

**UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN**  
**“OSCAR LUCERO MOYA”**

**FILIAL: URBANO NORIS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Procesos agroindustriales**



# **TRABAJO DE DIPLOMA**

**Título:** Evaluación del efecto del BIOBRAS-16 sobre la variedad de caña de azúcar C90-469, cepa frío en el rendimiento agroindustrial, en la UBPC “Misael Paneque”.

**Autor:** Eugenio Borrego Rodríguez.

**Tutora:** Ing. Katia Cobas Villa.

**Cotutor:** MSc Leonardo Batista Pupo.

**Cotutor:** Ing. Orlay Rodríguez Cabrera.

**2012**

**“Año 54 de la Revolución”**

## **DEDICATORIA**

A mi hija Lia, por ser mi inspiración en seguir adelante, a su hermana Kenia. A mis padres y a mi esposa Sandra.

A mis profesores y todas aquellas personas que de una forma o de otra colaboraron a mi formación y realización de este trabajo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por haberme guiado y brindado lo mejor de sí.

A mi esposa Sandra por su constante ayuda.

A la Revolución por permitirnos a todos por igual hacernos profesionales.

A los compañeros de la UEB por haber colaborado con mis estudios.

A todos los profesores que me impartieron clases brindando lo mejor de sus conocimientos en mi formación.

A todos aquellos, que hicieron posible la realización de este trabajo.

**Gracias.**

## RESUMEN

La investigación se realizó en la UBPC " Emisael Paneque", de la UEB López Peñas de la provincia Holguín en la etapa comprendida de febrero 2009 hasta enero 2010, con el objetivo de evaluar el efecto del BIOBRAS-16 con las dosis de 50 y 100 ml / ha en la variedad de caña de azúcar C 90-469 de frío. El producto se aplicó sobre el follaje con mochila Matabi a los seis meses de edad. Se utilizó un diseño experimental de bloque al azar con cuatro réplicas en cada uno de los 2 tratamientos. El mejor resultado se obtuvo con la dosis de 100 ml / ha superando al testigo en 18,0 t/ha y 1854,61 \$/ha de utilidades, debido fundamentalmente a un mayor incremento de la longitud de los tallos y de su peso. El BIOBRAS-16 tiene su mayor efecto hasta los tres meses de ser aplicado.

## **ABSTRACT**

This research was developed in the UBPC "Emisael Paneque" in the sugar cane company López Peña, in Holguín province, in the stage of February 2009 until January 2010 with the main objectives of evaluating the effect of the BIOBRAS-16 with the doses of 50-100 ml/ha in the sugar cane variety C90-469 ratoon to will stay. The product was applied on the foliage with knapsack Matabi, at the nine months of age. Was used the experimental design was already before at random a block with four replicates in each one treatment. The best result was obtained with the doses of 100 ml/ha, biggering the witness 18, 0 t/ha and 1854, 61\$/ha the profits. Due to the increase of the side of the stems long and its weight. The BIOBRAS-16 can be used until the first three months of been applied.

## **PENSAMIENTO**

En la caña, si fuera posible empezar a organizar de nuevo toda la producción azucarera, lo que haríamos en primer lugar es buscar las mejores tierras para esos cultivos; planear un tipo de agricultura diversificada, y calcular cuantos centrales hacían falta para producir determinadas cantidades de azúcar...

Fidel Castro Ruz.

Año 1960

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Reseña histórica del cultivo de la caña de azúcar.....	4
2.2. Identificación anatómica-morfológica de variedades.....	5
2.3. Características de la variedad C90-469. ....	5
2.4. Factores que influyen en la brotación de la caña de azúcar. ....	6
2.5. Factores que influyen en el crecimiento. ....	7
2.6. Características de los suelos oscuros plásticos. ....	8
2.7. Influencia de las edades de la caña en la madures. ....	8
2.8. Brasinoesteroides. ....	10
<b>III. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>31</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>41</b>
<b>VII. BLIOGRAFIA.....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>50</b>

## I. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum spp Híbrida*) siempre ha sido un eslabón fundamental para nuestra economía. Esta planta no es oriunda de Cuba, se introdujo en nuestra isla donde encontró un hábitat idóneo para su establecimiento y desarrollo. Astudillo, (1994). Es el principal cultivo de nuestro país, cubre aproximadamente el 40% del territorio nacional, se desarrolla en gran diversidad de suelos, condiciones climáticas y de relieve. Milanés, (1997).

Desde el triunfo de la revolución cubana muchos han sido los esfuerzos por lograr que la producción azucarera mantenga la posición del renglón más importante de las exportaciones del país; el azúcar es un producto importante en el comercio mundial, es un elemento esencial, y todos los países están vitalmente interesados en disponer de un suministro ininterrumpido de la misma (Discurso Clausura V Congreso del PCC, 1997).

La agroindustria azucarera cubana esta llamada a un profundo proceso de cambios, basadas en el redimensionamiento y perfeccionamiento de sus empresas. La realización de tan trascendentales cambios con profundas implicaciones económicas y sociales tiene que estar basadas necesariamente en procedimientos científicos técnicos que permitan reducir el margen de error en las decisiones. INICA, Marzo, (2002).

En Cuba, producto de la diversificación de la agroindustria azucarera queda actualmente el 55 % del área cañera que existían antes de producirse tan importantes cambios. Holguín como parte del potencial cañero del país posee actualmente de esta gramínea 67490, 72 ha, destinándose a la producción de azúcar aproximadamente el 90% del área total.

Históricamente se destinan a zafra una serie de cepas donde las cañas de frío juegan un rol fundamental por los altos rendimientos agrícolas que poseen, aumentar la edad de cosecha, mejorar la composición de cepas entre otras. Una de las variedades que se usa con este fin es la C90- 469, en la UEB López Peñas se utiliza como variedad de ciclo corto, debido a que se deterioran poco y los rendimientos industriales.



Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

Son significativos los pasos que se han dado para completar en la práctica los resultados investigativos obtenidos en el cultivo de la caña de azúcar con vista a buscar soluciones en las áreas que requieran, con el propósito de elevar los rendimientos agroindustriales.

Solucionar estas dificultades de inmediato es imposible, por lo que es necesario buscar alternativas que mejoren la producción cañera siendo una de ellas la relacionada con la aplicación de bioestimuladores del crecimiento, teniendo conocimiento que en otros cultivos se han obtenido resultados alentadores (Franco, 1994, Núñez et al, 1994, Núñez et al, 1995 y Rosales et al, 1995).

En los últimos años en el mundo y en particular en nuestro país se está trabajando e a aplicación de brasinoesteroides en cultivos de interés económico, a los cuales les han aportado buenos resultados.

El estimulador del crecimiento que propusimos fue el BIOBRAS-16 (análogo de brasinoesteroide sintetizado en la facultad de Química de la universidad de La Habana), el cual es anti-estrés para la agricultura, aumenta el rendimiento, favorece el desarrollo de las plantas e incrementa la resistencia de las plantas al efecto dañino de las plagas y enfermedades, utilizado en pequeñas cantidades por hectárea y no es producto tóxico (INICA 1998).

Partiendo de lo anterior con vista a buscar soluciones en las áreas que lo requieran, aplicando alternativas que mejoren las producciones cañeras con menos costos y manteniendo como premisa la mejora y conservación ambiental, nos proponemos:

**PROBLEMA CIENTÍFICO:**

¿Cómo incrementar el rendimiento agroindustrial del cultivo de la caña de azúcar *Saccharum spp* Híbrida en la variedad C90-469, cepa de frío, en la UBPC “Emisael Peneque” de la UEB López Peñas Holguín?

**HIPÓTESIS:**

Si se aplica el bioestimulador (BIOBRAS-16) se podrá incrementar el rendimiento agroindustrial del cultivo de la caña de azúcar *Saccharum spp* Híbrida de la variedad C90-469, cepa de frío, en la UBPC “Emisael Paneque” de la UEB López Peñas Holguín.

**OBJETIVO GENERAL:**

Incrementar el rendimiento agroindustrial del cultivo de la caña de azúcar *Saccharum spp* Híbrida de la variedad C90-469, cepa de frío, en la UBPC “Emisael Peneque” de la UEB López Peñas Holguín.

**OBJETIVO ESPECIFICO:**

Evaluar la dosis de mayor efecto en el rendimiento agrícola del cultivo de la caña de azúcar *Saccharum spp* Híbrida de la variedad C90-469, cepa de frío.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Reseña histórica del cultivo de la caña de azúcar.

El origen de la caña de azúcar aún en nuestros días es un tema polémico y controvertido, se acepta su origen Asiático, la zona específica del mismo no está claramente definida, autores como Humbert, (1970), aceptan a la India como centro de origen. Según investigadores existió en la que hoy es Nueva Guinea. Desde Europa la caña fue introducida en América por Cristóbal Colón, en su segundo viaje de descubrimiento (1493), y plantada por primera vez en la isla La Española, hoy Santo Domingo, y de este país Diego Velásquez la trajo a Cuba durante los primeros años de su gobierno. Su introducción en Cuba se realizó en 1516 por Puerto de Guincho en la actual provincia de Camaguey, sin embargo la industria del azúcar de caña no se estableció hasta pasados varios años en fecha también difusa, pero que señala en marzo de 1576 en los márgenes del río Chorrera, Anónima, (1954). El 3 de marzo de 1576 fue publicada en España una real cédula que concedía licencia para la fundación de un ingenio para fabricar azúcar de caña, a favor de Jorge Díaz a quien se le otorgaron tierras para estos fines en el lugar anteriormente citado por Martín et al, (1987).

Por otro lado Orias (1997), plantea que en general se acepta su origen asiático y tomando como base los descubrimientos y tesis de I. Vavilov sobre Los centros de origen y dispersión de las especies, se puede admitir que la caña de azúcar *Saccharum spp* Híbrida, es probablemente el producto de una larga evolución a partir de especies silvestres como *Saccharum Spontaneum* (aunque otras teorías admiten la *Saccharum Robustum* como la especie botánica de arranque), ocurrida en Nueva Guinea, puesto que las expediciones dirigidas por Brandes a esta isla y a Papua se recolectaron la mayor cantidad de especie y formas de la *Saccharum spp* Híbrida, se dispersaron por toda la Polinesia y el Sudeste de Asia, apareciendo la *Saccharum sinensis* y *Saccharum barberi* al sur de China y al norte de la India respectivamente. Al final del siglo XIV solamente unos pocos clones de *Saccharum spp* Híbrida habían sido utilizados para establecer la mayor parte de la industria del azúcar de caña en el mundo, situación que se mantuvo hasta prácticamente los

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

primeros años del presente siglo, en que primeramente el descubrimiento de los híbridos naturales resistentes y luego la hibridación controlada propició el tránsito hacia nuevas variedades que rápidamente reemplazaron a la *Saccharum Officinarum* y que aún son importantes progenitores de cultivares modernos.

## **2.2. Identificación anatómica-morfológica de variedades.**

Es una planta espontánea y perenne, se cultiva como planta poli anual y casi nunca como anual, por períodos que varían de acuerdo a las zonas, variedades y las técnicas de cultivos empleadas., En Cuba en este período es generalmente de 7 años con 5 cosechas. Es una planta vivaz, con tallos aéreos muy fibrosos, de color variado, que pueden alcanzar de 2-5 m de altura, en dependencia de la variedad, condiciones edafo-climáticas, etc., divididos en nudos y entrenudos más o menos largos, los cuales contienen en su interior un tejido esponjoso rico en jugos azucareros. Al observar una planta podemos estudiar cada uno de sus órganos siendo estos: raíz, hojas e inflorescencias lo que explicamos brevemente a continuación según Martín et al, (1987).

## **2.3. Características de la variedad C90-469.**

**Tallo:** Color morado amarillento con visos verdosos.

**Entrenudos:** De forma recta y en ocasiones ligeramente zigzagueante, con 13,6 cm de longitud, 325 cm de altura y 2,6 cm de diámetro.

