



## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Tesis para optar por el Título Académico de Master en Agricultura Sostenible  
Mención Sanidad Vegetal

Respuesta de 15 variedades de tabaco ante el O<sub>3</sub> bajo  
condiciones de campo y controladas.

Autor: Ing. Yoan Rodríguez Marrero.

Tutor: Dr.Cs. Lidcay Herrera Isla.

Consultantes: Dr. C. Gilberto Torrecilla Guerra.  
Dra. Luisa Anabel Pino.

Año 2008  
"Año 50 de la revolución."

CON SU ENTRAÑABLE TRANSPARENCIA



## *Agradecimientos*

*A mis compañeros de la Estación Experimental del Tabaco de Cabaiguán,  
por su contribución en la etapa de desarrollo del trabajo, su cooperación y  
ánimo en la confección del documento.*

*A mis padres, esposa y familiares en general por su total cooperación,  
comprensión y apoyo en los momentos más difíciles.*

*A los que de una forma u otra hicieron posible el desarrollo de esta  
investigación.*

*En especial a mi tutor Dr Lidcay Herrera Isla por el extraordinario apoyo  
que me ha brindado durante el transcurso de esta investigación.*

*A todos muchas gracias.*

*Dedicatoria*

*A mis padres, hermana y esposa por el amor y la dedicación que me brindan  
y el amor que les tengo.*

*A mis amigos por su amor y comprensión.*

## RESUMEN

La investigación fue ejecutada en condiciones de campo y controladas, la primera se llevó a cabo en la Estación Experimental del Tabaco de Cabaiguán provincia Sancti Spiritus, en un suelo Pardo Sialítico Carbonatado de textura arcillosa. El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado, donde se evaluaron en la campaña 2006 – 2007 15 variedades de de tabaco del banco de germoplasma (*Nicotiana tabacum* 4085, Penna Havana, Con Hav 205, Fiks A, Habana Vuelta Arriba, Havana 1125, Hevesi MP 81, Havana SL 184, Cabaiguán 13, Corojo Especial, Hevesi 45, ITB 19, Hav S. 142 A3, SC 14 y Dundi VI) frente a la necrosis ambiental y en la campaña 2007 - 2008 se evaluaron las variedades *Nicotiana tabacum* 4085, ITB 19, Hav S. 142 A<sub>3</sub>, SC 14 y Dundi VI que mostraron alto nivel de resistencia de acuerdo a la metodología descrita por (García 2008). El ensayo en condiciones controladas se realizó en la Clínica de Retinosis Pigmentaria ubicada el municipio de Sancti Spíritus provincia del mismo nombre, la cual consistió en someter durante 72 horas dos plantas de cada variedad con edades de 40, 50 y 60 días a concentraciones de ozono 0.041, 0.051 y 0.061ppm, siendo las variedades *Nicotiana tabacum* 4085, Hav S. 142 A<sub>3</sub> y Dundi VI las menos afectada en las diferentes dosis y edades de la plantas estudiadas.

<b>ÍNDICE</b>	<b>página</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>3</b>
2.1. <i>La agricultura sostenible.</i>	3
2.2. Origen, evolución y dispersión del tabaco.	4
2.3 El tabaco en Cuba.	5
2.4 Ecología del tabaco.	5
2.5 El banco de germoplasma de tabaco cubano.	6
2.6 Principales enfermedades que afectan al cultivo.	6
2.6.1. Moho Azul. ( <i>Peronospora hyoscyami</i> de Bary f. sp. Tabacina).	6
2.6.2. Pata Prieta ( <i>Phytophthora parasitica</i> var. <i>nicotianae</i> Bread de Haan).	7
2.6.3. Virus del mosaico del tabaco. (TMV).	8
2.6. 4. <i>Necrosis ambiental.</i>	9
2.6.4.1 Efectos del ozono en los cultivos agrícolas.	11
2. 6.4. 1.1 Efectos sobre el crecimiento y la producción.	12
2.6.4.1.2 Efectos a nivel fisiológico.	12
2.6.4.2 Perfiles diarios de ozono (O <sub>3</sub> ).	13
2. 6.4.3 Formas de control.	14
2.6.4.3.1 Medidas a tomar en cuenta ante niveles afectadores de O <sub>3</sub> .	15
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>17</b>
3.1 Características generales del lugar donde se realizaron los ensayos.	17
3.2 Estudio del efecto de O <sub>3</sub> en condiciones de campo.	20
3.2.1 Primera campaña.	21
3.2.2 Segunda campaña.	21
3.3 Estudio del efecto de O <sub>3</sub> bajo condiciones controladas.	21
3.4 Procesamiento estadístico.	23
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	25
4.2 Experimento de campo.	25
4.2.1 Primera campaña.	25
4.2.2 Segunda campaña.	26

4.3 Ensayo en condiciones controladas.	27
<b>5. CONCLUSIONES.</b>	<b>38</b>
<b>6. RECOMENDACIONES.</b>	<b>39</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>40</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), desde su descubrimiento en América, se popularizó rápidamente recorriendo el mundo, estableciéndose en todos los continentes y a través de los años ha aumentado progresivamente su producción y consumo (FAO, 2002).

Al inicio de su cultivo, satisfacía la necesidad de los consumidores primitivos y actualmente está dentro de las especies vegetales que aportan más beneficios al desarrollo de muchos países, en particular, a los subdesarrollados, por lo cual se cultiva ampliamente en América, Asia, Europa y África (FAO, 2003).

Cuba es uno de los países que produce tabaco de fama mundial, con una producción anual media de 29 700 t (FAO, 2006), pequeña con relación a otros, pero de calidad insustituible. Sin embargo, aún se pretende mejorar algunos de sus caracteres, como la resistencia a las enfermedades y el rendimiento, lo que justifica buscar variabilidad genética acorde a las necesidades del cultivo (Espino, 2003).

