los 600 mm y en el

2006 fueron superiores a los 400 mm. Por otra parte en las siembras efectuadas en época seca se encuentran por debajo de los 85 mm, excepto en el 2007 que se registró un valor de 186 mm.

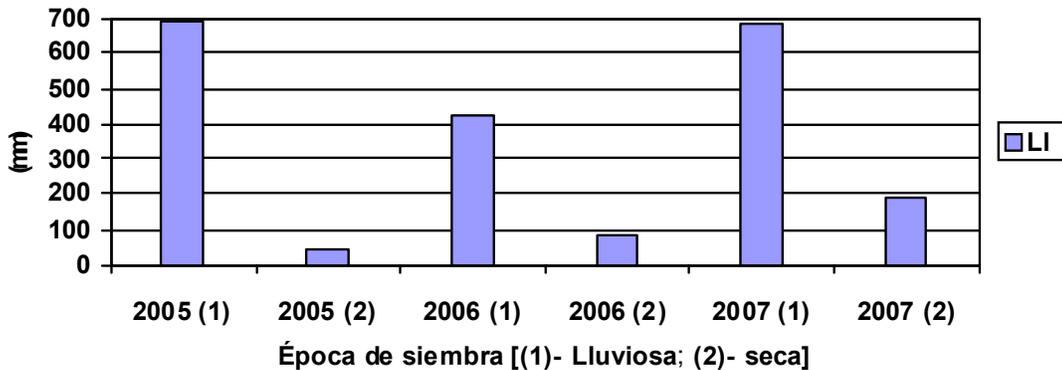


Figura 7. Expresión de la lluvia según época de siembra

De acuerdo con los criterios de Toledo (2009), debe tenerse en consideración que las lluvias varían en intensidad y distribución de una época de siembra a otra, así como de localidad en localidad. Desde el punto de vista agrícola, la precipitación total que llega a la superficie del suelo se divide en dos componentes: el primero de ellos se refiere a la precipitación efectiva que es el agua que infiltra y llega a la zona radical del cultivo y el segundo a la precipitación escurrida que es el agua que no ingresa al sistema y escurre sobre la superficie, esta última es un proceso denominado escurrimiento superficial y que aumentará cuando mayor sea la intensidad de la lluvia, la pendiente del suelo, la humedad del horizonte superficial y la falta de cobertura en la superficie del suelo

4.3.2. Correlación entre la temperatura e índices de crecimiento y rendimiento

Mediante el análisis de los coeficientes de correlación entre la temperatura en cada una de las épocas e índices de crecimiento (Tabla 4), se observaron correlaciones significativas entre el área foliar y la temperatura máxima y media de la época lluviosa del año 2007, así como con la máxima registrada en la de seca del 2006, que en este fue negativa. Por otra parte la temperatura máxima de la época lluviosa y seca del año 2005 mostraron correlaciones significativas con el índice de productividad foliar y la tasa de asimilación neta respectivamente.

En el caso de los indicadores de rendimiento los valores significativos correspondieron al peso de 100 semillas y la temperatura mínima de la época lluviosa del año 2007, de igual manera se observaron correlaciones significativas entre el rendimiento económico y las temperaturas medias de la época lluviosa del 2006 y seca del 2007, que en este último caso fue negativa, además este indicador mostró correlaciones significativas con las temperaturas mínimas registradas en la época lluviosa de los años 2006 y 2007.

Con relación al rendimiento biológico en las temperaturas media y mínima de la época lluviosa del 2006 estuvieron los valores significativos (Tabla 4).

Tabla 4. Correlación entre la temperatura e índices de crecimiento y rendimiento según época de siembra

Variables climáticas	Coeficientes de correlación en índices de crecimiento			Coeficientes de correlación en indicadores de rendimiento			C.V (%)
	AF	IPF	TAN	P ₁₀₀	RE	RB	
T máx ₁	-0.20	0.46*	-0.16	-0.28	-0.00	0.09	2.07
T máx ₂	0.13	0.21	-0.29	0.16	0.17	0.10	2.64
T máx ₃	0.40*	-0.31	0.00	-0.02	0.07	0.32	1.65
T máx ₄	0.02	0.25	0.38*	0.27	0.14	0.18	0.57
T máx ₅	-0.48*	-0.36	0.08	0.05	-0.10	0.01	0.73
T máx ₆	-0.08	0.07	-0.00	-0.27	-0.23	0.13	2.71
T med ₁	-0.11	0.26	-0.15	-0.07	-0.13	0.11	1.84
T med ₂	0.02	0.09	-0.18	0.32	0.48*	0.40*	2.10
T med ₃	0.40*	-0.31	0.00	-0.02	0.07	0.32	1.87
T med ₄	0.23	0.07	0.17	0.26	0.09	0.04	1.59
T med ₅	-0.16	-0.21	-0.01	-0.03	-0.31	-0.33	0.73
T med ₆	-0.08	0.14	0.04	-0.32	-0.37*	-0.17	2.04
T mín ₁	0.06	0.13	-0.03	0.15	-0.17	0.07	3.39
T mín ₂	-0.09	-0.06	0.01	0.30	0.45*	0.45*	3.90
T mín ₃	0.17	-0.15	0.36	0.48*	0.40*	0.08	4.73
T mín ₄	0.25	-0.10	-0.08	0.10	-0.04	-0.24	1.74
T mín ₅	0.13	0.00	-0.06	-0.05	-0.32	-0.32	5.10
T mín ₆	-0.05	0.12	0.05	-0.17	-0.24	0.06	2.95