**Yema:** Obovada y en ocasiones redondas.

**Follaje:** Limbo de color verde normal, longitud de 161 cm, ancho 5,8 cm. Dewlap triangular y, en ocasiones, dentoides, lígula asimétrica horizontal, vaina de color verde de 34,5 cm de longitud y 10,1 de ancho y pocas espinas.

### **2.3.1. Comportamiento productivo.**

Variedad que posee buena brotación, hábito de crecimiento erecto, cierre temprano del campo, despaje regular, escasa floración(5 %), regular retoñamiento, con una población de 14 tallos por metro lineal , 13,5% de fibra en sus tallos.Presenta

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

elevado rendimiento agrícola y buen contenido azucarero. Variedad que muestra tolerancia al mal drenaje. Apta para la mecanización.

Se recomienda plantar en suelos fersialíticos pardo rojizo, oscuro plástico y vertisols).

### **2.3.2 Ciclo de plantación y cosecha.**

Plantación	Cosecha	Edad (meses)
mayo - junio	diciembre-enero	18-20
julio -septiembre	febrero-marzo	16-18

### **2.4. Factores que influyen en la brotación de la caña de azúcar.**

**Temperatura:** La temperatura es un factor determinante en la brotación. Cuando la temperatura del suelo se encuentra por debajo de 20 °C afecta la brotación de las yemas, de igual forma si este mantiene prolongadas temperaturas superiores a 40°C; siendo la temperatura óptima en Cuba de 30 a 32°C, aunque es mayor en otros países.

**Agua:** La humedad del suelo es el factor de mayor importancia para la brotación en las condiciones de nuestro país y especialmente si las estacas no han sido remojadas previamente.

Los distintos elementos químicos esenciales para el desarrollo normal, los compuestos necesarios para la transferencia y almacenamiento de energía, así como también los compuestos estructurales, necesitan agua como medio de transporte y reacción bioquímica ya que al disolverse en ella son transformados, distribuidos y metabolizados.

Para la brotación es necesario un medio adecuadamente húmedo alrededor de la estaca. La humedad, en interrelación con la temperatura, propicia el estímulo necesario que es transmitido a través de las auxinas y facilita el comienzo de los procesos que dan lugar a la brotación.

Existe una estrecha relación entre el contenido de agua de la planta de caña y su crecimiento, ya que el crecimiento es un proceso de elongación celular asociado con la absorción de agua.

El tallo de caña crece uniformemente cuando la humedad del suelo se encuentre entre el punto de marchitez y la capacidad de campo. Cuando la humedad está en el punto de marchitez, cesa el crecimiento, pues no existe un porcentaje de humedad en el suelo que sea óptimo.

A medida que aumenta el área foliar se requiere mayor cantidad de agua. Cuando se produce un estrés de sequía, entonces la reacción homeostática de la caña es reducir el área foliar, esto lo logra primero reduciendo el número de hojas verdes del cogollo y segundo, reduciendo las magnitudes de las hojas en desarrollo. El crecimiento se retarda a medida que la humedad del aire disminuye.

**Suelo:** La aeración del suelo es determinante del tape y consecuentemente de una brotación exitosa, ya que durante la brotación hay un considerable aumento en la respiración. Existe una interrelación notable entre la humedad y la aireación del suelo, que adquiere máxima importancia en los suelos pesados donde la humedad abundante hace deficiente la aireación, es decir, que el tipo de suelo está íntimamente interrelacionado con la aireación.

**Luz:** Debemos tener presente que el fenómeno fisiológico de la brotación de las yemas de la estaca plantada tiene lugar de modo totalmente indiferente a la luz, la cual puede estar presente o ausente, ya que puede suceder a pleno sol como en la oscuridad.

## **2.5. Factores que influyen en el crecimiento.**

**Clima:** En nuestro clima tropical insular las cañas de órdenes subsiguientes (más jóvenes) adquieren cada vez más desarrollo, logran canutos más gruesos y más largos, hasta el último término del polinomio en que se presenta los potentes criollos, denominados así por Álvaro Reynoso.

**Luz:** La planta de caña de azúcar necesita de la plena exposición a la luz solar para alcanzar un crecimiento óptimo. La luz es un factor determinante del ahijamiento, podemos señalar que la caña responde a diferencias de intensidades de luz tan pequeñas que no son registradas por los aparatos corrientes de observaciones solares.

Además de la duración de la luz, la duración del día desempeña un papel importante. La planta que crece a pleno sol, produce más materia seca y tienen menor porcentaje de humedad que otra con luz disminuida.

## **2.6. Características de los suelos oscuros plásticos.**

El perfil morfológico de los suelos negros es los más característicos de los suelos oscuros plásticos. El horizonte A hasta una profundidad entre los 20 a 25 cm, es de color negro, de estructura avellanada y de terrones grandes que al disecarse puede fraccionarse en granos compactos. Las particularidades de este son de alta densidad, la compactación, la coloración negra o parda oscura.

Los suelos negros plásticos montmorilloníticos son de composición mecánica arcillosa (con un contenido mayor de 85% de partículas menores de 0.02 mm); en el estado seco son muy duros y en el húmedo son pegajosos y plásticos. Al secarse el suelo, se cubre con una amplia red de grietas las cuales alcanzan un ancho entre 5 y 10 cm y una profundidad de 50 cm. El agrietamiento se manifiesta negativamente en el régimen de humedad del suelo, estos son muy fértiles, ocupan en la unidad productora más del 40 %.

## **2.7. Influencia de las edades de la caña en la madures.**

Las edades no solamente influyen en la producción de caña, sino en el grado de madures de ésta en la distintas etapas de zafra. En diversos estudios experimentales, se ha demostrado que en la primera etapa de zafra (hasta enero 15), las cepas con más edad (hasta 20 meses), de una misma variedad, alcanzan mayores contenidos de sacarosa.

El análisis de estos estudios han evidenciado, para todas las variedades estudiadas, los siguientes principios:

- En diciembre y enero, la mayor madures se corresponde con la mayor edad, hasta 20 meses.

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

- En febrero, no hay relación de la madurez con la edad, en las cañas con edades entre 12 y 20 meses.
- En marzo y abril, se produce un deterioro de las cañas a partir de una edad superior a 15 meses, por lo que es conveniente cortar cañas con edades inferiores a ésta.

Tal estructura de área para la zafra y de cañas de ciclo largo, asegura una edad promedio de 14 a 15 meses, que es la más conveniente para nuestras condiciones climáticas.

Las UEB maniobrarán con estos porcentajes de caña de ciclo largo, determinando si deben dar más peso a las cañas de frío que las cañas quedadas, o viceversa.

Cuando no se deja quedar la caña se suceden las siguientes consecuencias:

- Las plantaciones de frío se cosechan con 45 días menos y se produce una disminución de 7 a 10 t de caña / ha por cada mes que se adelante el corte.
- Los retoños se cosechan con un promedio de 45 días menos, y se producen disminuciones de 5 a 6 t de caña / ha cada mes que se adelante el corte.
- Las primaveras se cosechan con 10 y 11 meses con afectaciones en la industria, en la producción, en los costos, etc.
- Se producen como consecuencia de lo anterior, desfases de 20 a 30 %, y las edades no sobrepasan de 12,5 a 13 meses durante la zafra.
- Se producen afectaciones, en los rendimientos industriales, del orden de un entero.
- Se encárese notablemente el costo de las labores de cultivo.

Cuando se deja quedar la caña se suceden los siguientes beneficios.

- Las cañas de frío se cortan entre 16 y 18 meses.
- Los retoños se cosechan entre 12 y 14 meses.
- Las primaveras, de enero a marzo se cortan entre 12 y 15 meses
- Como consecuencia de lo anterior, no se produce desfases, y las edades alcanzan promedios superiores a 14 meses.
- Se incrementan los rendimientos industriales en el orden de un entero.



- Se incrementa de modo notable la producción, y se reducen significativamente los costos de las labores culturales.

El modo más barato que existe en Cuba para aumentar la producción, es dejar crecer las plantaciones de primavera que tengan 11 meses en abril, y cosecharlas con 18 ó 19 meses en diciembre o en la primera quincena de enero próximo. Prácticamente su rendimiento se incrementa a un ritmo de 8 a 9 t de caña / ha cada mes, sin que nos cueste un centavo. Si pensamos como verdaderos empresarios, no debemos renunciar a este incremento a tan bajo costo.

## **2.8. Brasinoesteroides.**

El término hormona según Takatsuto (1984) se usa para designar moléculas cuyo modo de acción es el de regular importantes reacciones metabólicas. Estas moléculas se forman en las reacciones metabólicas del vegetal y no cumplen un papel nutritivo.

Algunos autores prefieren llamarlas sustancias de crecimiento vegetal en lugar de hormonas vegetales, puesto que este término incluye compuestos naturales y sintéticos que modifican el crecimiento y desarrollo.

Generalmente las sustancias de crecimiento natural y sintéticas pueden ser clasificadas en tres grupos principales, hormonas promotora del crecimiento conocidas como las auxinas, las giberilinas y las sitoquininas, supuestas hormonas promotoras del crecimiento como el floríngenos, la ontesina y el ácido traumático, cuyas estructuras aún no son conocidas hormonas inhibidoras del crecimiento como el ácido abscísico, el etileno, los compuestos fenólicos y otros.

Auxina, es un término genérico que designa a los compuestos caracterizados por su capacidad para inducir el alargamiento de las células del brote, por su actividad fisiológica, las auxinas se parecen al ácido-indol-3-acéticos.

El ácido indolacético es una sustancia que induce el alargamiento y por ser la primera en ser descubierta en la planta con estas características tradicionalmente se le llama auxina Takatsuto (1984).

La Giberelina, produce algunos efectos similares a los del ácido indolacéticos y otros específicos. Los principales efectos inducidos por la giberelina son, el

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

crecimiento de las plantas, especialmente de las enanas, el espigamiento y la floración, la partenocarpia, la germinación y el control de la senescencia.

Interacción de la auxina y la giberelina La giberelina actúa de forma independiente al ácido indolacético en varios procesos, tales como la movilización de los glúcidos de reserva en la semilla, el espigamiento y la floración.

Además las giberelinas actúan de forma sinérgicas con las auxinas en la inducción del alargamiento celular.

La Citoquinina, forma un grupo de hormonas naturales cuya acción característica es la estimulación de la división celular.

Son compuestos derivados de la adenina, algunos de los cuales se han encontrado en los tejidos de muchas especies vegetales como hormonas naturales (tales como la cinetina y la zeatina) y otros son moléculas sintéticas (tales como la bencilaminopurina).

Entre los efectos de la cinetina induce en la planta. La división celular, el alargamiento celular, la iniciación del crecimiento de las raíces y los brotes foliares, la eliminación del reposo de las yemas laterales, la germinación de las semillas fotosensibles, el control de la senescencia y la regulación de la oxidasa del ácido indolacético (Takatsuto 1984).

El Etileno, es una hormona que interviene en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Esta hormona es un gas, con estructura molecular muy sencilla, similar a las demás hormonas por el hecho de que en pequeñas cantidades puede causar intensos cambios en la actividad fisiológica de las plantas.

Los efectos ocasionados por el etileno son. El geotropismo, la dominancia apical, la abscisión, la regulación de la cantidad de alfa amilasa, la regulación del letargo de algunas semillas y maduración de los frutos.

Abscisina II. Se denomina comúnmente ABA (ácido abscísico) contrarresta la acción de las auxinas, la giberelinas y las citoquininas y viceversa. Sus efectos fisiológicos son: acelera la abscisión y la senescencia de un gran número de plantas, inhibe el crecimiento, la germinación de las semillas fotosensibles, contrarresta la síntesis de alfa amilasa inducida por giberelina en las capas de

aleuronas e inhibe la inducción de la floración en algunas plantas e induce el reposo o letargo de las yemas.

Aunque el ácido abscísico está relacionado con la abscisión de los frutos y el letargo seminal de las yemas, su papel principal en la planta está basado en el efecto inhibitor del crecimiento (Takatsuto 1984).