A pesar de que el concepto de enfermedad está generalmente relacionado con la presencia de algún microorganismo, por ser las enfermedades de origen patológico las más abundantes, se conocen varias enfermedades no infecciosas en tabaco, las cuales pueden ser producidas por alteraciones nutricionales, o por efectos del clima (Lucas, 1975). El primer caso, puede ser resuelto si se toman las medidas fitotécnicas adecuadas, por lo tanto, no debe constituir problema de importancia. Sin embargo, las enfermedades ambientales son más difíciles de combatir, pues o no existen tratamientos para combatirlos como ocurre con el "escaldado" o "quemadura solar", o requieren de un tratamiento similar al usado contra los virus, o sea, mediante el desarrollo y el uso de variedades resistentes.

En Cuba las afectaciones producidas por el ozono, incluyen cultivos como la calabaza, denominado el plateado de las cucurbitáceas, el ajo conocido como quemadura foliar, el tabaco nombrado necrosis ambiental (Martínez *et al*, 1998; Hernández *et al*, 1999; Herrera y Álvarez 2001).

En el país aproximadamente el 10% del área dedicada al cultivo del tabaco es afectada anualmente por la necrosis ambiental, debido a que las variedades cultivadas presentan baja resistencia (García, 2006).

Por tanto resulta de interés realizar la evaluación de respuesta de las variedades del banco de genes de tabaco de Cuba y la búsqueda de fuentes de resistencia, como la mejor vía para el combate de esta enfermedad, pues (Akehurst, 1973) ha planteado el posible tratamiento con aspersiones de trimetilquinolina o con N, N-difenil-parafenilendiamina (Arterita DPDD).

Teniendo en cuenta la necesidad de contar con variedades que presenten genes de resistencia a la necrosis ambiental, se desarrolló el presente estudio.

### **Hipótesis:**

Si se logra conocer dentro del banco de germoplasma de tabaco negro de Cuba (*N. tabacum*) variedades con genes de resistencia a la necrosis ambiental, se podrán utilizar en futuros programas de mejoramiento genético, se lograría en este cultivo, un alto potencial de rendimiento, buena calidad y disminuiría el uso excesivo de fungicidas químicos y una producción ecológicamente más limpia.

### **Objetivo general:**

Conocer dentro de las variedades de tabaco negro del banco de germoplasma, la respuesta ante la necrosis ambiental causada por ozono, para utilizarlas en programas de mejoramiento genético.

### **Objetivos específicos:**

- Conocer la respuesta varietal en 15 variedades de tabaco del banco de germoplasma.
- Precisar las concentraciones letales y subletales de ozono en 5 variedades de tabaco del banco de germoplasma.
- Elaborar recomendaciones para evitar ó reducir los daños que produce el ozono  $O_3$ .

## **2. REVISION BIBLIOGRÁFICA.**

### **2.1. La agricultura sostenible.**

La agricultura se ha desarrollado como un proceso continuado, que ha marchado acorde a las tendencias tecnológicas, económicas y sociales de las diferentes épocas que se han sucedido, con un vertiginoso auge con posterioridad a la II Guerra Mundial, en que surgió el paradigma de la “revolución verde”, sobre la base de aumentos productivos sostenidos mediante tecnologías de producción intensivas, mecanizadas y con grandes volúmenes de insumos, principalmente agroquímicos y energía. Este modelo de agricultura favoreció el desarrollo de los agroquímicos y su tecnología de aplicación, que ha sido la tendencia predominante de la sanidad vegetal y la nutrición vegetal en el ámbito mundial, la cual se ha arraigado con tanta fuerza que aún en la actualidad, a pesar de que se conocen y se han practicado diversas alternativas, muchos agricultores y profesionales agrarios tienen la percepción de que para la lucha contra las plagas es necesario el empleo de un producto (plaguicida) como única opción y para que las plantas crezcan y produzcan se requiere de un fertilizante sintético (Vázquez, 2006).

Sin embargo, en muchos lugares se observan experiencias que demuestran que resulta posible obtener producciones agrícolas mediante sistemas sostenibles, siempre que se otorgue participación a los agricultores, técnicos o extensionistas y este ha sido el gran reto para los centros científicos y las universidades de la región en los últimos años (Vázquez *et al.*, 2004).

Por ello, la agricultura sostenible se ha convertido en el nuevo paradigma para muchos países de la región de América Latina y el Caribe, toda vez que se ha argumentado y aceptado su pertinencia para las condiciones biofísicas y socioeconómicas de los sistemas agrícolas predominantes, donde la agricultura intensiva ha fracasado. Debido a que la agricultura sostenible no se enfoca sobre la base del productivismo, existen muchas personas que cuestionan sus ventajas; sin embargo, los argumentos y estudios realizados han permitido demostrar que constituye una solución que se basa en la agroecología, con un gran enfoque social, por lo que es muy resiliente y reduce significativamente los impactos negativos sobre el medio ambiente, sin comprometer el futuro de los sistemas agrícolas y los ecosistemas naturales cercanos (Altieri, 1994; Pengue, 2005; Lovato y Schmidt, 2006; Sevilla, 2007).

## 2.2 Origen, evolución y dispersión del tabaco.

Ternovsky (1971) afirma que el tabaco de cultivo proviene de un cruzamiento natural de dos especies silvestres, o sea, *Nicotiana sylvestris*, *Spegazzini and Comes* y *Nicotiana tomentosa*, Ruiz and Pavón o de *Nicotiana tomentosiformis*, *Goodspeed*. La confirmación de lo dicho fue obtenida por una serie de autores al estudiar la conjugación de los cromosomas en el proceso de la meiosis; este probable origen del tabaco también confirmado por el hecho de encontrarse las áreas geográficas de propagación de los genitores del género muy cercanos uno del otro, que coincide en la Argentina y Bolivia; señala que estos experimentos fueron repetidos y confirmados. Kawashima *et al.*, (1976) concuerdan que *Nicotiana tabacum* se originó a partir de la hibridación de tales especies; plantea que los experimentos bioquímicos confirman que *Nicotiana sylvestris* fue el progenitor femenino y *Nicotiana tomentosiformis* el masculino. Mediante análisis cromatográficos, se llegó a la conclusión de que estas especies fueron los progenitores.