* Correlaciones significativamente diferentes de 0 con valores-P menores de 0.05 para un nivel de confianza del 95.0%

Leyenda

T- Temperatura (°C); **máx**- máxima; **med**- media; **mín**- mínima
1; 2; 3; 4; 5; 6- [época lluviosa 2005; época lluviosa 2006; época lluviosa 2007; época seca 2005; época seca 2006; época seca 2007 respectivamente]; **AF**- Área Foliar (60 d de sembrado); **IPF**- Índice de Productividad Foliar; **TAN**- Tasa de Asimilación Neta; **P₁₀₀**- Peso de 100 semillas; **RB**- Rendimiento Biológico; **RE**- Rendimiento Económico.

4.3.3. Correlación entre la humedad relativa e índices de crecimiento y rendimiento

Los valores de correlación más significativos de la humedad relativa máxima, correspondieron a las plantas sembradas en la época lluviosa de los años 2005 y 2006, en dos de los indicadores de rendimiento evaluados, específicamente en el peso de 100 semillas y el rendimiento económico respectivamente (Tabla 5).

Por otra parte en la humedad relativa media y mínima de la época lluviosa del año 2005 se mostraron las correlaciones significativas con la tasa de asimilación neta, el peso de 100 semillas y el rendimiento económico, observándose una correlación negativa en este último indicador.

Tabla 5. Correlación entre la humedad relativa e indicadores de crecimiento y rendimiento según época de siembra

Variables climáticas	Coeficientes de correlación en índices de crecimiento			Coeficientes de correlación en indicadores de rendimiento			C.V (%)
	AF	IPF	TAN	P ₁₀₀	RE	RB	
Hr máx ₁	-0.11	0.06	-0.00	0.40*	-0.35	0.00	0.64
Hr máx ₂	0.03	-0.02	-0.20	0.15	0.45*	0.35	0.50
Hr máx ₃	-0.31	0.09	0.05	-0.21	-0.09	0.10	1.20
Hr máx ₄	0.02	-0.09	0.03	0.18	0.20	0.09	0.39
Hr máx ₅	-0.18	-0.13	0.00	0.09	-0.11	-0.11	0.24
Hr máx ₆	0.05	-0.08	0.21	-0.22	-0.23	-0.21	0.60
Hr med ₁	-0.26	0.06	0.41*	0.49*	-0.47*	-0.19	1.03
Hr med ₂	0.10	-0.02	-0.12	0.13	0.12	0.05	0.46
Hr med ₃	-0.16	0.11	0.05	-0.28	-0.11	-0.03	1.09
Hr med ₄	0.09	-0.16	0.01	-0.15	-0.27	0.01	0.67
Hr med ₅	-0.05	0.03	-0.06	-0.03	0.11	0.05	0.71
Hr med ₆	-0.04	0.19	-0.20	-0.17	-0.19	-0.12	0.60
Hr mín ₁	-0.25	0.05	0.45*	0.41*	-0.47*	-0.08	2.35
Hr mín ₂	0.09	-0.01	-0.03	0.03	-0.21	-0.20	1.21
Hr mín ₃	0.22	0.05	0.00	-0.25	-0.09	-0.20	1.60
Hr mín ₄	0.09	-0.14	-0.08	-0.25	-0.20	-0.19	2.63
Hr mín ₅	0.14	0.23	-0.10	-0.05	0.14	0.08	2.34
Hr mín ₆	-0.06	0.21	-0.26	-0.04	-0.05	0.02	1.31

* Correlaciones significativamente diferentes de 0 con valores-P menores de 0.05 para un nivel de confianza del 95.0%

Leyenda

Hr- Humedad relativa (%); máx- máxima; med- media; mín- mínima;
1; 2; 3; 4; 5; 6- [época lluviosa 2005; época lluviosa 2006; época lluviosa 2007; época seca 2005; época seca 2006; época seca 2007 respectivamente]; **AF**- Área Foliar (60 d de sembrado);
C.V- Coeficiente de variación; **IPF**- Índice de Productividad Foliar; **TAN**- Tasa de Asimilación Neta;
P₁₀₀- Peso de 100 semillas; **RB**- Rendimiento Biológico; **RE**- Rendimiento Económico.