### **2.8.1. Aspectos que caracterizan las hormonas vegetales.**

Según Núñez (1999) la familia de hormonas vegetales conocidas se caracteriza por los siguientes aspectos:

- Están ampliamente distribuidas en el reino vegetal.
- Tienen múltiples efectos.
- Unos pueden modular los efectos de otros.
- Se mueven a través de las plantas de forma libre y conjugada.
- Interactúan con señales ambientales tales como la luz, la disponibilidad de agua, la gravedad y la temperatura.

Además, las señales hormonales aceleran la síntesis de proteínas y resulta de gran interés la búsqueda de receptores hormonales, su distribución y la transmisión y ampliación de las señales.

Utilizando otros criterios, cabe preguntar entonces si los brasinoesteroides se comportan o no como hormonas vegetales ¿Pueden ser considerados como tales? Para responder esta interrogante Sasse (1997) hizo un análisis detallado de ellos y llegó a la conclusión de que existían evidencias consistentes para considerar a los brasinoesteroides como a una nueva familia de hormonas vegetales endógenas.

### **2.8.2. Características Estructurales.**

Desde el punto de vista químico, todos los brasinoesteroides naturales conocidos son compuesto esteroidales de alta polaridad. Estos son considerados derivados del 5 $\alpha$  colestano y sus variaciones estructurales son debidas al tipo y la posición de los sustituyentes en el esqueleto carbonado.

Estudios realizados, confirman que las variaciones estructurales presentes en los brasinoesteroides naturales, son producidas por reacciones de oxidación y reducción, durante la biosíntesis (Yokota, 1997).

### **2.8.3. Distribución en el reino vegetal.**

La castasterona, seguida de la brasinólida, son los brasinoesteroides más abundantes en las plantas que se han investigado hasta el momento. Desde el descubrimiento de la brasinólida y la castasterona, se han intensificado y extendido los estudios sobre el aislamiento de nuevos brasinoesteroides de fuentes vegetales y fundamentalmente, los científicos japoneses han estudiado la distribución de estos compuestos en el reino vegetal.

Las evidencias sugieren que estos compuestos, al igual que las giberelinas y las auxinas, están ampliamente distribuidos en el reino vegetal, tanto en plantas superiores como inferiores.

Takatsuto (1994) informó que los brasinoesteroides están presentes en 22 familias y 39 géneros. Además, Fujioka et al. (1996) demostraron la presencia de castasterona, 6-desoxocastasterona, tifasterol, y 6-desoxotifasterol, en los tallos de *Arabidopsis thaliana*, así como Schmidt, Altmann y Adam (1997) aislaron e identificaron la 24-epibrasinólida y la castasterona, de extractos de semillas de esta misma especie. Por otra parte, Yokota, Nomura y Nakayama (1997) identificaron la castasterona, la 6-desoxocastasterona y la 28-norcastasterona, en tallos de tomate.

Recientemente, Fujioka y Sakurai (1997) plantearon que los brasinoesteroides se han encontrado en 32 angiospermas, incluyendo 9 monocotiledóneas y 23 dicotiledóneas, cuatro gimnospermas, un alga y una pteridofita. Todos estos resultados sugieren que estos compuestos están ampliamente distribuidos en el reino vegetal, al igual que las otras hormonas vegetales conocidas que ejercen algunas funciones fisiológicas en el crecimiento y el desarrollo.

En cuanto a la distribución de los brasinoesteroides en la planta, Adam y Marquardt (1986) destacaron que el polen es la fuente más rica de estos compuestos, con cantidades que oscilan entre 10-100 mg/kg; las semillas inmaduras también tienen

altos contenidos (1-100 mg/kg), mientras que las hojas y los tallos poseen niveles inferiores (10-100 ng/kg). Por otra parte, Yolota, Nomura y Nakayama (1997), detectaron la presencia de sustancias bioactivas similares a los brasinoesteroides tipo cetonas (tipo castasterona) en tubérculos de papa (*Solanum tuberosum*), en raíces de zanahoria (*Daucus carota*) y en raíces tuberosas de boniato (*Ipomoea batatas*). Otro tejido interesante es la agalla provocada por insectos. Las agallas de *Castanea crenata* y *Distylium racemosum* tienen niveles superiores de brasinoesteroides que los tejidos normales (Arima, (Yokota y Takahashi, 1984) Ikekawa et al., 1991). También, las células de crown gall (agallas de corona o cáncer vegetal) tipo nopalina en *Catharanthus roseus* tienen contenidos superiores de brasinólida y castasterona (30-40 mg/kg) que las células normales (Park et al., Citados por (Takatsuto, 1984).

También es conocido que en tejidos vegetales, los jóvenes en crecimiento poseen contenidos superiores de brasinoesteroides que los viejos.

#### **2.8.4. Actividad biológica y modo de acción.**

El primer bioensayo usado para detectar y aislar la brasinólida (BL) y los brasinoesteroides del polen, y más tarde para determinar la relación estructura-actividad de los brasinoesteroides sintéticos y sus análogos, fue el del segundo entrenudo del frijol. Aunque en este bioensayo las giberelinas causan sólo alargamiento del entrenudo tratado y de los superiores, los brasinoesteroides provocan tanto el alargamiento como la división celular, lo que resulta en una elongación, engrosamiento, curvatura y desdoblamiento del segundo entrenudo Mandava, 1988, citado por (Marquardt y Adam, 1991).

En general, los brasinoesteroides han sido probados para evaluar su actividad promotora del crecimiento vegetal, en más de 20 bioensayos típicos para la actividad de auxinas, giberelinas y citoquininas.

En varios sistemas, los brasinoesteroides interactúan fuertemente de forma sinérgica con las auxinas. Por otra parte, las respuestas de los brasinoesteroides y las giberelinas parecen ser ambas independientes y aditivas. En sistemas diseñados como característicos para citoquininas, los brasinoesteroides actúan de

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

varias formas (Marquardt y Adam, 1991). De acuerdo con esto, los brasinoesteroides pueden funcionar como auxinas en un momento y como giberelinas o citoquininas en otro.

De forma general, los brasinoesteroides Mandava, 1988, citado por Marquardt y Adam, (1991). Producen actividad a concentraciones mucho más bajas (nM a pM) que las efectivas para giberelinas (usualmente un rango de mM).

Interacción con otras hormonas vegetales Se ha demostrado que, a pesar de las fuertes interacciones de los brasinoesteroides con las auxinas, estos compuestos no afectan ni el metabolismo ni el transporte del AIA en la sección del primer entrenudo de *Phaseolus vulgaris* (Sakurai y Fujioka, 1993).

Por otra parte, se ha demostrado que los brasinoesteroides estimulan la producción de etileno inducida por auxinas. En este sentido, Arteca et al. 1988, citado por (Marquardt y Adam, 1991). ensayaron un análogo de la brasinólida junto con varias auxinas en sus efectos sobre la producción de etileno en segmentos etiolados de hipocotilo de frijol mungo (*Vigna radiata* (L.) Rwilcz cv. Berken) y encontraron que la BL actúa de forma sinérgica con las auxinas activas ensayadas (AIA, ANA, 2,4-D, AIB, entre otras) pero no con los índoles inactivos (indolaldehído, ácido indol-3-carbónico y triptófano). Se constató, además, que este efecto era el resultado de la promoción de la síntesis de novo de la enzima ACC cintaza, en una forma similar a la causada por el AIA.

En cuanto a la interacción de los brasinoesteroides con otras hormonas vegetales se puede plantear que Xu, Guo y Zhao (1990) encontraron incrementos en los niveles endógenos de GA3 y de ácido abscísico (ABA) en hipocotilos de pepino tratados con epibrasinólida. Después de 24 horas de tratamiento la proporción de GA3/ABA en hipocotilos tratados fue dos veces superior a la del control. Estos autores demostraron también que los efectos de la epibrasinólida y del GA3 fueron aditivos estimulando la elongación del hipocotilo y la hidrólisis del almidón.

Más recientemente, Gaudinová et al. (1995) estudiaron los efectos de dos brasinoesteroides en el crecimiento y contenido de auxinas y citoquininas de callos de tabaco y encontraron que los dos brasinoesteroides ensayados (24-epibrasinólida, 24-epiBL y 2a, 3a, 17β-trihidroxi-5a-androstan-6-ona, THA-BL)

tuvieron efectos diferentes en la formación de la biomasa y estos efectos estuvieron inversamente relacionados con el contenido de citoquininas endógenas, especialmente isopentenil adenina (iP) y trans-zeatina. Así, cuando Suministraron al medio de cultivo 24-3piBL en concentraciones que oscilaron entre  $8 \times 10^{-9}$  y  $5 \times 10^{-6}$  M detectaron un decremento de la masa fresca de los callos y un incremento de la concentración de iP y de trans-zeatina, mientras que el otro análogo sintético estimuló el crecimiento de los callos y disminuyó la concentración de las citoquininas antes mencionadas.

#### **2.8.5. Respuestas fisiológicas a los brasinoesteroides.**

Dos conceptos importantes, quedaron explícitos desde el comienzo de las investigaciones sobre los efectos fisiológicos de estos potentes reguladores del crecimiento vegetal: primero, que los brasinoesteroides pueden acelerar el crecimiento y la maduración de las plantas (lo que puede o no guiar a incrementos absolutos del crecimiento con el tiempo) y segundo, que los efectos inducidos por los brasinoesteroides no pueden ser considerados en forma aislada, ya que estos compuestos interactúan con otros reguladores del crecimiento vegetal endógenos y con señales ambientales, particularmente con la calidad de la luz. (Sasse, 1997)

Los brasinoesteroides también pueden afectar el desarrollo de insectos y hongos (Adam y Etzol, 1994; Chory et al., 1996 y Sasse, 1997). Los sitios de síntesis de estos compuestos en las plantas no se han dilucidado aún; puede ser que todos los tejidos los produzcan ya que los genes de transducción de señales y de la biosíntesis de los brasinoesteroides, están expresados en una gama amplia de órganos vegetales (Li y Chory, 1997), y se pueden asumir efectos a corta distancia, como se ha visto en el polen, las semillas y los cultivos de células.

#### **2.8.6. Efectos fisiológicos sobre el crecimiento vegetal.**

Los efectos promotores de los brasinoesteroides sobre la elongación del tejido vegetativo, han sido observados en muchas especies, pero solamente en pocas se han estudiado en detalle. Es interesante destacar que aunque tanto las auxinas como los brasinoesteroides promuevan la elongación, sus cinéticas son muy

diferentes, ya que generalmente las auxinas muestran un lapso de tiempo muy corto (10 a 15 min) entre la aplicación y el comienzo de la elongación. Sin embargo, los brasinoesteroides tienen un lapso de al menos 45 minutos, con velocidades de elongación que continúan creciendo por varias horas (Clouse et al. 1992. Zurek et al. 1994).

No obstante lo anterior, debe acentuarse que la inhibición de las raíces puede ocurrir en cortes y posturas, cuando los brasinoesteroides se aplican directamente y continuamente al extremo del corte o a las raíces, respectivamente Roddick y Guan, 1991, citado por (Zurek et al. 1994).

#### **2.8.7. Otros efectos fisiológicos.**

Además de los efectos en el crecimiento vegetal, se han informado otros efectos de los brasinoesteroides, tales como la influencia en el gravitropismo Meudt, 1987, citado por (Zurek et al. 1994), en el retraso de la abscisión de hojas de Citrus y explantes de frutos (Iwahori, Tominaga e Higuchi, 1990) y en la regulación de la diferenciación de elementos traquearios en células aisladas del mesófilo de *Zinnia elegans* (Iwasaki y Shibaoka, 1990).

En cuanto a la biología reproductiva, se puede señalar que el polen es una fuente rica de brasinoesteroides endógenos y los estudios *in vitro* han sugerido que la elongación del tubo polínico puede depender en parte de estos compuestos (Hewitt et al. 1985). La esterilidad masculina de algunos mutantes BR-insensibles apoya este planteamiento (Clouse, Langford y Mc Morris, 1996; Kauschmann et al. 1996 y Li y Chory, 1997), pero la no suficiente elongación del filamento de forma tal que el polen, aunque viable, no pueda alcanzar el estigma, se señaló como un mecanismo alternativo de esterilidad masculina para el mutante *dwf4*, BR-deficiente (Choe y Feldmann, comunicación personal: citados por Clouse y Sasse, 1998).