Como lo confirman las investigaciones realizadas, en América del Sur se desarrolló ampliamente el tabaco, a lo largo de Argentina, Bolivia y Perú y paulatinamente fue llevado hacia América Central, del Norte e islas del Caribe. Posteriormente su dispersión continuó hacia otros continentes. Mac Pherson (1933) señala que fue introducida en la India y China por los portugueses en el año 1617; Cortina (1939) que a principios del siglo XVI fue introducida en España y Portugal. Además, Chevalier y Enmanuel (1953) corroboran que en 1559 había llegado a España y Gisquet e Hitier (1961) ratifican que las primeras semillas de tabaco se introdujeron en Francia en 1556.

Al trabajar con un conjunto de variedades de diferentes países y tipos de tabaco en áreas del centro de investigaciones del tabaco y la Majorka de Krasnodar, Rusia y en la sub Estación de Genética del Tabaco en el Escambray, Cuba, llegan a la conclusión de que sólo existen diferencias significativas entre tres macrogrupos de la *Nicotiana tabacum* L. y dan a estos los nombres de *macrophylla*, *mesophylla* y *microphylla*. Según Espino (1996a) esta clasificación no tiene un uso generalizado y es por lo que en Cuba sólo se reconocen los siguientes tipos: los tabacos negros que ocupan el 88.3% del área nacional, el tabaco Virginia el 9.8% y el tabaco Burley el 1.9% Espino y Torrecilla, 1999).

### **2.3 El tabaco en Cuba.**

El archipiélago cubano se encuentra situado en el Mar Caribe a la entrada del Golfo de México entre los 19 y 24 grados de latitud Norte y los 74 y 89 grados de longitud Oeste, posee clima y suelo óptimo para el cultivo del tabaco. La superficie total es de 11 066 400 ha, de ellas 60 000 hectáreas de tierra dedicadas a este cultivo (Cubatabaco, 1997) que están representadas por cinco zonas tabacaleras clásicas: Vuelta Abajo y Semivuelta en Pinar del Río, Partido en la Habana, Remedios o Vuelta Arriba en las provincias Sancti Spiritus, Villa Clara y Cienfuegos y Oriente en Ciego de Ávila, Holguín y Granma.

En Cuba la producción de tabaco no llega ni al uno por ciento de la producción mundial. Según Figueroa (1997) el rendimiento agrícola promedio es bajo, alrededor de los 680 kg/ha (Instituto de Investigaciones del Tabaco, 1997) que se alejan de las obtenidas por las distintas estaciones experimentales en las áreas de investigación y extensiones agrícolas que oscilan entre 1 500 y 3 000 kg/ha.

### **2.4 Ecología del tabaco.**

El tabaco, expresan Marí y Hondal (1984) es una de las especies más susceptibles a la influencia de los diversos factores que integran el medio en que se desarrolla; no solo, en lo concerniente a su producción unitaria, sino también en cuanto a su calidad. Durante el desarrollo de la plantación necesita aproximadamente una temperatura entre 18 y 28 °C, siendo la óptima entre 25 – 27 °C (Alfonso, 1975) y para completar su ciclo vegetativo necesita una integral térmica de 1 800 - 3 700 °C en todo el período vegetativo.

Un clima cálido de humedad no excesiva, luz no muy intensa y brisas favorables sería lo más beneficioso para la obtención de altos rendimientos y buena calidad.

### **2.5 El banco de germoplasma de tabaco cubano.**

La colección de tabaco de Cuba se conserva en el Instituto de Investigaciones del Tabaco, desde su creación ha estado comprometido con el mejoramiento genético de las variedades locales de tabaco, y ha gestionado la adquisición e importación de semillas de variedades provenientes de otros países tabacaleros, con el fin de estudiarlas a nuestras condiciones agro climáticas, para más tarde ser utilizadas en programas de mejora de las

variedades, donde los materiales foráneos actúan como padres donantes de características deseables (Torrecilla, 2004).

Los registros de introducción más antiguos, y de los cuales se conserva la especie, datan de 1960. Desde antes de la creación del Instituto, en 1970, ya se habían introducido variedades. El banco de germoplasma formado por 832 accesiones realiza investigaciones, así como actividades para el enriquecimiento, conservación, caracterización y uso de germoplasma, destinadas a ampliar y conocer su variabilidad genética. Estas acciones se documentan en sistemas de información apropiados (Torrecilla, 2007).

## **2.6 Principales enfermedades que afectan el tabaco.**

### **2.6.1. Moho azul (*Peronospora hyoscyami de Bari f.sp.tabacina*).**

El moho azul del tabaco, causado por *P. hyoscyami*, es una enfermedad caracterizada por su agresividad patogénica de muy rápida diseminación, capaz de causar pérdidas verdaderamente devastadoras, en un tiempo extraordinariamente breve (Main, 2005).

El moho azul atacó las plantaciones de Cuba en 1957, probablemente a causa de los conidios arrastrados por el viento desde la Florida (Ruisanchez, 1958; Pandiello, 1958). Se registraron pérdidas considerables en 1958 y no se volvió a reportar su incidencia hasta la campaña 1979/80 en que causó severísimos daños a la producción tabacalera (Muiño *et al.*, 2001a). A partir de ese momento, la enfermedad en Cuba se ha presentado prácticamente en todas las temporadas con mayor o menor virulencia.