4.3.4. Correlación entre la lluvia e índices de crecimiento y rendimiento

Las lluvias registradas en los diferentes períodos analizados no mostraron correlaciones significativas desde el punto de vista estadístico, con ninguno de los indicadores evaluados (Tabla 6). No obstante acorde con lo planteado por Rosolem (2005), aunque las plantas del cultivo de soya no sean las más sensibles, en determinados años el estrés hídrico, sea por falta o exceso de agua, puede perjudicar la productividad de la misma, además hasta la fase de floración, la exigencia hídrica aumenta considerablemente con el desarrollo del cultivo, aunque con la pérdida de las hojas en el final del ciclo, la evapotranspiración disminuye, siendo en esta etapa hasta deseable que no ocurran lluvias.

Tabla 6. Correlación entre la lluvia e indicadores de crecimiento y rendimiento según época de siembra

Variables climáticas	Coeficientes de correlación en índices de crecimiento			Coeficientes de correlación en indicadores de rendimiento			C.V (%)
	AF	IPF	TAN	P ₁₀₀	RE	RB	
LI ₁	0.16	0.23	0.21	0.17	0.03	-0.08	0.26
LI ₂	-0.23	-0.01	0.12	-0.09	0.09	0.06	0.14
LI ₃	0.12	-0.00	-0.04	-0.05	-0.02	-0.29	0.15
LI ₄	-0.02	-0.08	-0.10	-0.11	0.15	0.08	1.81
LI ₅	0.34	0.32	-0.23	0.17	0.22	0.12	0.78
LI ₆	-0.01	-0.04	0.19	-0.17	-0.23	0.13	0.52

* Correlaciones significativamente diferentes de 0 con valores-P menores de 0.05 para un nivel de confianza del 95.0%

Leyenda

LI- Lluvia (mm); 1; 2; 3; 4; 5; 6- [época lluviosa 2005; época lluviosa 2006; época lluviosa 2007; época seca 2005; época seca 2006; época seca 2007 respectivamente]; **AF**- Área Foliar (60 d de sembrado); **C.V**- Coeficiente de variación; **IPF**- Índice de Productividad Foliar; **TAN**- Tasa de Asimilación Neta; **P₁₀₀**- Peso de 100 semillas; **RB**- Rendimiento Biológico; **RE**- Rendimiento Económico.

5. CONCLUSIONES

1. La época de siembra influye en los índices de crecimiento e indicadores de rendimiento en cada una de las fechas evaluadas.
2. Los máximos resultados en la mayoría de los índices de crecimiento e indicadores de rendimiento, se alcanzan en las plantas sembradas en la época lluviosa del año 2005.
3. Las correlaciones significativas relacionadas con la variabilidad climática interanual, se muestran entre los índices de crecimiento y rendimiento con relación a la temperatura y humedad relativa registrada en las épocas de los años evaluados.

6. RECOMENDACIONES

1. Replicar esta investigación en otras localidades de la provincia, debido a las variaciones que ocurren en las variables climáticas con los años y la susceptibilidad que tienen los diferentes cultivares de soya a los mismos.
2. Promover la siembra del cultivar 'Conquista' en las condiciones tecnológicas de la provincia, por sus potencialidades en cuanto al crecimiento y rendimiento que alcanza, que serviría de referencia en posteriores estudios varietales.
3. Investigar con otros tipos de cultivares de soya para evaluar su respuesta fisiológica y agronómica en las condiciones edafoclimáticas de la provincia de Villa Clara.

7. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. **Astegiano, E.; H. Imvinkelried; M. Hermann; M. Pietrobón (2007).** Efecto de la temperatura sobre el secado de los granos y la generación de granos verdes en soja. Disponible en: <http://www.planetasoja.com/trabajos/trabajos800.php?id1=10797&publi=&idSec=7&id2=10798> Consultado [21-10-09]
2. **Baigorri, H. (2004).** Criterios para la Elección y el Manejo de Cultivares de Soya. Información para extensión. EEA Marcos Juárez (89): 61-76. AR.
3. **Baigorri, H. (2003).** Desarrollo y crecimiento de cultivares de soja en función de la fecha de siembra y su importancia en la recomendación de manejo. Boletín de Divulgación Técnica (77). Cultivos de cosecha gruesa. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
4. **Baigorri, H.; M. L. Bodrero; E. N. Morandi, R. A. Martignone, F. H. Andrade y D. R. Croatto (2002).** Ecofisiología, formación del rendimiento y manejo del cultivo de soja. Disponible en: <http://www.aapresid.org.ar/elportal/nota.asp?did=48> Consultado [21-10-09]
5. **Barsky, A.; G. Podestá y F. Ruiz Toranzo (2008).** Percepción de variabilidad climática, uso de información y estrategias de los agentes frente al riesgo. Análisis de esquemas decisionales en agricultores de la región pampeana Argentina. Mundo Agrario, 8 (16). Centro de Estudios Histórico Rurales. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.
6. **Belloso, C. (2003).** El manejo sigue siendo la clave. Publicado en Memorias del Evento "Mundosoja" (junio, 26 y 27). Buenos Aires, Argentina.
7. **Bettolli, M. Laura; Olga C. Penalba; W. Walter (2008).** Variabilidad interanual del rendimiento de la soja y la circulación atmosférica diaria niveles bajos. Universidad de Buenos Aires X234 y X135 y GOCE-CT-2003-001454-CLARIS.
8. **Board, J.E.; M. S. Kang y B. G. Harville (1999).** Path Analyses of the Yield Formation Process for Late-Planted Soybean. Agronomy Journal, 91, January.