En relación con el efecto general de los brasinoesteroides en la diferenciación del sexo en las plantas, Suge (1986) encontró que la aplicación directa de brasinólida a la inflorescencia estaminada de *Luffa cilíndrica*, indujo flores bisexuales y pistiladas.



Otro efecto de los brasinoesteroides es su influencia en la senescencia en algunos sistemas. Así, Ding y Zhao (1995) y He, Hao y Zhao (1996) encontraron que la 24-epibrasinólida, a diferencia de las citoquininas, aceleró la senescencia del tejido cotiledonar y foliar. Ellos observaron un incremento marcado en el nivel del malondialdehído y actividades alteradas de las enzimas peroxidasa, superóxido dismutasa y catalasa, sugiriendo que los brasinoesteroides pueden regular estos efectos vía “oxígeno activado”. La senescencia retardada en mutantes de brasinoesteroides de *Arabidopsis*, tendía a apoyar el papel de los brasinoesteroides en acelerar la senescencia en plantas normales (Szekeres et al. 1996 y Li et al. 1997). Sin embargo, el trabajo relacionado con la peroxidación lipídica sugiere que la 24-epibrasinólida inhibe la degradación oxidativa, disminuye los niveles de malondialdehído (Erslova y Khrioach, 1996) y actúa como protector de membrana, de esta forma retrasando la senescencia.

Su papel como hormonas vegetales endógenas Las hormonas vegetales, según la definición de Davies 1987 citado por Sasse (1997), son “compuestos naturales en las plantas con la capacidad de influir en los procesos fisiológicos a concentraciones por debajo de las que los nutrientes o las vitaminas influirían en estos”.

Existen muchos compuestos naturales que tienen efectos regulatorios del crecimiento en las plantas completas, o en bioensayos y los brasinoesteroides son realmente potentes, pero ¿deben ellos ser considerados como hormonas vegetales?

Además, las señales hormonales aceleran la síntesis de proteínas particulares. Resulta de gran interés la búsqueda de receptores hormonales, su distribución y la transmisión y amplificación de la señal. Utilizando estos criterios, cabe preguntar entonces si los brasinoesteroides se comportan o no como hormonas vegetales.

Para responder a esta interrogante, Sasse (1997) hizo un análisis detallado de los mismos y llegó a la conclusión que existían evidencias consistentes para considerar a los brasinoesteroides, como una nueva familia de hormonas vegetales endógenas. Sin embargo, existen aún aspectos de la fisiología y bioquímica de estos compuestos que necesitan estudiarse y algunas interrogantes como son, por

ejemplo, ¿cuáles son los efectos en la anatomía y los parámetros físicos del crecimiento?, ¿Cuáles son los niveles endógenos en los tejidos vegetativos en crecimiento?, ¿Modulan los brasinoesteroides la respuesta de los fitocromos?, ¿Cuál es su papel en el polen?, etc.

Independientemente de lo anterior, las evidencias reafirman su consideración y sugieren que los brasinoesteroides tienen un papel independiente en las primeras etapas del crecimiento vegetativo.

#### **2.8.8. Efectos sobre el metabolismo de las plantas.**

La división y el alargamiento celular en un tejido en crecimiento, requieren de la síntesis de ácido nucleicos de proteínas. Las hormonas vegetales tales como las auxinas, giberelinas y citoquininas regulan el metabolismo de los ácidos nucleicos en las plantas (Key, 1969).

Estos autores también informaron de la influencia de la epibrasinólida en la dinámica de la peroxidación lipídica de las membranas, usando la acumulación de malondialdehído como el producto final de este proceso en las plantas.

Teniendo en cuenta que la composición de las membranas es un factor importante que afecta el comportamiento de las plantas en condiciones de estrés, es interesante aclarar la posible relación existente entre la mayor tolerancia de las plantas al estrés, estimulada por los brasinoesteroides y las modificaciones en la composición química de las membranas. Así, se demostró que la inhibición de la peroxidación lipídica estimulada por la epibrasinólida, contribuye a un mejor mantenimiento y estabilidad de las biomembranas y esta es probablemente una de las formas en la que la resistencia al estrés de las plantas puede ser mejorada por los brasinoesteroides.

#### **2.8.9. Efectos sobre el estrés.**

En cuanto a la protección de los brasinoesteroides ante el estrés salino, Kulaeva et al. (1991) informaron que el pretratamiento con brasinólida, protegió la ultraestructura del núcleo y el cloroplasto, en segmentos de hojas de cebada expuestas a NaCl 500 mM. También, Sasse, et al, (1997) demostraron que la

germinación de semillas de *Eucalyptus calmodulensis* fue estimulada en la presencia de 24-epiBL. Sin embargo, en posturas crecidas en sal en condiciones de hidroponía, se observó más daño cuando la 24-epiBL era suministrada a las raíces. En este mismo sentido, Vardhini y Rao (1997) demostraron que la aplicación de brasinólida, 24-epibrasinólida y 28-homobrasinólida, contrarrestaron los efectos inhibitorios en el crecimiento provocados por la salinidad en posturas de maní cv. ICGS 44.

Por otra parte, Hathouta (1996) demostró que la aspersión de plantas de trigo salinizadas con 0.05 ppm de brasinólida, puede contrarrestar los efectos tóxicos de la salinidad, mediante el incremento de los niveles de AIA y la disminución de los niveles de ABA. Estos niveles más altos de AIA, son los responsables de un mayor ahijamiento, conjuntamente con incrementos en la acumulación de metabolitos que contrarrestan los efectos de la salinidad por sí sola y se traducen en un mayor crecimiento y rendimiento.

Es bueno destacar, además, que se ha informado por varios autores, el efecto de la epibrasinólida en la acumulación de metales pesados por diferentes plantas, tales como cebada, tomate, rábano y remolacha Voronina et al. 1997 y Mineev et al. 1996; citado por Khripach, Zhabinskii y de Groot, 1999). Ellos encontraron que la aplicación de la epiBL en dosis apropiadas en una cierta etapa del desarrollo, reduce significativamente la absorción de metales. Los resultados obtenidos en plantas de cebada cv. Zazersky asperjadas con dosis de 10 mg/ha de epiBL en la etapa de booting, demostraron que la disminución del contenido de metal en las plantas fue de 40-98 por ciento en comparación con el control.

#### **2.8.10. Aplicaciones prácticas en la agricultura.**

En Japón, se sintetizó por primera vez la brasinólida en 1980, pero su proceso de síntesis requiere de múltiples pasos, indicando que su preparación es muy costosa para ser utilizado en la agricultura. Esta situación no se modificó aún después del descubrimiento de muchas rutas sintéticas; por lo que han sido pocos los brasinoesteroides que se han probado en condiciones de campo (Ikekawa y Zhao, 1991).

Estos autores, además destacaron que desde que el grupo de la USDA obtuvo los primeros resultados prometedores, pasaron diez años para la obtención de evidencias firmes, que demostraron la utilidad de los brasinoesteroides en incrementar los rendimientos de los cultivos, la biomasa en los vegetales, los granos en los cereales, etc.

De esta familia de compuestos se seleccionó para las aplicaciones prácticas, la 24-epibrasinólida (24-epiBL), un epímero natural de la brasinólida, que posee una buena actividad biológica y un proceso de preparación mediante síntesis relativamente simple a partir del brasicasterol (Takatsuto e Ikekawa, 1984).

Los resultados del efecto de la 24-epiBL en el crecimiento y el rendimiento de varios cultivos de importancia para Japón, como son trigo, arroz y soya, fueron resumidos por Takematsu y Takeuchi 1989; citados por Ikekawa y Zhao (1991).

En el caso del trigo se obtuvo, 35 días después del tratamiento, un incremento de un 20-30 por ciento en el peso de la panícula, cuando se asperjaron soluciones entre 0.001 y 1 ppm en el momento de la floración. También se incrementó hasta un 30 por ciento el número de semillas por panícula.

Además, se investigó el consumo de sacarosa en los granos y se encontró que la 24-epiBL, incrementó la incorporación de sacarosa en comparación el control, siendo más significativa en la porción superior de la panícula, o sea, en los granos tercero y cuarto.

En arroz, la aplicación del compuesto en la floración, incrementó el rendimiento en un 11 por ciento mientras que en soya se obtuvo un aumento entre 10 y 20 por ciento; también se obtuvieron resultados prometedores en pruebas con maíz, papa, boniato, espinaca, entre otros.

Al comparar los efectos de los brasinoesteroides con los de otras sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, se deben destacar las siguientes características:

- Los brasinoesteroides estimulan el crecimiento de la raíz.
- Los brasinoesteroides no causan deformaciones en las plantas.

El efecto de los brasinoesteroides en el crecimiento vegetal, es particularmente fuerte en condiciones de crecimiento adversas (temperatura sub-óptima, salinidad), por lo que los brasinoesteroides pueden ser llamados “hormonas del estrés”.

- Los brasinoesteroides tiene baja toxicidad vide post. Los brasinoesteroides son activos a concentraciones extremadamente bajas, generalmente soluciones de 0.1 0.001 ppm, que es un rango 100 veces que de los otros reguladores del crecimiento vegetal. Por otra parte, Ikekawa y Zhao (1991) también informaron que dada la colaboración entre Japón y China, a partir de 1985 se comenzaron las aplicaciones de epibrasinólida en la agricultura china. Los resultados de las aplicaciones efectuadas durante cinco años en varias estaciones de diferentes provincias, se resumen como sigue:

Efecto en trigo. La 24-epiBL se asperjó en la etapa de floración o llenado, en concentraciones de 0.01-0.05 ppm y los resultados demostraron que el rendimiento del trigo se incrementó de forma significativa, fundamentalmente con la dosis de 0.01 ppm. Este incremento se explica por el aumento en el número de espigas fértiles, el peso de las panículas, el número de granos y el peso de 1 000 granos.

Por otra parte, la aplicación de la epibrasinólida a una concentración de 0.01 ppm disminuyó el contenido de carbohidratos en las hojas bandera, lo que puede sugerir que este compuesto facilita el transporte de las hojas a las panículas.

Efecto en maíz. La aplicación de la 24-epiBL en el maíz en China incrementó el rendimiento del cultivo, obteniéndose los mejores resultados cuando se asperjó el producto previo a la emergencia de la inflorescencia masculina (“tassel”). Este incremento en el rendimiento parece atribuible al incremento en el peso de 1000 granos y al número de granos por mazorca. (Ikekawa y Zhao, 1991).

Efecto en tabaco y otras plantas. La epibrasinólida promovió el crecimiento de plantas de tabaco cuando se asperjó en las hojas. El compuesto promovió el crecimiento de las hojas y raíces que son cruciales para la síntesis de nicotina, resultando en el mejoramiento de la calidad y la cantidad de hojas. Las aspersiones se realizaron a las 20, 35 y 50 días después del trasplante. Estos resultados serían de gran beneficio económico para la producción tabacalera en China. (Ikekawa y Zhao, 1991).

En el cultivo del melón de agua, las aspersiones foliares de epibrasinólida durante la etapa de postura y en la floración, incrementaron el cuajado del fruto y, por ende, el rendimiento del cultivo entre 10-20 por ciento. El rendimiento del pepino se incrementó en la misma magnitud, por la aplicación del compuesto.

Como conclusión de los estudios de aplicaciones prácticas de la 24-epibrasinólida, Ikekawa y Zhao (1991) plantearon que los resultados obtenidos en China fueron más destacados que los obtenidos en Japón; no obstante, ellos recomendaron continuar investigando en la formulación, el método y el momento de aplicación más adecuado para cada cultivo.