La manifestación del moho azul en plantación, está dada por la presencia de grupos de manchas amarillas que aparecen como ronchas circulares en las hojas. A menudo éstas se unen para formar pequeñas zonas necróticas de color carmelita claro, las hojas se arrugan y desfiguran, grandes porciones de ellas se desintegran y de tal modo quedan totalmente inutilizadas. El hongo puede destruir todas las hojas en cualquier etapa de crecimiento. Además, se pueden producir lesiones en los botones, flores y cápsulas (Ngugi y Scherm, 2006).

En los campos, las plantas pueden sufrir una infección sistémica capaz de retrasar el desarrollo, y esto puede ocurrir sin que se observen los demás síntomas (Lahoz *et al.*, 2006).

### **2. 6 .2 Pata prieta (*Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* Bread de Haan ).**

El agente patógeno de suelo *P. nicotianae*, causante de la enfermedad pata prieta en el cultivo del tabaco, fue considerado, desde el punto de vista patogénico, relativamente estable durante muchos años; sin embargo, en 1952, Powers y Lucas (citados por Lucas, 1965) reportaron un aislado de muy baja virulencia, mientras que otros investigadores encontraron aislados que variaban de débiles a sumamente virulentos.

Desde 1990 se funda el programa de Colaboración de Coresta para analizar la variabilidad patogénica y racial del *P. nicotianae*, lo cual es de vital importancia para patólogos y genetistas (CORESTA, 2007).

Apple (1962), reportó la especialización fisiológica y describió la raza 0 o raza común, como aquellos aislamientos no patogénicos a *Nicotiana plumbaginifolia*, a diferencia de los que resultaban patogénicos a esta especie, que los diferenció como raza 1, la más dañina según Li *et al.*, (2006).

Para la disminución de las afectaciones por pata prieta, se han desarrollado diferentes estrategias, tales como: detección del inóculo en suelo, control químico y biológico, manejo de la resistencia a fungicidas, rotación de cultivos, entre otros, además de la utilización de variedades resistentes que se han obtenido en los diversos programas nacionales de mejoramiento genético (Quintana, 2005). Sin embargo, en los últimos años, se han presentado afectaciones inusuales en variedades resistentes a la raza 0 del *Phytophthora* en diferentes provincias que hacen pensar en un incremento o cambio en la virulencia de los aislados cubanos (Toledo, 2003).

Los propágulos de *Phytophthora* presentan comportamientos de germinación alternativos que dependen de los factores ambientales y es de hecho una extraordinaria adaptación para la sobrevivencia (Ngugi y Scherm, 2006; Rogers, 2006).

### **2. 6. 3 Virus del mosaico del tabaco (TMV).**

Pandidam *et al.* (1995), explican que existen 16 virus responsables de los daños provocados en el cultivo del tabaco y por la magnitud de las afectaciones que ocasiona, el virus del mosaico del tabaco (TMV), es el de mayor importancia. Este virus se presenta en todos los países en que se cultiva esta planta.

En Cuba, el TMV constituye una enfermedad endémica, la estirpe más frecuente es la denominada severa (TMV s) (Santiesteban y Quintero, 1975).

Estos autores exponen, que en plantas jóvenes las hojas presentan a menudo marcada desfiguración, así como irregularidades en el crecimiento. En otros casos se suspende el desarrollo de la lámina de la hoja, con lo cual la misma será estrecha e irregular (Murphy *et al.*, 2003).

En las hojas inmaduras se manifiesta una clorosis parcial o completa o un jaspeado con distintos matices de verde. A menudo tales hojas desarrollan ampollas o tumefacciones de aspecto y distribución variados. Frecuentemente la planta se presenta raquítica y pesa menos que las normales de igual edad (Ciuperca *et al.*, 2006).

Las flores de las plantas afectadas presentan ronchas típicas y en casos severos, están mal formadas (Stange, 2006). En tal caso las cápsulas de semillas son anormalmente pequeñas y encogidas y por lo general contienen muy pocas semillas viables (Bertrand *et al.*, 2007).

Según Quintero (1975), el TMV es transmisible por la savia y resulta uno de los virus de plantas más infecciosos. Su entrada en una célula depende de muchos factores, tales como tipo de la herida, resistencia de la epidermis, presencia de inhibidores y concentración del virus. Wilkinson (2007), informa que la semilla de tabaco puede transmitir TMV.

## **2. 6.4 Necrosis ambiental.**

La mayor parte del ozono troposférico procede de procesos fotoquímicos complejos que ocurren a partir de la oxidación de hidrocarburos y monóxido de carbono en presencia de óxidos de nitrógeno y radiación solar. Este proceso tiene lugar mediante una serie de reacciones complejas que, en una atmósfera no contaminada (Wayne, 1987; Finlaysson-Pitts, 1993), forman parte del ciclo del carbono, al transformar compuestos orgánicos en dióxido de carbono y vapor de agua.

Actualmente se reconoce al ozono como uno de los contaminantes atmosféricos más fitotóxicos; sus efectos son conocidos desde finales de los años 50 (Richards *et al.*, 1958) y pueden manifestarse primero en las hojas basales de maduración reciente, que quedan marcadas por infinidad de lunares, manchas irregulares, húmedas, estrechamente unidas, que varían en tamaño de 1 a 3 mm de diámetro y se presentan por el haz de la hoja. Las manchas a menudo se concentran a los lados del nervio central y de las grandes venas secundarias. En las hojas en crecimiento las manchas aparecen cerca del ápice. En 48 horas o menos la lesión cambia de carmelita a gris o blanco, y al ser mejor examinada se presenta como una zona necrótica hundida, bordeada por tejido necrótico (Fiscos *et al.*, 2005; Davison & Barnes, 1998).

Sin embargo, previamente a las alteraciones visibles, se ven afectados numerosos procesos bioquímicos y fisiológicos (Krupa & Manning, 1988). El grado de alteración o la toxicidad del contaminante viene determinado principalmente por tres procesos: la captación del contaminante, las reacciones químicas del mismo en los diferentes lugares de actuación y la capacidad de la planta para activar sus mecanismos de defensa.