9. **Brown, D.M. (1960).** Soybean ecology. I. Development-temperature relationship from controlled-environment studies. *Agron. J.* 52: 492-496.
10. **Cain, S.A. y G.M. Castro (1971).** Manual of vegetation Analysis. Hafner Publishing Company, Inc. New York: 325.
11. **Chiesa, J.; S.F.Luque y M.G. Cantarero (2000).** Fijación de carbono por los cultivos [Traducción de: Carbon fixation by crop cano-pies. In: *Physiology of Crop Plants.* Iowa State University Press.: 31-57 por Gardner, F.P.; Brent Pearce, R; Mitchel, R.L. (1985)].
12. **CUNORI (1987).** Adaptabilidad del Cultivo de la Soya (*Glycine max*), cultivada en la cabecera Departamental de Chiquimula. Guatemala: 31.
13. **Daniele, H., y E. Ortega (1983).** Guía Práctica para el Cultivo de Soya en Guatemala. *Revista de la Asociación General de Agricultores* (133): 6-8.
14. **David, C. y J F. Thomas (1978).** Partitioning and seed yield in soybean. Photoperiodic alternation of dry matter. *Crop Sci* 18: 654-656.
15. **FAO (1979).** Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Estudio FAO. Riego y Drenaje, 33. Roma, Italia.
16. **Farias, J. R. B. (1995).** Requisitos climáticos. Colección FAO. En: EMBRAPA-CPPSo (Ed.) *El cultivo de la soya en los trópicos, mejoramiento y producción.* Colección FAO. Producción y protección vegetal (27): 13-17. Roma.
17. **Gassen, D. y R. Carviotto (2004)** ¿Cómo pueden influir las altas temperaturas en los cultivos de soja? Disponible en: <http://www.futurosyopciones.com/granos/produccion/especiales/soja/ampliar.asp?IdEncabezado=82&idinformacion=25424> [Consultado 18-01-10]
18. **Gómez, F. (2002).** La soja. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/soja2.asp> [Consultado 20-10-09]
19. **Gonzales, J. y O. Paz (2002).** Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio y Variabilidad Climática de los Sistemas Alimentarios en Zonas Semiáridas de Montaña. Sistematización de una experiencia de consultas a diferentes niveles de decisión. Ministerio de Desarrollo

- Sostenible y Planificación Programa Nacional de Cambios Climáticos. PNUD. Imprenta Hivargo, La Paz – Bolivia.
20. **Hartwig, E.E. (1970)**. Growth and reproductive characteristics of soybeans grown under short-day conditions. *Tropical Science*. 12: 47-53.
21. **Hernández Remigio, Marlen; F. Cuevas; Martha González Díaz; L. Guzmán (2004)**. Comportamiento de dos variedades de soya CS-23 e IS-27 (*Glycine max* (L.) Merrill) en diferentes épocas. *Revista CITMA, Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Avances CIGET*, 6 (3), Pinar del Río.
22. **Hernández, A; Pérez, J; Bosch, D; Rivero, R; Camacho, E; Ruiz, J. (1999)**. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. *AGRINFOR*: 37-38.
23. **Huxley, P.A. y A. P. Hughes (1976)**. Growth and development of soybean cv. TK5 as affected by tropical day-length, day/night temperatures and nitrogen nutrition. *Ann. Appl. Biol.* 82: 117-133.
24. **Magrín, Graciela (2007)**. Variabilidad climática, cambio climático y sector agropecuario en las Subregiones Andina y Amazónica. CIRN-INTA. Conferencia Memoria del Taller Gestión del riesgo y adaptación al cambio climático en el sector agropecuario en las Subregiones Andino y Amazónica: 28-34.
25. **Mera, R. J.; D. Niyogi; G. S. Buol; Gail G. Wilkerson, F. H. M. Semazzi (2005)**. Potential Individual versus Simultaneous Climate Change Effects on Soybean (C3) and Maize (C4) Crops: An Agrotechnology Model Based Study. Disponible en: <http://www.agry.purdue.edu/climate/dev/publications/J44.pdf>
26. **Mota, F. S. (1983)**. Condiciones climáticas y producción de soya en el sur de Brasil. En F. J. Verneti, ed. *Soya: planta, clima, plagas, molestias e invasores*, 1: 93-126. Campinas, SP, Brasil, Fundación Cargill.
27. **Neri Vidaurri, Carolina (2008)**. Variabilidad y cambio climático, tendencias, efectos y perspectivas para la agricultura de México. Centro de Ciencias de la Atmósfera.