Por otra parte, Khripach, Zhabinskii y Litvinovskaya (1991) informaron los resultados de las aplicaciones de brasinoesteroides a diferentes cultivos, en varias regiones de la antigua URSS. En guisantes, las aplicaciones de 24-epiBL en la etapa de 8-9 hojas y en la floración, produjo un incremento promedio en el rendimiento del cultivo de 2800 kg.ha<sup>-1</sup>. En el caso de la cebada se comparó la efectividad de la BL con la de la 24-epiBL y los resultados demostraron que la primera fué más activa a dosis de 10 mg.ha<sup>0</sup>, pero menos activa a dosis de 50 y 100 mg.ha<sup>-1</sup>, obteniéndose incrementos en el rendimiento hasta del 25 por ciento. Además, en papa han obtenido buenos resultados y, en dependencia del momento en que se efectúe el tratamiento, los incrementos oscilaron entre 11-34 por ciento. En cultivos como soya, centeno, maíz y trigo, también obtuvieron incrementos en los rendimientos. No obstante, los autores destacan que los tratamientos con brasinoesteroides no dieron siempre resultados notables.

También, Platonova y Korableva (1994) demostraron la influencia de los brasinoesteroides en la supresión de la brotación prematura de los tubérculos de papa.

En Corea, Lim (1985) aplicó BL a semillas de tres variedades de arroz y seis semanas después del tratamiento encontró un mayor largo, ancho, masa fresca, masa seca y contenido de proteínas de las hojas. En tomate y pimiento, encontró que aspersiones foliares durante el período de crecimiento, incrementó la masa fresca y seca de frutos con mejores resultados para la dosis de 0.1 ppm.

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

Hhripach, Zhabinskii y Malevannaya (1997) en una revisión acerca de los avances recientes en el estudio de los brasinoesteroides y su aplicación, informaron de la eficiencia de la aplicación del EPIN, compuesto basado en la epibrasinólida (0.25g/L), en diferentes zonas climáticas de Rusia, Belarrús., Asia Meridional, Ucrania, Moldavia, etc.

En Brasil, Zullo et al. (1998 y 1999) informaron los resultados obtenidos con la aplicación de diferentes brasinoesteroides a varios cultivos, en los cuales lograron incrementos de 18 por ciento en la masa de granos/espiga, de 22 por ciento y 83 por ciento en la masa de granos/planta, para trigo, soya y frijoles, respectivamente. Además, la aplicación de la 24 epibrasinólida a tres cultivares de garbanzo, provocó incrementos en los rendimientos de semillas, en la masa seca de 100 granos y en el contenido de proteínas y azúcares solubles de los granos. Los porcentajes de incrementos de los rendimientos, oscilaron entre 61 y 86 por ciento en dependencia del cultivar (Ramos, 1996; Ramos et al, 1995 y 1997).

Aplicaciones prácticas de análogos de brasinoesteroides En Cuba, el Laboratorio de Productos Naturales de la Facultad de Química de la Universidad de La Habana, ha estado trabajando en la síntesis de análogos de brasinoesteroides. Así, en 1990, Esther Alonso informó por primera vez la obtención de análogos de brasinoesteroides con un sistema espirocetálico en la cadena lateral, además del uso de sapogeninas esteroidales para la síntesis de reguladores del crecimiento vegetal.

La actividad biológica manifestada por la mayoría de estos compuestos en el bioensayo de inclinación de la lámina de arroz, abrió el camino hacia la síntesis de análogos de brasinoesteroides más sencillos y, por tanto, más económicos, lo que permitirá su uso potencial en la agricultura.

Además, Isabel Jomarrón (1995) informó la síntesis y caracterización de cuatro análogos espirostánicos de brasinoesteroides con estereoquímica  $5\beta$ , además de la obtención de compuestos biológicamente activos con un sistema 2,3- ó 3,5-diol en el anillo A con diferentes estereoquímicas.

Estudios más recientes de obtención de análogos de BR fueron realizados por Jomarrón (1995) en los cuales reportó la síntesis de análogos a partir del ácido

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

quenodesoxicólico. Varios de estos análogos mostraron actividad biológica en los bioensayos del crecimiento y expansión de los cotiledones del rábano.

Los resultados de las aplicaciones de este análogo y de otros en algunos frutales, han sido informados por Pozo et al. (1994), quienes obtuvieron incrementos en la estolonización y el rendimiento de plantas de fresa cvs. Misionaria y Parker, así como efectos consistentes en el incremento del poder germinativo y el vigor vegetativo de plántulas de papaya cv. Maradol.

Además, estos autores en 1996 informaron la influencia beneficiosa que cuatro análogos de brasinoesteroides sintetizados en Cuba, ejercieron sobre la germinación, el crecimiento y la fructificación de un cultivar de papaya obtenido en Colombia por técnicas de mejoramiento genético.

En el cultivo de la papa, Núñez, Torres y Coll, (1995) informaron la influencia positiva que la aspersion foliar de DAA-6 ejerció en la masa fresca de los tubérculos comerciales y totales del cv. Desirée. En 1997, Torres y Núñez, demostraron que la aplicación del BB-6 en este mismo cultivar, incrementó el rendimiento de tubérculos comerciales entre 9 y 34 por ciento, con dosis de 0.5 y 1.0 mg.L<sup>-1</sup>, asperjados a los 30 y 45 días después de la plantación, respectivamente.

En hortalizas, Núñez et al. (1995) estudiando el efecto de la aplicación de BB-6 en el cultivo del tomate, demostraron que cuando este producto es asperjado al follaje de las plantas al inicio de la floración en una concentración de 1 mg.L<sup>-1</sup>, de forma general hubo un incremento en el rendimiento, independientemente de la época de plantación, aunque no siempre el incremento encontrado fue estadísticamente significativo. Resultados similares obtuvieron Fernández et al. (1995) en los cvs. Rilia y Lignon.

Además, Díaz (1995) realizaron un ensayo preliminar en el cultivo del tabaco cv. Criollo y encontraron que la aspersion foliar de DAA-6, a los 20 y 50 días después del trasplante, favoreció el crecimiento de las hojas.

En el cultivo de la soya, Corbera y Núñez, (1999) demostraron la efectividad del BB-6 cuando es aplicado en dosis de 20 mg.ha<sup>-1</sup> antes de la floración, o sea, a los 40 - 45 días después de la siembra. Estos autores, además, estudiaron la



influencia de la aspersión foliar con BB-6 combinado con varios biofertilizantes y encontraron que independientemente del biofertilizante utilizado, la aspersión foliar con BB-6 siempre favoreció el rendimiento del cultivo.

Resultados positivos también informaron Rodríguez y Núñez, (1999) en el cultivo del maíz, donde utilizando dosis de 20 mg.ha<sup>-1</sup> de BB-6 aplicado entre los 35 y 45 días después de la siembra, se obtuvieron incrementos en los rendimientos entre 0.75 y 1.0 t.ha<sup>-1</sup>.

La utilización de otra formulación denominada DI-31 o BIOBRAS-16 (BB-16) a nivel experimental en condiciones de campo con resultados satisfactorios, ha sido informada por diversos autores. Así, se ha demostrado la efectividad de esta formulación en hortalizas (Núñez et al. 1994 y 1998; Alfonso y Mastrapa y Jomarrón, 1995); maíz (Martínez et al., 1995 y Almenares et al., 1999); soya (Martínez et al., 1995), uva (Núñez et al., 1995), cítricos (García, Pozo y Betancourt, 1996), café (Soto, Tamta, Tejeda y Núñez, 1997), tabaco (Pita et al., 1996 y 1998) y pastos (Mirabal y Herrera, 1998).

La aplicación del BIOBRAS-16 se ha extendido a otros cultivos y condiciones de producción, como son los organopónicos y huertos intensivos. La aplicación de esta formulación en lechuga, pepino, habichuela, entre otros, ha demostrado la efectividad del mismo como estimulador de los rendimientos agrícolas (Núñez, 1999).

En otros estudios realizados en Cuba, Núñez (2000) informó de la eficacia del pre-tratamiento a las semillas de maíz, durante 8 horas con BB-16 0.01 mg.L<sup>-1</sup>; así como de los resultados de la aplicación tanto del BB-6 en el cultivo del arroz.

Es conocido el auge que en los últimos años ha tenido en Cuba la biotecnología vegetal, como vía fundamental para la obtención de "semillas" de alta calidad para la agricultura, por lo que de gran interés científico-técnico ha sido también la utilización de estos análogos en diferentes procesos biotecnológicos y, muy especialmente, en la micropropagación masiva de plantas. De esta forma, González, Merrys y Núñez (1994) determinaron que el análogo DAA-6 estimuló notablemente la diferenciación celular en las variedades de arroz Amistad-82 e

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

INCA LP-10, obteniéndose la mejor respuesta cuando se sustituyó la citoquinina del medio, por 2 mg.L<sup>-1</sup> de este producto.

También este compuesto ha sido utilizado con buenos resultados en la diferenciación de callos de papa (Hernández, 1994); en la tuberización in vitro del ñame (Labrada, Millán y De la Cruz, 1994); en la multiplicación in vitro de la jojoba (Noriega et al. 1994); en la conservación y adaptación de plantas de papaya obtenidas a partir de embriones somáticos (Gómez et al., 1996) y en la adaptación de vitroplantas de papa (Agramonte et al., 1996).

En caña de azúcar el DAA-6 estimuló, en callos, la regeneración de raíces, sólo o en combinación con el AIA. Por otra parte, en *Citrus aurantium* aumentó la masa fresca del callo, siendo mejor cuando se aplicó solo, que con 2,4-D en el medio, concluyéndose que la aplicación DAA-6 es una alternativa al uso de kinetina y 2,4-D (González et al. 1995). También en *C. aurantium*, los análogos sintetizados en Cuba fueron efectivos en los procesos morfogénéticos, con la ventaja de que los mejores resultados se encontraron a las concentraciones más bajas del producto, lo cual permitiría reducir aún más los costos de los medios de cultivo (Diosdado, 1997). Además, en caña de azúcar tanto el DAA-6 como el DI-31, ejercieron una influencia positiva en la fase de enraizamiento durante la micropropagación (Jiménez, Ortiz y de la Fé, 1996).

### **III. MATERIAL Y MÉTODOS.**

El presente trabajo se desarrolló en las áreas de producción de la UBPC Emisael Paneque, perteneciente a la UEB López Peña de la provincia Holguín, en la etapa comprendida desde el 10 de febrero del 2009 hasta el 20 de enero 2010.

En el mismo se evaluó el efecto de dos dosis de BIOBRAS-16 (análogo de brasinoesteroides sintetizado en la facultad de Química de la Universidad de La Habana), en el comportamiento agroindustrial en la variedad de caña de azúcar C90-469, bajo condiciones de secano, en un suelo oscuro plástico, según segunda clasificación genética de los suelos de Cuba, tomado de Cairo y Fundora (2005).

El diseño experimental utilizado fue un bloque al azar con dos tratamientos y un testigo con cuatro réplicas cada uno, cada parcela contó con un área de 48 m<sup>2</sup> conformada de tres surcos de 10 m de largo y una distancia entre surcos de 1, 60 m. Cada parcela estuvo separada por 3 m y cada replica por tres surcos, la distancia de narigón fue de 0, 60 m.

Los tratamientos utilizados fueron:

- I. Testigo (sin aplicar producto)
- II. 50 ml/ha de BIOBRAS-16
- III. 100 ml/ha de BIOBRAS-16

Se realizaron cuatro mediciones: la primera antes de la aplicación del producto, las demás se realizaron a los tres, diez y once meses después de la aplicación.

Se le realizaron las mediciones y determinaciones a veinte plantas por parcela.

Condiciones climáticas. Ver anexo 1.

La aplicación del producto se realizó cuando esta cepa tenía seis meses de edad, el 12 de Febrero del 2009 sobre el follaje, de forma manual con una mochila Matabi de 16 litros de capacidad y boquilla Floodjet amarilla de 2, 65 l/mn de gasto con una solución final de 400 L/ha.

- Longitud del tallo: Se midió desde la superficie del suelo hasta el dewlap más alto visible, con una cinta métrica.