Los efectos del ozono se han clasificado en función del tipo de exposición al contaminante en agudos y crónicos:

- Daños agudos: tienen lugar durante episodios de concentraciones elevadas del contaminante. En la mayoría de los casos se producen daños foliares visibles como consecuencia de la muerte celular y se desarrollan en unas pocas horas o días después de la exposición de la planta al O<sub>3</sub> en forma de moteaduras de color pardo-rojizo, quemaduras o áreas blanquecinas.
- Daños crónicos: están provocados por concentraciones bajas de ozono durante largos periodos de tiempo. Se manifiestan más lentamente que los primeros, observándose un lapso de tiempo que varía entre días y semanas después de la exposición de la planta al O<sub>3</sub>. Es frecuente que se aceleren los procesos de senescencia foliar o de clorosis internervial en el haz de la hoja. Aunque este tipo de exposición implica un impacto inicial menor, puede tener unas consecuencias acumulativas graves. En especies leñosas puede producir efectos indirectos, también llamados “efectos memoria”, como son los cambios en la susceptibilidad de la planta frente a otros tipos de estrés, tales como heladas o sequías,

o bien alteraciones de la sensibilidad al contaminante de los brotes nuevos en el sentido de aumentarla o reducirla.

Existen numerosos estudios que demuestran que la fitotoxicidad del O<sub>3</sub> está modulada por diversos factores ambientales, fundamentalmente la humedad del suelo, la temperatura y la humedad relativa del aire.

#### **2. 6.4. 1 Efectos del ozono en los cultivos agrícolas**

Los efectos del ozono sobre los cultivos agrícolas pueden clasificarse en tres grandes grupos:

- Efectos sobre la apariencia externa.
- Efectos sobre la productividad económica.
- Efectos sobre la calidad de la producción.

Uno de los efectos más habituales del O<sub>3</sub> es la inducción de síntomas visibles en las hojas de las especies vegetales de uso agronómico, dando lugar en ocasiones a una patología característica.

El veteado ambiental o manchas por Ozono (aunque pueden haber otros contaminantes, Ozono es el principal) es una anomalía no parasítica que se produce cuando masas de aire con concentración de Ozono (O<sub>3</sub>) por encima de 70 µg/m<sup>3</sup> inciden sobre el cultivo del tabaco durante varias horas; el O<sub>3</sub> penetra en la hoja básicamente por los estomas inundando las cámaras subestomáticas y espacios intercelulares del parénquima lagunoso afectando células del parénquima en empalizada que parece ser el más sensible, después células del parénquima lagunoso y después células epidérmicas(MINAG, 2004).

La primera observación en campo de daños foliares inducidos por el O<sub>3</sub> en cultivos agrícolas se realizó sobre la vid (Richards *et al.*, 1958); desde entonces se han detectado estos síntomas específicos en numerosas especies agrícolas: alfalfa, judía, melón, patata, rábano, sandía, soja, tabaco, tomate, vid (Fumagalli *et al.*,2001).

El ozono produce efectos perjudiciales en las plantas. Los más llamativos son los **daños visibles** en las hojas, pero antes de que éstos se manifiesten pueden presentarse alteraciones a nivel bioquímico, **fisiológico** y **anatómico**. Por su relevancia económica, son particularmente importantes los efectos sobre el **crecimiento y la producción**, especialmente en cultivos.

#### **2. 6.4. 1.1 Efectos sobre el crecimiento y la producción.**

Las plantas que crecen bajo niveles altos de ozono pueden experimentar disminuciones en su crecimiento y/o biomasa. Este aspecto ha sido estudiado especialmente en cultivos, por su interés económico. La reducción en la asimilación de CO<sub>2</sub> puede producir menores crecimientos de las plantas, así como una menor movilización de los carbohidratos desde las hojas (órganos fuente) hacia raíces, flores y frutos (órganos sumideros). La movilización puede estar también alterada por los efectos directos del ozono sobre las células del floema, responsable del transporte de la savia.

Como consecuencia de estas alteraciones, en algunas especies sensibles, se observa un menor crecimiento de las raíces en relación con la parte aérea de la planta (disminuye el cociente entre la biomasa radicular y aérea). La menor disponibilidad de carbohidratos también produce una menor producción de tubérculos (patatas), un mayor porcentaje de frutos inmaduros, y frutos de menor calibre y menos dulces.

#### **2.6.4.1.2 Efectos a nivel fisiológico.**

El ozono afecta a diversos procesos fisiológicos. Uno de las respuestas más frecuentes es la disminución de la asimilación del CO<sub>2</sub>. La menor tasa de fotosíntesis puede finamente repercutir el crecimiento, reproducción y capacidad de respuesta de las plantas frente a otros estreses.

En esta reducción en la asimilación pueden intervenir diversos procesos:

- a) Disminución de la apertura de los estomas: se produce una reducción en la conductancia estomática de las hojas.
- b) Reducción del contenido en clorofila.
- c) Efectos a nivel del fotosistema II (con la fluorescencia se detecta reducción en la eficiencia cuántica del fotosistema II (PSII)).
- d) Reducción en el contenido y actividad de enzimas como la Rubisco (Ribulosa-1.5-difosfato carboxilasa). Este enzima es uno de los más abundantes en los vegetales y ejerce un papel clave en la fotosíntesis.

#### **2.6.4.2 Perfiles diarios de ozono**

Las reacciones químicas que intervienen en la formación de ozono troposférico dependen de factores como la intensidad de luz y, en general, provocan una marcada variación diurna, con concentraciones más elevadas durante los mayores niveles de radiación solar y valores mínimos durante la noche (Böhm *et al.*, 1991).