28. **Neumaier, N. y Nepomuceno, A. L. (1995).** El cultivo de la soya en los trópicos. Cap. Manejo del agua, colección FAO: Producción Protección Vegetal, (27): 153-160.
29. **Ortega, Liudmila (2007).** La reducción de vulnerabilidad en el sector agricultura. CEPAL. Conferencia Memoria del Taller Gestión del riesgo y adaptación al cambio climático en el sector agropecuario en las Subregiones Andino y Amazónica: 88-91.
30. **Ortega, Y. y J. Tesara (1977).** Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento en soya. Disponible en: http://www.redpav-fpolar.info.ve/agrotrop/v25_2/v252a003.html Consultado [20-10-09]
31. **Oyhantçabal, W. (2007).** El cambio climático y los necesarios procesos de adaptación en el sector agropecuario uruguayo. Anuario. OPYPA- Unidad de proyectos agropecuarios de cambio climático del MGAP.
32. **Pascale, A. J. (1969).** Tipos agroclimáticos para el cultivo de la soya en Argentina. Rev. Fac. Agr. Vet. Buenos Aires, 17: 31-38.
33. **Pergolini, S. (2007).** Factores que explican las variaciones de rendimiento del cultivo de soja entre los Sectores de Bajo y Loma. Disponible en: <http://www.elsitioagricola.com/articulos/pergolini/Factores%20que%20Explican%20Variaciones%20de%20Rendimiento%20de%20Soja%20entre%20Sectores%20de%20Bajo%20y%20Loma.asp> Consultado [18-01-10]
34. **Ponce, M.; R. Ortiz; C. de la Fé y C. Moya (2002).** Estudio comparativo de nuevas variedades de soya [*Glycine max* (L.) Merr.] para las condiciones de primavera en Cuba. Cultivos Tropicales 23 (2): 55-58.
35. **Rincón, C.A. y L.C. de Silva (1992).** “Fenología, área foliar y producción de materia seca en tres variedades de soya (*Glycine max* (L.) Merr) bajo riego en condiciones de sabana”. Disponible en: http://www.redpav-fpolar.info.ve/agrotrop/v42_3-4/v423a040.html Consultado [20-10-09]
36. **Rincón-Carruyo, Xomaira R.; T. J. Clavero; E. Rincón; C. F. Quintero y Alis T. Márquez (1997).** Evaluación de parámetros agronómicos y fisiológicos en cuatro cultivares de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en macetas. II. Planta adulta. Revista Facultad de Agronomía (LUZ). 14: 649-656.

37. **Romagnoli, Miriam; G. Tuttolomondo; Irene Rosbaco; R. Martignone (2006)**. Soja. Caracterización de la respuesta termo-fotoperiódica de cultivares de ciclo corto. Disponible en: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/18/3AM18.htm> Consultado [18-01-10]
38. **Rosbaco, Irene; Miriam Romagnoli; Vilma Bisaro y H. Pedrol (1999)**. Estabilidad del rendimiento de cultivares de soja de grupo de maduración IV en Zavalla (Santa Fe). Resumen de trabajos y conferencias presentadas, Mercosoja 99, Rosario, Republica Argentina.
39. **Rosolem, C. (2005)**. Agua en el cultivo de la soya. Disponible en: http://www.fundacruz.org.bo/downloads/pdf/agua_cultivo_soya.pdf Consultado [18-01-10]
40. **Salinas, A. R., D. S. B. Santos, B. G. Santos Filho, A. S. Gomes, V. D. C. Melo y E. P. Zonta (1989)**. Comportamiento de genotipos de soja hasta el estado de plántulas, en diferentes niveles de humedad. En: Pascale, A. J. (ed.): Actas IV Conf. Mundial de Investigación en Soja, Buenos Aires, Argentina, ASA.
41. **Sasovsky, C. y C. Lezcano (2006)**. Efectos del estrés hídrico en la soja. Disponible en: <http://www.surconsult.com.py/ccu/2006/febrero2006/estres.htm>. Consultado [2-10-09]
42. **Sasovsky, C. (2002)**. Estrés hídrico en el cultivo de soja. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/lasbrenas/info/documentos/pv/soja1.htm> Consultado [20-10-09]
43. **Scheffé, H. (1953)**. A method for judging all contrasts in analysis of variance. *Biometrika*, 40, 87-104.
44. **Seiler, R. A.; Mónica Jebe; Marta Vinocur e I. Tarasconi (2008)**. Efectos del cambio climático y de la variabilidad climática sobre la producción agropecuaria: impactos y adaptación. XII Reunión Argentina de Agrometeorología, San Salvador de Jujuy – Argentina.
45. **Silva, S. J.; CH. Vicente; F. Abruna and J. A. Rodríguez (1972)**. Effect of season and plant spacing on yield of intensively managed-soybean under tropical conditions. *J. Agric. Univ. Puerto Rico*. 56: 365-369.
46. **Sylvester, I. (2000)**. La Soja. Disponible en: <http://www.monografias.com> [Consultado 18-01-10]
47. **Toledo, R. E. (2009)**. Cultivo de soja. Cereales y Oleaginosas, FCA-UNC, Argentina.