---

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

- Largo y ancho de las hojas: Se midieron las hojas +1 y +2, con una cinta métrica según la clasificación de kuijper.
- Número de hojas activas.
- Número de entrenudos.
- Número de hijos.
- Diámetro del tallo: Se hicieron tres mediciones en la parte superior, central y basal, con el Pie de Rey.
- Longitud de los entrenudos: Se midieron tres entrenudos, el superior, central y basal, con una cinta métrica.

Composición de tallos: Se contó el número de tallos molibles, no molibles y secos. Se le realizaron dos conteos uno en mayo y el otro en enero.

Peso de veinte tallos: Se cortaron veinte tallos/parcela a los tres y 11 mese después de la aplicación del producto y se pesaron en una báscula de 20 Kg.

Tamaño de la hoja: Se determino por la fórmula de Lerch (1977).

Donde:

L = Largo de la hoja

A =Ancho de la hoja

0.70 = Constante

Para determinar el rendimiento agrícola se tomaron veinte tallos por parcela y se pesaron en una báscula de veinte kg luego se determinó el peso de la parcela mediante la siguiente fórmula.

Según Milanés (1979).

$$PP = Tc * Pm / k$$

Donde:

PP- peso de la parcela

Tc- tallos contados en tres surcos

Pm- peso de la muestra de veinte tallos

Se determinó el rendimiento industrial para ello se tomaron veinte tallos por parcela cortados desde el canuto 7 hasta el último dewlap visible y se llevaron al laboratorio donde se le hicieron los análisis de Brix, Pol, Pureza y Rendimiento Potencial Cañero (RPC).

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
[www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

Los resultados de todas las evaluaciones realizadas se sometieron al paquete estadístico del ICA versión dos de 1998 para bloques al azar con prueba de Tukey al 5 % de probabilidad del error. Los valores porcentuales de Pol y Pureza fueron previamente transformados según Lerch (1977).

Con los resultados obtenidos se hizo una valoración económica para la unidad de producción.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la tabla 1 se muestran el comportamiento de la longitud del tallo en los diferentes tratamientos.

**Tabla # 1. Incremento de la longitud del tallo (cm)**

<b>Tratamientos</b>	<b>feb-may</b>	<b>may-dic</b>	<b>dic- ene</b>	<b>Total (feb-ene)</b>
Testigo	16, 0 a	44, 27	2, 00	62, 27
50 ml/ha	18, 5 a	44, 20	2, 75	65, 15
100 ml/ha	21, 3 b	44, 85	3, 75	70, 5
ES	1, 15	3, 55	0, 79	3, 00

Al analizar los resultados obtenidos en el incremento de la longitud del tallo (tabla # 1) se aprecia que en la medición del mes de mayo a los tres meses de la aplicación con las dosis de BIOBRAS-16 se supera al testigo en 2,5 y 5,3 cm respectivamente. Se destaca la dosis de 100 ml/ha donde se obtuvieron diferencias significativas con los demás tratamientos.

En esta medición el producto ejerció influencia después de un periodo de sequía, ya que en febrero y mayo fueron escasas las precipitaciones y nulas en abril, lo que demuestra el efecto anti-estrés del BIOBRAS-16.

Según Schilling, Schiller y Otto (1991), informaron que plantas de remolachas tratadas con homobrasinólida y sometidos a un estrés hídrico ligero (45-50 % en la capacidad hídrica máxima), fueron capaces de compensar completamente los efectos de dicho estrés.

En trigo, Soiram (1994 a y 1994 b) demostró que el tratamiento con homobrasinólida no solamente incrementa la actividad metabólica y el rendimiento del grano, en condiciones de estrés hídrico, sino también ayuda a la recuperación de las plantas.

A partir de los tres meses de la aplicación (mayo hasta enero) no se aprecia un marcado efecto del producto ya que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, destacando que la dosis de 100 ml/ha siempre supera al testigo. Consideramos que esto fue debido a que el producto no tiene gran residualidad y que en estos meses las precipitaciones se comportaron de forma favorable.

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

Si se analiza el incremento total de febrero – enero, se observa que no existió diferencia significativa entre los tratamientos, pero donde se aplica el BIOBRAS-16 se obtuvieron valores que superan al testigo en 2, 88 y 8, 23 cm, perteneciendo el mayor valor a la dosis de 100 ml/ha.

Resultados similares obtuvieron Téllez y Andino (1999) al aplicar BIOBRAS-16 en la variedad ja 60-5 en cepa de retoño y Hernández y Fernández (2001) con las variedades C 1051-73 y My 55-14 en condiciones de Banco de Semilla registrado, ya que lograron incrementar la longitud del tallo con respecto al testigo, teniendo un efecto marcado del producto hasta los tres meses de la aplicación.

En la tabla 2 se muestra el Comportamiento del número de entrenudos.

**Tabla # 2. Comportamiento del número de entrenudos (u)**

Tratamientos	febrero (09)	mayo (09)	diciembre (09)	enero (10)
Testigo	3,5	13,2 a	28,0	30,1
50 ml/ha	3,9	14,8 b	28,0	29,6
100 ml/ha	3,7	15,2 ab	28,7	32,0
<b>ES</b>	0,43	0,30	0,77	0,93

En cuanto a este parámetro fisiológico (tabla # 2) se aprecia que a los tres meses de la aplicación los tratamientos con BIOBRAS-16 presentan mejores comportamientos que el testigo.

La dosis de 100 ml/ha fue la de mejor respuesta, con diferencia significativa respecto al testigo superándolo en 2,0entrenudos.

En las restantes mediciones a los 10 y 11 meses (dic-ene) no se observan diferencias significativas entre los tratamientos. Es decir no hubo respuesta del producto, presentando los mayores valores la dosis de 100 ml/ha.

Téllez y Andino (1999) en el momento de la cosecha en este parámetro no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados.

En la tabla 3 se muestra el Comportamiento del largo y ancho de las hojas.

**Tabla # 3. Comportamiento del largo y ancho de las hojas (cm)**

Tratamientos	febrero (09)		mayo (09)		diciembre (09)		enero (10)	
	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho

Testigo	122,81	3,46	106,86	3,40 a	102,00	2,75	96,75	2,75
50 ml/ha	121,90	3,51	107,44	3,83 b	104,25	2,75	98,50	2,62
100 ml/ha	122,64	3,52	107,38	3,88 b	104,50	2,90	101,0	2,85
ES	1,71	0,04	1,07	0,54	0,97	0,09	1,01	0,12

En el largo y ancho de las hojas (tabla # 3) en el mes de mayo a los tres meses de la aplicación se aprecia efecto del producto en cuanto al ancho de la hoja con las dosis de BIOBRAS-16, obteniéndose diferencias significativas con respecto al testigo, siendo la dosis de 100 ml/ha la de mejor comportamiento.

En las restantes mediciones (diciembre-enero) no se observan diferencias significativas entre los tratamientos. Aunque se aprecia que tanto en el ancho como el largo de las hojas los mayores valores se obtienen con la dosis de 100 ml/ha.

Según Lem, (1985) cuando aplico BIOBRAS-16, a semillas de tres variedades de arroz encontró mayor largo, ancho y masa seca en las hojas.

En la tabla 4 se muestra el comportamiento del tamaño de las hojas.

**Tabla # 4. Comportamiento del tamaño de las hojas (cm<sup>2</sup>)**

Tratamientos	febrero (09)	mayo (09)	diciembre (09)	enero (10)
Testigo	298,2	254,7 a	196,2	186,0
50 ml/ha	302,2	288,3 b	200,5	181,2
100 ml/ha	300,3	292,0 b	212,2	202,0

Se aprecia en el tamaño de la hoja (tabla # 4) en la medición del mes de mayo donde se aplicó el BIORAS-16, que se obtuvieron valores superiores al testigo, presentando diferencias significativas respecto a éste, con el mayor valor la dosis de 100 ml/ha, esto es debido fundamentalmente al ancho de las hojas.

En las restantes mediciones los tratamientos no difieren entre sí pero la dosis de 100 ml/ha sigue siendo la de mejor comportamiento.

Se destaca que hay una disminución en este parámetro. Esto puede estar dado por la edad de la plantación, ya que a medida que se acerca la época de la cosecha la planta en general crece menos y se dedica a formar y acumular sustancias de reserva.

El comportamiento del tamaño de la hoja es uno de los indicadores más apreciables para valorar la influencia que puede ejercer los bioestimuladores del



Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

crecimiento en los rendimientos, pues a mayor asimilación, mayor posibilidad tiene la planta de formar mayores cosechas, conociendo que cada hoja alimenta un canuto.

En la tabla 5 se muestra el número de hojas activas.

**Tabla # 5. Número de hojas activas (u)**

Tratamientos	febrero (09)	mayo (09)	diciembre (09)	enero (10)
Testigo	9,8	8,2	6,6	6,0
50 ml/ha	10,1	8,8	7,0	6,1
100 ml/ha	10,4	9,4	7,1	5,9
ES	0,15	0,19	0,33	0,16

En este parámetro el mejor comportamiento (tabla #5) se obtuvo en el mes de mayo, con las aplicaciones de BIOBRAS-16 se supera al testigo, aunque sin diferencias significativas.

En las demás mediciones (diciembre – enero) no se aprecia un marcado efecto del producto, pero también se destaca la dosis de 100 ml/ha con mayor número de hojas activas.

Al analizar la tabla se aprecia que hay una tendencia en la disminución del número de hojas activas a medida que avanza la edad del frío, esto es debido a que la caña de azúcar cuando esta en el período de maduración el número de hojas disminuye según Fernández et al (1995).

Resultados similares obtuvieron Hernández y Fernández, (2001).

En la tabla 6 se muestra el número de hijos.

**Tabla # 6. Número de hijos (u)**

Tratamientos	febrero (09)	mayo (09)	diciembre (09)	enero (10)
Testigo	11,0	13,0	16,2	16,2
50 ml/ha	10,6	13,4	17,2	17,2
100 ml/ha	12,1	13,5	17,5	17,5
ES	0,47	0,73	0,95	0,95

En el comportamiento de este parámetro (tabla # 6) se aprecia que no existieron diferencias significativas en ninguna de las mediciones realizadas entre los

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

tratamientos. Aunque se observa que en las que se realizaron en diciembre y enero las dosis con BIOBRAS-16 superan ligeramente al testigo, lo que denota la poca influencia del producto en este parámetro.

Hernández y Fernández en la variedad C 1051-73 no encontraron influencia del producto, no siendo así en la variedad My 55-14 a los tres meses de la aplicación donde los tratamientos difieren del testigo.

Este parámetro es uno de los más importantes ya que con estos datos se pudo evaluar el comportamiento del ahijamiento.

En la tabla 7 se muestra composición de los tallos.

**Tabla # 7. Composición de los tallos**

Tratamientos	mayo (09)			enero (10)		
	Molible	No molible	Secos	Molible	No molible	Secos
Testigo	217,0 a	74,0	19,3	252,2	42,5	24,0
50 ml/ha	232,0 b	73,6	17,5	268,2	40,2	22,4
100 ml/ha	265,0 c	71,5	15,8	289,2	36,2	20,5
ES	0,14	0,04	1,69	11,7	3,27	2,61

Al analizar la composición de los tallos por parcela (tabla # 7), se aprecia que en el mes de mayo donde se aplicó BIOBRAS-16 se obtienen mayor cantidad de tallos molibles con diferencias significativas respecto al testigo, con los mejores resultados en la dosis de 100 ml/ha.

En los tallos no molibles y secos no se obtienen diferencias entre los tratamientos.

En el mes de enero antes de la cosecha no se observó un efecto marcado del producto. Destacando que la dosis de 100 ml/ha se mantuvo siendo la de mayor número de tallos molibles así como la de menor número de tallos secos aspecto positivo este en los rendimientos y calidad de la materia prima.

En la tabla 8 se muestra el Comportamiento del diámetro y longitud de los entrenudos.