A media mañana, los niveles de NO son bajos debido a su reacción con los radicales procedentes de los hidrocarburos, lo que provoca que los niveles de ozono se incrementen rápidamente, ya que no puede reaccionar con el NO. A medida que avanza la tarde, los niveles de hidrocarburos presentes en la atmósfera disminuyen la formación de NO<sub>2</sub>. Esto, junto a la disminución de la radiación solar, provoca la reducción de la concentración de ozono (Toupance, 1988).

En zonas rurales, además de estos procesos de formación y destrucción de ozono, intervienen de forma notable los procesos de transporte de contaminantes. En estas áreas afectadas por el transporte de masas de aire que presentan precursores del ozono, el enfriamiento radiactivo que se produce durante la noche provoca la formación de inversiones térmicas de superficie que delimitan dos estratos. El estrato superior, con una elevada concentración de ozono, se haya por encima de la inversión y quedaría aislado respecto al estrato inferior situado entre el suelo y el final de la inversión. La concentración del ozono disminuiría lentamente en este estrato inferior como consecuencia de su intervención en reacciones químicas y de su depósito seco. Durante la mañana, al romperse la inversión como consecuencia del aumento de radiación solar, se obtiene un rápido incremento de la concentración de ozono en superficie, al principio por mezcla de la capa enriquecida de ozono que se encuentra en altura y, posteriormente, por la formación fotoquímica de ozono cerca de la superficie, siempre que existan precursores (Kelly *et al.*, 1984). Las concentraciones de ozono disminuirán lentamente durante las últimas horas de la tarde, cuando la radiación solar es más débil y comienza la formación de una nueva inversión en superficie.

#### **2. 6.4.3 Formas de control.**

El conjunto de medidas que se exponen a continuación son el resultado del trabajo de especialistas de Sanidad Vegetal de la Habana, CNSV e INISAV con resultados aprobados en distintas campañas de frío (MINAG, 2004).

Nuestros cultivos pueden ser afectados cuando:

<b>Concentraciones de O<sub>3</sub> (microgramo/m<sup>3</sup>)*</b>	<b>Daño</b>
Mayor de 70 Impacto directo	Acción oxidante sobre los tejidos provocando Necrosis con disminución del área fotosintética. Propicia el ataque de patógenos oportunistas como Alternaria sp y otros.
30- 65	Situación Normal
Menor de 30	Predisposición del cultivo al ataque de Plagas por depresión fisiológica

\*  $\mu\text{g} = 10^{-6}\text{g}$

La sensibilidad está relacionada con la actividad metabólica y en general el comportamiento de las hojas o partes de éstas puede ser el siguiente.

Las hojas jóvenes de alta actividad metabólica tienen más posibilidad de neutralizar las reacciones de oxidación del O<sub>3</sub>. Las hojas maduras tienen células con pared celular con suberización interna que le confiere resistencia.

Hojas jóvenes no maduras fisiológicamente.                      Más resistentes

Hoja completamente madura.

Hojas recién maduradas fisiológicamente                      -                      Más sensibles

#### **2.6.4.3.1 Medidas a tomar en cuenta ante niveles afectadores de O<sub>3</sub>.**

Garantizar que los “PARTES” de alerta lleguen a todos los productores.

Garantizar la atención adecuada de las plantaciones eliminando cualquier factor que debilite la planta.

Mantener el riego como está normado evitando sobrehumedecimiento, encharcamientos o falta de agua.

Evitar atrasos en la puesta de tela para el tabaco tapado, manteniendo las puertas de las vegas cerradas.

Garantizar una fertilización adecuada.

Si está en fase de cosecha no permitir atrasos.

Mantener el campo libre de Malezas para evitar la competencia por el agua, luz y nutrientes.

Asperjar las plantaciones donde la estrategia lo permita o se pueda hacer coincidir con la misma con carbamatos como Zineb 75 PH o Mancozeb 80 PH garantizando una buena cobertura.

De manera similar al punto anterior y como alternativa espolvorear con Zineb 15-16 P o Mancozeb 15 P logrando protección en el envés de la hoja donde se localizan la mayor cantidad de estomas.

Micro localizar las áreas (depresiones, valles, etc.) que por su situación topográfica o de circulación se producen acumulaciones de masas de aire con altas concentraciones y donde históricamente se presentan los mayores daños y dirigir acciones específicas de protección en las mismas.

No aplicar Amístar o Bion al tabaco cuando existen altas concentraciones de O<sub>3</sub> o pronóstico de su ocurrencia u otro producto ILICITADOR (inductor de la producción de proteína de resistencias u otros compuestos).

Si el tabaco está cosechado, no exponerlo al ambiente, ya que puede ser afectado.

En las casas donde se cura el tabaco cerrar puertas y ventanas.

Lograr buena cobertura con los tratamientos de protección con Carbamatos, resulta indispensable.

Garantizar que las medidas agrotécnicas estén al día (Tape palito, Desbotone, Aporque, Deshije)

Después de afectadas las hojas por el ozono se puede incrementar la acción de patógenos oportunistas como Alternaria sp y otros que pueden incrementar los daños por lo que resulta necesario ganar calidad en la protección.

Cuando se pronostican niveles bajos de O<sub>3</sub> existirá predisposición de la planta al daño por distintos agentes nocivos por lo que debe incrementarse la vigilancia en las plantaciones. Garantizar una correcta evaluación de los daños incorporando estas observaciones a los REGISTROS TERRITORIALES HISTORICOS DE LAS ETTPP.

### **3. MATERIALES Y METODOS.**

#### **3.1 Características generales del lugar donde se realizaron los ensayos.**

La investigación fue ejecutada en dos etapas (condiciones de campo y controladas):

La primera basada en la selección de las variedades resistentes al ozono troposférico (O<sub>3</sub>) en condiciones de campo en la Estación Experimental del Tabaco de Cabaiguán, ubicada a dos kilómetros del municipio del mismo nombre, en la carretera de Santa Lucía, provincia de Sancti Spíritus, localizada entre los 22<sup>o</sup> 25 de latitud Norte y los 79<sup>o</sup> 32 de longitud Oeste, con una elevación de 134 m sobre el nivel del mar.