48. **Thomas, J.F. y C. D. J. Raper (1981)**. Day and night temperature influence on carpel initiation and growth in soybean. *Bot. Gaz.* (142): 183-184.
49. **Tuttolomondo, G.; Miriam Romagnoli; Irene Rosbaco; R. Martignone (2006)**. Respuesta de variedades de soja de los GM II al VIII en distintas fechas de siembra en el área de influencia de Zavalla. *Revista Agromensajes*. 8 (20): 45-47.
50. **Vázquez, Edith y S. Torres (1995)**. *Fisiología Vegetal*. Editora Pueblo y Educación: 451.
51. **Villarroel, D.A.; M. A. Oliveros; A. J. Millán (1996)**. Una alternativa a la floración prematura de la soya en el trópico. Disponible en: www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd54/soya.htm Consultado [18-01-10]

8. ANEXOS

Tabla 1. Expresión de las variables climáticas hasta los 60 días de sembrado el cultivo

Variables climáticas	Época de siembra					
	2005 (1)	2005 (2)	2006 (1)	2006 (2)	2007 (1)	2007 (2)
T mín (°C)	22.5	14	21.4	19	21.7	15.1
T med (°C)	27.1	21.6	26.55	23.25	26.1	21.1
T máx (°C)	31.7	29.2	31.7	27.5	30.5	27.1
Hr mín (%)	59	39	49	52	53	60
Hr med (%)	59	39	49	52	53	60
Hr máx (%)	98	98	98	97	98	99
Lluvia (mm)	600.1	31.7	292.35	73.9	526.4	146.6

Leyenda

T- Temperatura (°C); **Hr-** Humedad relativa (%); **máx-** máxima; **med-** media; **mín-** mínima;
LI- Lluvia (mm); **1; 2; 3; 4; 5; 6-** [época lluviosa 2005; época lluviosa 2006; época lluviosa 2007; época seca 2005; época seca 2006; época seca 2007 respectivamente]

Tabla 2. Expresión de las variables climáticas hasta el final del ciclo del cultivo

Variables climáticas	Época de siembra					
	2005 (1)	2005 (2)	2006 (1)	2006 (2)	2007 (1)	2007 (2)
T mín (°C)	34	27.5	32.2	28.3	33.7	30.1
T med (°C)	28.25	22.5	27.15	22.15	28.35	24.2
T máx (°C)	22.5	17.5	22.1	16	23	18.3
Hr mín (%)	97	98	98	99	96	98
Hr med (%)	75	64.5	76.5	70.5	73.5	74.5
Hr máx (%)	53	31	55	42	51	51
Lluvia (mm)	689.3	46.2	418.35	80.4	687.8	186.2

Leyenda

T- Temperatura (°C); **Hr-** Humedad relativa (%); **máx-** máxima; **med-** media; **mín-** mínima;
LI- Lluvia (mm); **1; 2; 3; 4; 5; 6-** [época lluviosa 2005; época lluviosa 2006; época lluviosa 2007; época seca 2005; época seca 2006; época seca 2007 respectivamente]