**Tabla # 8. Comportamiento del diámetro y longitud de los entrenudos (cm)**

Tratamientos	diámetro cm	longitud cm
Testigo	2,12	6,65 a
50 ml/ha	2,20	7,32 ab

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

100 ml/ha	2,23	7,70 b
ES	0,025	0,23

Con respecto al diámetro del tallo (tabla # 8) se aprecia que aunque se ve un pequeño aumento en los tratamientos con BIOBRAS-16 con respecto al testigo este parámetro es genético muy difícil de variar.

En el caso de la longitud de los entrenudos se observa que hay mejor resultados en los tratamientos con BIOBRAS-16 destacándose la dosis de 100 ml/ha, que presenta diferencias significativas con respecto al testigo. Influyendo esto en que los tallos tratados con las dosis de 50-100 ml/ha del producto fueron los de mejores resultados en el incremento de la longitud de los tallos.

En la tabla 9 se muestra el peso de veinte tallos.

**Tabla # 9. Peso de veinte tallos (kg)**

Tratamientos	mayo (2009)	enero(2010)
Testigo	8,0 a	13,65
50 ml/ha	9,37 ab	15,55
100 ml/ha	10,65 b	15,75

En el mes de mayo con la aplicación de BIOBRAS-16 se obtienen valores superiores al testigo, destacándose la dosis de 100 ml/ha con diferencias significativas respecto al testigo (tabla # 9).

En la evaluación de enero aunque no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, se aprecia que al aplicar BIORAS-16 se supera al testigo, motivado fundamentalmente por la longitud de los tallos, que tuvieron un mayor incremento.

En la tabla 10 se muestra el rendimiento agrícola.

**Tabla #10 Rendimiento agrícola**

enero (2010)		
Tratamientos	Peso de la Cosecha por parcela en Kg.	Rend T/ha
Testigo	238,2a	50,0 a
50 ml/ha	314,5b	66,2 b
100 ml/ha	325,5 b	68,0 b
ES	12,2	2,70

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
www.uho.edu.cu

Con este parámetro se aprecia el rendimiento agrícola (tabla #10). Este es muy importante ya que junto con el rendimiento potencial cañero nos define los ingresos por venta en las variedades productivas.

Con ambas dosis de BIOBRAS-16 se obtuvieron valores que superan al testigo, presentando diferencias significativas con el mismo, destacándose la dosis de 100 ml/ha.

Estos resultados están influenciados fundamentalmente por el peso de los tallos y número de tallos molible.

Resultados similares obtuvieron Téllez y Andino, (1999) al aplicar BIOBRAS-6 y BIOBRAS-16 en la variedad Ja 60-5 y Hernández y Fernández (2001) en las variedades C 1051 73 y My 55-14.

En la tabla 11 se muestra la calidad de los jugos.

**Tabla # 11. Calidad de los jugos**

Tratamientos	Brix	Pol	Pureza (%)
Testigo	23,1	21,2	91,77
50 ml/ha	23,52	22,1	93,96
100 ml/ha	23,64	22,2	93,90

Al evaluar la calidad de los jugos Brix, Pol y pureza (tabla # 11) no se observan diferencias significativas entre los tratamientos por la que denota que no hay influencia del producto ya que este parámetro es genético muy difícil de variar y depende de la variedad.

Resultados similares obtuvieron Téllez y Andino (1999).

En la tabla 12 se muestra la valoración económica.

**Tabla # 12. Valoración económica**

Tratamientos	Costo/ha	Ingreso/venta	Utilidades
Testigo	1946,00	\$ 5200,00	\$ 3254,00
50 ml/ha	1960,39	\$ 6884,80	\$ 4924,41
100 ml/ha	1963,39	\$ 707,00	\$ 5108,1

Avenida XX Aniversario, Vía Guardalavaca, Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Telf. 48 2501- 48 2380  
[www.uho.edu.cu](http://www.uho.edu.cu)

El costo de producción del tratamiento uno (testigo) es el que tuvo la UBPC en toda la fitotecnia que se le realizó a esta cepa, los restantes tratamientos lo superan en 14,39 y 17,39 \$/ha ya que se incluye el valor del producto y el costo de la aplicación.

Donde se aplicó BIOBRAS-16 se obtuvieron los mayores ingresos por venta, lo que se debió fundamentalmente a mayores rendimientos agrícolas, destacándose la dosis de 100 ml/ha, este mismo comportamiento se presentó en las utilidades que superaron al testigo en 1670,41 y 1854,61 \$/ha, que en definitiva es lo más importante desde el punto de vista económico para los productores.

La UEB López Peñas tiene un rendimiento potencial cañero (RPC) plan de 12,5 % al que le corresponde un precio de 104,00 \$/t de caña.

Los (RPC) obtenidos en los tratamientos fueron los siguientes 12,51; 12,93; 12,96 con un valor 104,00 \$/t de caña respectivamente.

## V. CONCLUSIONES

- Con la aplicación de BIOBRAS-16 se incrementó el rendimiento agrícola, superando al testigo en 16,2 y 18,0 t/ha, obteniéndose el mayor valor con la dosis de 100 ml/ha, debido fundamentalmente a la longitud de los entrenudos lo que motivó a un mayor incremento de la longitud del tallo y su peso también una mayor cantidad de tallos molibles por parcela, en los demás parámetros no hubo gran respuesta del producto.
  
- En el Brix, Pol y Pureza, que son parámetros que determinan el rendimiento industrial, no hubo efecto del producto.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Continuar estudiando el efecto del BIOBRAS-16 en la caña de frío  
Incluyendo otras variedades y momento de aplicación.

## VII. BLIOGRAFIA

1. Adam, G., Etzold, U.1994. Brassinosteroides eine neue Phytohormn Gruppe? *Naturwissenschaften*, .81: p. 210-217.
2. Adam, G.; Marquardt, V.1986. Brassinosteroides. *Phytochemistry*, 25: p. 1787-1799.
3. Agramonte, D.1996. Empleo de sustancias bioestimuladores (Biobras-6 y Biobras-16) en la fase de adaptación de vitroplantas de papa (*Solanum tuberosum* L.). In: COLOQUIO INTERNACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA DE LAS PLANTAS, 4., Santa Clara. Resúmenes. Santa Clara, Universidad Central de Villa Clara, p. 23.
4. Alfonzo, J., Mastrapa, I., L.; Jomarrón, I.1995. Efecto de la aplicación de biorreguladores en el cultivo del tomate. In: TALLER DE PRODUCTOS BIOACTIVOS, 1., e TALLER DE BRASINOESTEROIDES, 4. La Habana, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
5. Arima, M.; Yokota, T.; Takahashi, I, N.1984. Identification and quantification of brassinolide-related steroids in the ipsect gall and healthy tissues of the chestnut. *Phytochemistry*, v.23, p. 1587-1591.
6. H. E: 1950. List al sugar cane insects. Commonwealth. Inst. Ent. London. con BIOBRAS-6 y BIOBRAS-16. Trabajo de diploma. Centro Universitario Las Tunas, p. 96.
7. Clouse, S.D. Langford, M; McMorris,TC.A.1996 brassinosteroid-insensitive mutant in *Arabidopsis thaliana* exhibits mmultiple + defects in growth and development.*Plant physiology*.111,p.671-678.
8. Clouse, S .D. Sasse, J .1998. Brassinosteroids: Essential regulator of plant growth and development. *Annual Reviews of plant Phisiology and plant Molecular Biology*49.p.427-451.
9. Clouse, S. D.Zirek, D. M; McMorris, T.C; BakerME.1992.Effect of brassinolide on gene expression in elongation soybean epicotyls. *Plantphysiology*, 100, p; 1317-1383.



10. Corbera, J. Núñez, M. 1999. Efectividad del empleo de análogos de brasinosteroides en el cultivo de la soya. In: TALLER DE PRODUCTOS BIOACTIVOS, 4. La Habana. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
11. Díaz G. 1995. Efectos de un análogo de brasinoesteroide DAA-6 en el cultivo del tabaco (*Nicotina tabacum* L.). *Cultivos Tropicales*, 16: p.53-55.
12. Ding, V. Yzhao, A. 1995. Efecto de análogos de brasinoesteroides en el cultivo del tabaco.
13. Diosdado, E. 1997. Efecto de biorreguladores en el proceso de embriogénesis somática y cultivo y fusión de protoplastos en el naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.). Habana, Cuba. Tesis de grado (Dr. En Ciencias Biológicas), Universidad de la Habana.
14. Erslova, A. Khrioach, V. 1996. Effect of epibrassinolide on lipid peroxidation in *Pisum sativum* at normal aeration and under oxygen deficiency. *Russian Journal of plant physiology*, 43, p:750-752.
15. Fernández, A. Nuñez, M. Coll, F.; Robaina, C. 1995. Influencias del análogo de brasinoesteroide DAA-6 en el del tomate. In: TALLER DE PRODUCTOS BIOACTIVOS, 1., e TALLER DE BRASINOESTEROIDES, 4., La Habana. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
16. Fujioka, S. 1997. Sakurai, A. Biosynthesis and metabolism of brassinosteroids. *Physiologia Plantarum*. 100: p 710-715.
17. Fujioka, S. 1996. Choi, Y-H.; Takatsuto, S.; Yokota, T.; Li, J.; Chor Y Jysakurai, A. Identification of castasterone, 6-deoxocastasterone, typhasterol and 6-deoxytyphasterol from the shoots of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiology*. 37: p 1201-1203.
18. Gaudinova, A. 1995. Sussenbekova, H.; Vojtechva, M.; Eder, J.; Kihoutl, L. Different effects of two brassinosteroids on growth, auxin and cytokinin content in tobacco callus tissue. *Plant Growth Regulation*, 17: p. 121-126.
19. Gómez, R. 1996. Empleo de sustancias biorreguladoras (Biobras-6) en la conversión y adaptación en plantas de fruta bomba (*Carica papaya* L.) Var. Maradol Rojo obtenidas a partir de embriones somáticos. In: COLOQUIO

- INTERNACIONAL DE BITECNOLOGÍA DE LAS PLANTAS, 4, Santa Clara.  
Resumen. Santa Clara, Universidad Central de Villa Clara, p . 58.
- 20.** González, S. 1995. et al. Physiological effects of the synthetic brassinosteroids DAA-6 on propagation from callus culture and on seed germination. *Advances in modern biotechnology*, 3: p 114.
- 21.** Hathouta, T.A. 1996. Salinity stress and its counteraction by the growth regulator “brassinolide” in wheat plant (*Triticum aestivum* L) cultivar Giza 157. *Egyptian Journal of Physiological Sciences*, 20, n. 1-2, p. 127-152.
- 22.** He, R. Hao W, Y Zhao, R. 1996. Síntesis de análogos furostánicos y epilostánicos de brasinoesteroides. La Habana. Tesis de grado (Dr. en Ciencias Químicas).
- 23.** Hernández, M .1994. Empleo de brasinoesteroide para la diferenciación de callos de papa (*Solanum tuberosum* Lin.). In: SEMINARIO CIENTÍFICO, 9. La Habana. Instituto de Ciencias Agrícolas. Cultivos Tropicales, p. 18-78.
- 24.** Humbert, R. P. 1970. El cultivo de la caña de azúcar. Editora Universidad de la Habana.
- 25.** Hewitt, F. R.; Hough, T.; O'Neill, P.; Sasse, J.M.; Williams, E.G.; Rowan; K.S 1985. Effect of brassinolide and other growth regulators on the germination and growth of pollen tubes of *Plant Physiology*, 12: p. 201-211.
- 26.** Ikekawa, N Y Zhao, Y. J. 1991. Application of 24-epibrassinolide in agriculture: Cutler, H. G.; Yokota, T., Adam, G. (Eds.). *Brassinosteroids: Chemistry, Bioactivity and Applications*. Washington: American Chemical Society. Cap. 24: p.289-302. (ACS Symposium Series 474).
- 27.** Ikekawa, N. Takatsuto, S.; Kitswaul T.; Saito, H.; Morichita, T.; Aab, H. 1984. Analysis of natural brassinosteroids by gas chromatography and gas chromatography –mass spectrometry of *Chromatography*. 290: p.289-202.
- 28.** INICA. 1998. Evaluación de los efectos de diferentes dosis, única o fraccionada de los brasinoesteroide BB-16 y BB-6 aplicados en estadios jóvenes, sobre el crecimiento agrícola de la variedad de caña de azúcar C323-68. p. 38.