Las variedades se desarrollaron en un suelo Pardo Sialítico Carbonatado, de acuerdo a la nueva versión de la Clasificación Genética de los suelos (Cuba, 1999), uno de los suelos más representativos de la producción de tabacalera en las provincias centrales y orientales del país.

La segunda etapa se realizó en la Clínica de Retinosis Pigmentaria ubicada en la provincia de Sancti Spiritus, municipio Sancti Spíritus con el objetivo de evaluar el efecto de las variedades estudiadas en condiciones controladas a los diferentes momentos y concentraciones de ozono

Esta investigación comenzó en el año 2006 y concluyó en el 2008.

Todas las labores culturales al cultivo fueron realizadas de acuerdo con lo recomendado en el Instructivo Técnico del tabaco negro cultivado al sol (Cuba, 1998).

Las variables climáticas de la zona donde fue desarrollada la investigación en condiciones de campo que se expone en el presente trabajo fueron tomadas de los datos de la

Estación Agrometeorológica de la Estación Experimental del Tabaco Tabla 1 y 2 donde fueron analizados los siguientes períodos:

**TABLA 1.** Datos promedios de las variables climáticas en el período de campo. Campaña 2006 - 2007.

Meses	Humedad relativa (%)	Temperatura seca (c <sup>0</sup> ).	Temperatura mínima (c <sup>0</sup> ).	Temperatura máxima (c <sup>0</sup> ).	Precipitaciones (mm <sup>3</sup> )
Nov	76	25,1	17,5	30,9	63,3
Dic	80	24,7	19,9	29,5	16,6
Ene	74	24,2	17,8	29,5	8,8
Feb	78	24,4	17,3	30,0	28,7
Mar	84	24,8	18,7	30,3	180,0

**TABLA 2.** Datos promedio de las variables climáticas en el período de campo. Campaña 2007 - 2008.

Meses	Humedad relativa (%)	Temperatura seca (c <sup>0</sup> ).	Temperatura mínima (c <sup>0</sup> ).	Temperatura máxima (c <sup>0</sup> ).	Precipitaciones (mm <sup>3</sup> )
Nov	75	24,2	18,3	29,9	6,2
Dic	78	24,4	17,6	29,3	57,8
Ene	80	23,2	15,9	27,3	60,7
Feb	70	24,7	16,8	30,4	16,8

Mar	72	25,3	17,1	32,0	46,8
-----	----	------	------	------	------

Los datos de temperatura media y humedad relativa se refieren a promedios diarios de cinco observaciones trihorarios de 7.00 am a 7.00 pm.

Las variedades estudiadas en el trabajo fueron: “*Nicotiana Tabacum* 4085”, “Penna Havana”, “Con Hav 205”, “Fiks A”, “Habana Vuelta Arriba”, “Havana 1125”, “Hevesi MP 81”, “Havana SL 184”, “Cabaiguán 13”, “Corojo Especial”, “Hevesi 45”, “ITB 19”, “Hav S. 142 A3”, “SC 14” y “Dundi VI”. En la tabla 3 se muestran algunas características de origen y de resistencia.

**TABLA 3.** Principales características de las variedades estudiadas.

Variedad	Tipo de tabaco	Origen genético	Resistencia		
			Moho azul	Pata prieta	VMT
<i>Nicotina Tabacum</i> 4085	Negro	Hibridación	AS	S	S
Penna Havana	Negro	Hibridación	AS	S	S
Con Hav 205	Negro	Hibridación	S	MS	S
Fiks A	Negro	Hibridación	AS	S	-
Habana Vuelta Arriba	Negro	Hibridación	R	R	R
Havana 1125	Negro	Hibridación	S	S	S
Hevesi MP 81	Negro	Hibridación	MS	S	S
Havana SL 184	Negro	Hibridación	S	R	S
Cabaiguán 13	Negro	Hibridación	MS	MS	S

Corojo Especial	Negro	Hibridación	MR	AR	S
Hevesi 45	Negro	Hibridación	-	-	-
ITB 19	Negro	Hibridación	MR	AS	R
Hav S. 142 A3	Negro	Hibridación	MS	S	S
SC 14	Negro	Hibridación	MS	S	S
Dundi VI	Negro	Hibridación	AS	S	S

Leyenda:

AR: Altamente resistente.

R: Resistente.

MR: Moderadamente resistente.

S: Susceptible.

MS: Moderadamente susceptible.

AS: Altamente susceptible.

### 3.2 Estudio del efecto de O<sub>3</sub> en condiciones de campo.

En este ensayo de campo se utilizaron 75 plantas de cada variedad replicadas dos veces procedentes de un semillero flotante de tabaco, las que fueron plantadas en una parcela donde no se aplicaron fungicidas y se mantuvo alta humedad, mediante el empleo de riego por aspersión con intervalos de cuatro días con una norma de 150 m<sup>3</sup>/ha.

En iguales condiciones se plantó la variedad Bel w3 que muestra alta susceptibilidad a la necrosis ambiental.

Para la evaluación de los daños causados por O<sub>3</sub> se aplicó la metodología citada por García (2008) donde se evaluaron 10 plantas al azar en cada variedad cuando comenzaron a florecer. Se le contaron las hojas afectadas (HA) con lesiones de ozono y se les recolectó la hoja más afectada para determinar el número de manchas (NM) por cm<sup>2</sup>. Se extrajo de la parte más afectada un cuadrado de 10 x 10 cm. Se contaron las lesiones y se dividieron entre 100. Posteriormente se multiplicaron los promedios de hojas

con daños (HA) por los números de manchas (NM) y se determinó el Índice de afectación (IA). Los valores obtenidos se relacionaron con la escala siguiente (García 2006):

<u>Índice de afectación (IA)</u>	<u>Nivel de Resistencia</u>
0,0 – 5,0	Altamente resistente (AR).
5,1 – 10	Moderadamente resistente (MR).
10,1 – 15	Baja (B).
> 15	Susceptible (S).