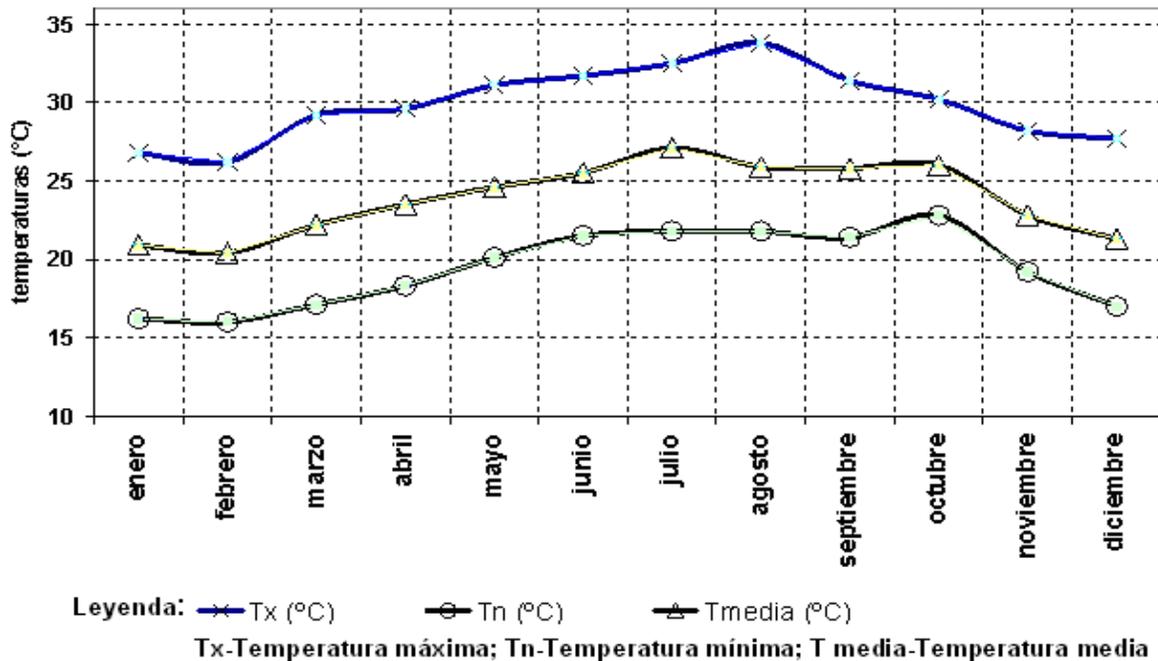


Figura 1. Vitrina del tiempo. Temperatura del aire. Estación agrometeorológica Yabú (78343)

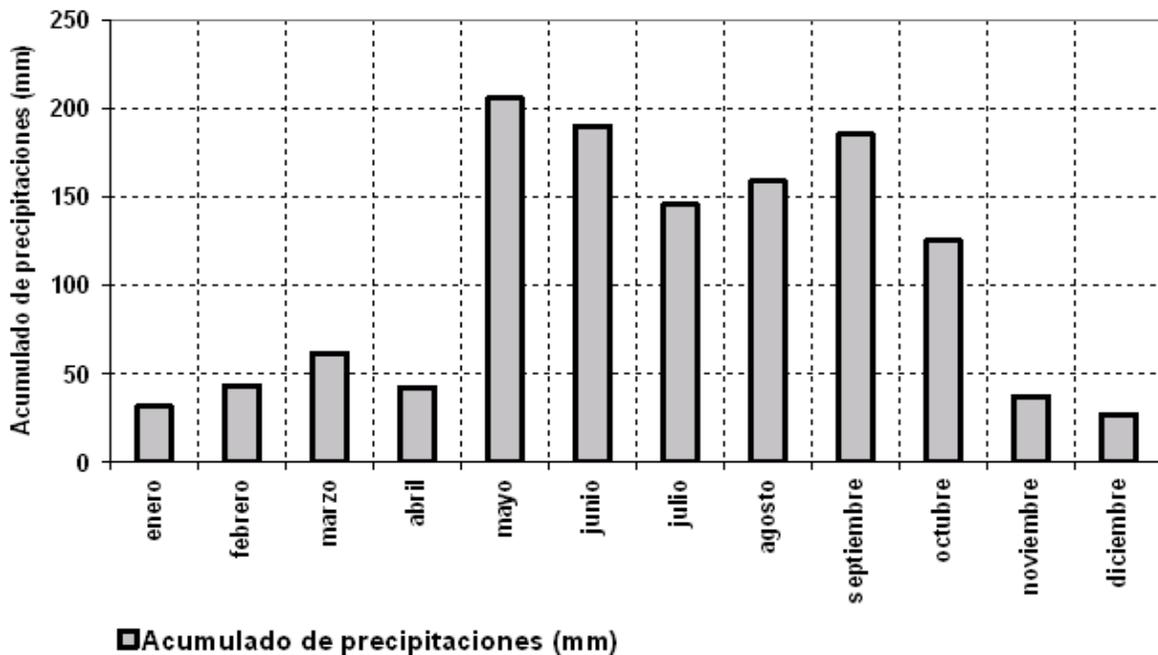


Figura 2. Vitrina del tiempo. Acumulado de precipitaciones. Valor medio. Estación agrometeorológica Yabú (78343)