- 29.** Iwahori, S; Tominaga S.; Higuchi, S. 1990. Retardation of abscisión of citrus leaf and fruitlet explants by brassinolide. *Plant Growth regulation*,9: p. 119-125.
- 30.** Iwasaki, T.; Chibaoka, H. 1991. Brassinosteroyds act.as regulators of tracheary-element differentiation in isolated Zinnia mesophyll cell *Physiology*, 32: p.1007-1014.
- 31.** INICA. 2002. Evaluación de la actitud física de las tierras dedicadas al cultivo de la caña de azúcar. Programa de agronomía.
- 32.** Jiménez M. Ortiz, R.; De La Fe, C.1996. Efecto de dos análogos de brasinoesteroides como suplemento o sustituto de auxinas en la micropropagación de la caña de azúcar. In: SEMINARIO CIENTÍFICO, 10. LA Habana. Programa y Resúmenes. La Habana, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas: p.157.
- 33.** Jomarrón, I.1995. Síntesis de espirostanlactonas biológicamente activas. Habana, Cuba. Tesis de grado (Dr. En Ciencias Químicas de la Universidad de La Habana).
- 34.** Kauschmann, A.; Adam, G.; Jessop, A.; Koncz, C.; Szekeres, M.; Vogt, B.; Willmitzer, L.; Altmann, T.1996. Genetic evidence for and essential role of brassinosteroyds in pant. *Develomet. Plant Journal*, 9: p. 701-713.
- 35.** Key. J.L. 1969. Hormones and nucleis acid metabolium. *Annual Reviews on plant physiology*, 20: p.449-447.
- 36.** Khripack, V. A.; Zhabinski, V.; De Groot, A. E. 1999. Physiological mode of action of BS. In: brassinosteroyds, a new class of plant hormones. San Diego: Academic Press. 9: p. 219-299.
- 37.** Kulaeva,O.; Burkhanova,E.A.; Fedina, A.; Khokhova, V.A.; Bokevayeva, G. A. ; Vorbrodt, H.N.; Adam,G. 1991. Effect of brassinosteroyds on protein sintheis and plantcell ultraestructure under stress condition. In: Cultler, H.G.

38. Labrada, M.; Millan, A.; De La Cruz, G. 1994. Influencia de los brasinoesteroides en la tuberización invitro de ñame del (Dioscorea alata L.). In: SEMINARIO CIENTÍFICO, 9;1993. La Habana. Cultivos tropicales ,15: p.78.
39. Li, J.; Biswas, M.G.; CHA, A.; Russel, D.W.; Chory.J. 1997. Conservation of function between mammalian and plant steroid 5 $\alpha$ -reductases. Proceedings of the national academy of Sciences of de USA. 94: p. 3554-3559.
40. Li. J.; Chory, J.1997. A putative leucine -rich repeat receptor kinase involved in brassinosteroyds signal trasduction . Cell,90: p. 929-938.
41. Lim, U-K.1985. Studies of the effects of brassinosteroyds treatment en the growth and yield of crops.In: Annual Meeting of the Growth Regulator Society of America, 12: p. 213-219.
42. Martín, et al. 1987. La caña de azúcar en Cuba. La Habana Cuba.
43. Martínez, M. A. 1995 Influencia de los análogos de brasinoesteroides en el rendimiento del cultivo del maíz. In: TALLER DE PRODUCTOS BIOACTIVOS, 1.; TALLER DE BRASINOESTEROIDES, 4.; La Habana Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
44. Mirabal, M.; Herrera, R.,. 1998. Efectos del Biobras 16 en algunos indicadores morfológicos de la hierba de Guinea (Panicum maximum). In: SEMINARIO CIENTÍFICO,11: La Habana. Programa y Resúmenes. La Habana Instituto de Ciencias Agrícolas, p. 124.
45. Noriega, C.; Pozo, L.; Rodríguez, M. E.; Col, F. 1994. Algunos resultados obtenidos mediante la utilización de brasinoesteroide DAA-6 en el cultivo invitro de la jojova. In: TALLER DE PRODUCTOS BIOACTIVOS, 1.; e TALLER DE BRASINOESTEROIDES., 4.; La Habana, intituto nacional de Ciencias Agrícolas.
46. Núñez, M. 1999. Aplicaciones prácticas de los brasinoesteroides y sus análogos en la agricultura. Reseña Bibliográfica. Cultivos Tropicales.20: p. 63-72.

- 47.** Núñez, M. 2000. Análogos de brasinoesteroides cubanos como biorreguladores en la agricultura: Informe final de Proyecto de Investigaciones. La Habana, PNCT Biotecnología Agrícola / CITMA.
- 48.** Núñez, M. 1994. et al. Influencia de análogos de brasinoesteroides en el rendimiento de diferentes cultivos hortícolas. SEMINARIO CIENTÍFICO, 9. La Habana, 1994. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Cultivos Tropicales, 15: p. 87.
- 49.** Núñez, M. 1995. et al. Influencia del análogo de brasinoesteroides Biobras-6 en el rendimiento de plantas de tomate cultivar INICA-17. Cultivos Tropicales 16p.49-52.
- 50.** Núñez, M. Torres, W.; Coll, F. 1995. Efectividad de un análogo de brasinoesteroide sobre el rendimiento de plantas de papa y tomate. Cultivos Tropicales 16p.26-27.
- 51.** Orias, M. 1997. I. Curso de postgrado internacional en caña de azúcar Venezuela. INICA. P.1-3.
- 52.** Pita, O.; Cuellar, A.; Coll, F. Robaina, C. 1998. Efecto de diferentes concentraciones de un análogo de brasinoesteroides DI-31 en el rendimiento y calidad del tabaco. In. SEMINARIO CIENTÍFICO, 11.; 1996, La Habana. Programa y resúmenes. La Habana, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas p.123.
- 53.** Pita, O.; Cuellar, A.; Coll, F. Robaina, C. 1996. Influencia de un análogo de brasinoesteroides DI-31 en el rendimiento y calidad del tabaco (*Nicotiana tabacum* L). In. SEMINARIO CIENTÍFICO, 10.; 1996, La Habana. Programa y resúmenes. La Habana, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas p.155.
- 54.** Plato Nova, T. A. Korableba N.P. 1994. Effect of 24-epibrassinolide on growth of apical meristem of potato tubers. Prikladnaia Biokhimiia i Mikrobiologiya. 30, p.923-930.
- 55.** Pozo, L.; Noriega, C.; Robaina, C.; Coll, F. 1994. Algunos resultados en el cultivo de los frutales mediante la utilización de brasinoesteroides o compuestos análogos, SEMINARIO CIENTÍFICO, 9.; La Habana. 1994. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas Cultivos tropicales. 15.p.79.

56. Ramos, M. T. B. 1996. (Efeito da administracao de 24-epibrassinolidio sobre o rendimento e a composicao química de sementes de grao-de-bico (*Cicer arietinum* L) Arara guara. Tesis de maestría (Ciencias de los Alimentos) Faculdade de Ciencias farmacéuticas, Universidades Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho.
57. Ramos, M. T. B. 1997. Chemical composition of chick-pea (*Cicer arietinum* L ) seeds after treatment with 24-epibrassinolide administration during flowering. In: SIMPOSIO LATINO-AMERICANO DE CIENCIAS DE ALIMENTO. 2. p.108.
58. Ramos, M. T. B. 1995. (Efeito da administracao de 24-epibrassinolidio sobre o de grao-de-bico (*Cicer arietinum* L) In: SIMPOSIO LATINO-AMERICANO DE CIENCIAS DE ALIMENTO. ABANICOS E PERSPECTIVAS. Campinas. Programa Científico 49
59. Rodríguez, R. Núñez, M. 1999. Efecto de dos tipos de brasinoesteroides sobre algunas variables morfológicas y del rendimiento en el maíz. Ing: TALLER DE PRODUCTOS BIOACTIVOS, 4. La Habana, instituto Nacional de ciencias Agrícolas.
60. Sakuray, A. Fujioka, S. 1993. The current status of physiology and biochemistry of brassinoesteroids. A Review. *Plant growth Regulation*. 13, p. 147-159. Sasse, J. M. 1991. Brassinosteroids: are they endogenous plant hormones?
61. Sasse, J, M, 1997. Recent progress in brassinosteroids research. *Physiologia plantarum*. 100, p. 696-701.
62. Schmit, J; Altmann; T, Adam, G. 1997. Brassinosteroids from seeds of *Arabidopsis thaliana* phytochemistry. 45. p 1325-1327.
63. Soto, F; Tamta, I; Tejada, T; Núñez, M. 1997. Estudio preliminar sobre el uso de brasinoesteroides en cafetos. *Cultivos tropicales*. 18, p. 532-534.
64. Suje, J. M. 1986. Brassinolide induced elongation and auxin. *Physiologic Plantarum*, 80. p. 401-408.
65. Szekeres, J. ET AL. 1996. Metabolism of castasterone and brassinolide in mung bean explant. *Phytochemistry*.

- 66.** Takatsuto, S. 1984. Brassinoesteroids: distribution in plants, bioassays and microanalysis by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of chromatography*. 658, p. 2001-2004.
- 67.** Vardhini, B. V., RAO, S. S. R. 1997. Effect of Brassinoesteroids on salinity induced growth inhibition of groundnut seedling. *Indian Journal of plant physiology*. 2p. 156-157.
- 68.** XU, R-J; Guo, Y-S. Y Zao. 1990. epibrassinolide induced changes in the elongation, endogenous GA3. ABA AND starch content of cucumber hypocotyls. *Acta Phytophysiological Sinica*. 16, p. 125-130.
- 69.** Yokota, T. 1997. The structure, biosynthesis and function of brassinoesteroids. *Trends in plant science*. 2, p. 137-143.
- 70.** Yokota, T; Nomura, T; Nakayama, M. 1997. Identification of brassinoesteroids that appear to be derived from campesterol and cholesterol in tomat shoots. *Plant cell physiology*. 38, p. 1291-1294.
- 71.** Zullo, M. A.T. Teixeira, J. P. F; Miyasaka, S.1999. Efeito da aplicacao de brasinoesteroidies em feijao. In. AGROTEC '99 INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGROPOLES AND AGRO-INDUSTRIAL TECHNOLOGY PARKS. Barretos (no prelo).
- 72.** Zullo, M. A.T. Teixeira, J. P. F; Miyasaka, S.1998. Efeito da aplicacao de brasinoesteroidies em feijao. In. SEMINARIO CIENTIFICO, 11, 1998, La Habana, programas y resúmenes. La Habana, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. p. 124.
- 73.** Zurek, D. Riale, D-L Mc Morris, T. C; Clouse, S.D.1994. Investigation of gene expression, growth kinetics and wall extensibility during brassinoesteroid-regulated stem elongation. *Plant Physiology*. 104, p. 505-513.

## ANEXOS

### **Anexo #1. Condiciones climáticas durante la realización del experimento (mayo de 2009-enero del 2010) (Rodríguez, 2009)**

Meses	Temperatura C°		Precipitaciones(mm)	
	2009	2010	2009	2010
enero	-	23.9	-	10.5
febrero	-	24.6	-	20.1
marzo	-	25.0	-	25.9
abril	-	25.6	-	-
mayo	24.5	27.4	130.2	176.1
junio	28.2	28.0	123.0	181.2
julio	26.9	28.1	183.4	122.0
agosto	28.1	27.2	161.5	143.4
septiembre	27.2	27.9	173.9	99.0
octubre	23.9	27.8	210.1	155.3
Noviembre	24.5	26.3	35.0	63.0
diciembre	23.9	25.5	25.0	16.0