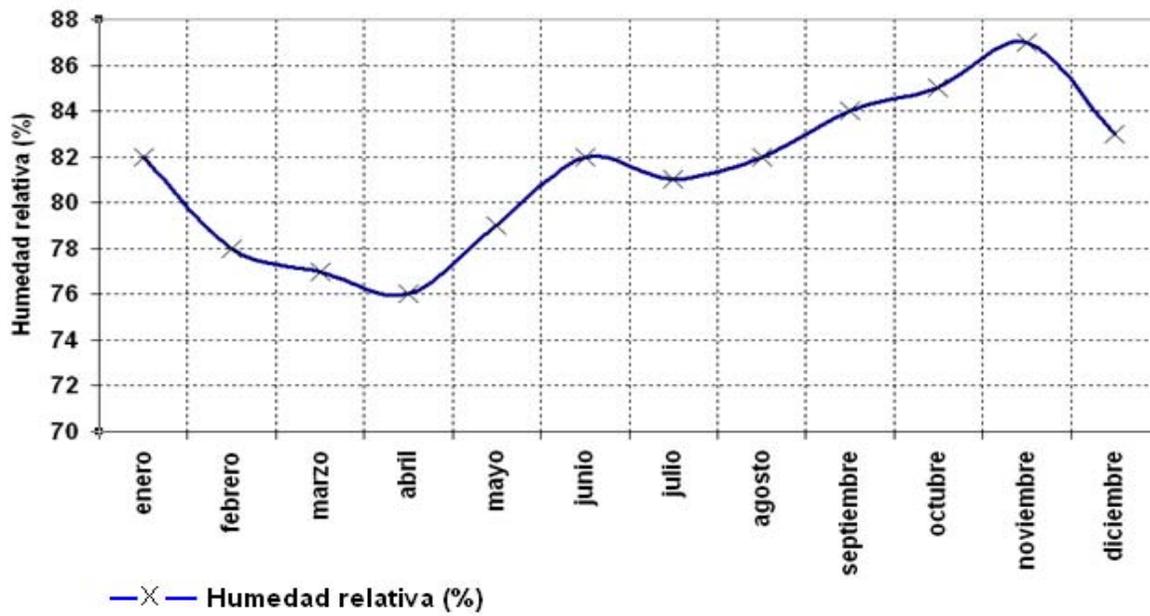


Figura 3. Vitrina del tiempo. Acumulado de humedades. Valor medio. Estación agrometeorológica Yabú (78343)

Opinión del tutor

El trabajo de diploma realizado por la estudiante de 5to año de Agronomía ***Kendra Fernández Figueredo***, se corresponde con los objetivos propuestos para la caracterización de la influencia de la variabilidad climática interanual sobre índices fisiológicos e indicadores agronómicos del cultivo de la soya en nuestras condiciones tecnológicas.

Se evalúa de excelente su dedicación al desarrollo de las tareas planteadas en el proyecto de tesis, así como en el plan de trabajo individual fijado por el tutor. Su grado de independencia y creatividad pudo observarse periódicamente a través de la revisión constante de los resultados parciales y del cumplimiento de las actividades previstas en cada etapa, donde puede hacerse mención a su participación en la Jornada Científico estudiantil celebrada en la Facultad en el presente curso, lo cual desde el punto de vista científico técnico le permitió precisar varios aspectos que le permitieron transitar hacia la ejecución eficiente de las tareas programadas.

Mantuvo un comportamiento acorde con la disciplina establecida en el reglamento docente del centro de educación superior donde cursa estudios y donde se encuentra la Estación experimental agrícola “Álvaro Barba Machado” donde realizó diferentes evaluaciones en el cultivo de la soya, desde el año 2005 que ha estado incorporada al grupo científico estudiantil de granos, trabajando con responsabilidad y sistematicidad.

Fue receptiva ante los señalamientos y demás orientaciones dadas por el tutor, cumpliendo con la calidad requerida en el trabajo de diploma.

Su condición de alumna ayudante que ostenta desde el 2do año de la carrera le ha permitido la adquisición de habilidades prácticas y analíticas para el montaje y evaluación de diferentes experimentos a nivel de campo. Consultó un número variado de fuentes de información científico técnica realizando una excelente utilización de la misma.

El tema que aborda resulta importante porque la variabilidad climática particularmente la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos, constituyen una dimensión relevante para la producción agropecuaria,

por lo que la evaluación de la respuesta fisiológica y agronómica del cultivo de la soya en diferentes ambientes, permite implementar una estrategia de selección de cultivares con altos rendimientos unitarios, en un amplio rango de condiciones.

Por lo anteriormente expuesto, estimo que el presente trabajo, reúne los requisitos para ser presentado, en opción al título de Ingeniera Agrónoma.

***Tutor: MsC. Ahmed Chacón Iznaga
Profesor Asistente
Departamento de Agronomía
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas***

Firma