Según el Sistema de Aviso Temprano (SAT-03) emitido por el grupo multidisciplinario ozono troposférico del Instituto Nacional de Meteorología, pronosticaron, que en ambas campañas en las que se realizaron las evaluaciones hubo afectaciones directas por ozono en las provincias centrales, es decir concentraciones por encima de  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (0.035 ppm), para la campaña (2006- 2007) se informaron cuatro días y cinco días en la campaña (2007-2008), lo que facilitó que en ambas campañas las condiciones fueran favorables para el desarrollo de las lesiones producidas por el ozono.

### **3.2.1 Primera campaña.**

Durante la primera campaña tabacalera se determinó la resistencia a la necrosis ambiental en 15 variedades (*Nicotiana Tabacum* 4085, Penna Havana, Con Hav 205, Fiks A, Habana Vuelta Arriba, Havana 1125, Hevesi MP 81, Havana SL 184, Cabaiguán 13, Corajo Especial, Hevesi 45, ITB 19, Hav S. 142 A3, SC 14 y Dundi VI) de tabaco tipo negro del banco de germoplasma.

### **3.2.2 Segunda campaña.**

En esta campaña se estudiaron las variedades de tabaco (*Nicotiana tabacum* 4085, ITB<sub>19</sub>, Hav S. 142 A<sub>3</sub>, SC<sub>14</sub> y Dundi VI) que resultaron tener un nivel alto de resistencia a la necrosis ambiental en la primera campaña con el objetivo de tener una mayor precisión en los resultados obtenidos en la campaña anterior.

### **3.3 Estudio del efecto de O<sub>3</sub> bajo condiciones controladas.**

Este ensayo efectuado bajo condiciones controladas se desarrolló durante los meses de abril – agosto del año 2008 encaminado a determinar el efecto del O<sub>3</sub> sobre las 5 variedades de tabaco del banco de germoplasma que mostraron un nivel de resistencia alto en el ensayo referido anteriormente, para ello se ejecutó la riega de semilla en un semillero flotante (figura 1) donde se tomaron en cuenta todas las medidas necesarias para obtener posturas sanas.

Las mismas fueron transplantadas para bolsas de polietileno (figura 2) cuando alcanzaron los 30 días de sembrada para lograr que las plantas cuando se fueran a evaluar ya hubieran pasado el estrés del transplante.

Los ensayos consistieron en someter 2 plantas por variedad en campanas de cristal hermetizadas de 17,1 litros de capacidad (figura 3), durante períodos de 72 horas de exposición, posturas de 40, 50 y 60 días de edad de las variedades a concentraciones de 0,041, 0,051, y 0,061 ppm respectivamente. Para realizar estos estudios se tuvo en cuenta como criterio de selección investigaciones realizadas anteriormente por (Matyseek e Innes, 1999), los que plantean que el índice (concentración de O<sub>3</sub> acumulada por encima del umbral de 0,040 ppm) son la base para estimar el riesgo potencial del ozono para la vegetación.

A continuación se presentan los tratamientos utilizados:

- **Tratamiento 1:** Aplicación de una dosis de 0.041 ppm mediante la adicción de 14cc de O<sub>3</sub> durante 72 horas en las diferentes edades de la planta.
- **Tratamiento 2:** Aplicación de una dosis de 0.051 ppm mediante la adicción de 28 cc de O<sub>3</sub> durante 72 horas en las diferentes edades de la planta.
- **Tratamiento 3:** Aplicación de una dosis de 0.061 ppm mediante la adicción de 42cc de O<sub>3</sub> durante 72 horas en las diferentes edades de la planta.

La obtención de las diferentes dosis se realizó con el empleo de un equipo generador de ozono, modelo OZOMED, que convierte el O<sub>2</sub> en ozono (O<sub>3</sub>) y el cual se encuentra ubicado en la Clínica de Retinosis Pigmentaria del Ministerio de Salud Publica (MINSAP) en Sancti Spíritus. Las aplicaciones de cada dosis se realizaron mediante una aguja

hipodérmica a través de un tubo de goma localizado en el extremo superior de las campanas.

Las evaluaciones consistieron en la determinación de la cantidad de manchas que aparecieron en la parte basal, central y apical de las cuatro hojas evaluadas por cada planta, para el mismo se tomó un cuadrado de 1cm x 1cm y se le colocó en la porción más afectada de cada una de las partes. Se contaron las lesiones por centímetro cuadrado y se le halló el promedio en cada parte de la hoja.

El testigo consistió en el mismo procedimiento pero sin la aplicación del ozono.

### **3.4 Procesamiento estadístico.**

Para el procesamiento de la información se utilizó el procedimiento MLG Univariante del paquete estadístico SPSS, 15.0 para Windows Versión 15.01 (22 Nov 2006), que proporciona un análisis de varianza para una variable dependiente con respecto 2 ó más factores, en nuestro caso las variables dependiente fueron (base, centro y ápice) y los factores (momento y variedades).

Foto: Semillero en bandejas flotantes de tabaco



Foto: Plantas de tabaco sembradas en bolsas de polietileno.



Foto: Se observa las plantas dentro de las campanas de cristal después de suministrarle las diferentes dosis de ozono.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.2 Experimento de campo:

Los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas en condiciones de campo a las variedades estudiadas frente al  $O_3$  se muestran a continuación.

#### 4.2.1 Primera campaña.

En la Tabla 4 se observan los resultados de la respuesta de las variedades frente a la necrosis ambiental. Se presentó alto nivel de resistencia (AR) en las variedades: '*Nicotiana tabacum* 4085', 'Dundi VI', 'ITB 19', 'Hav S. 142 A3' y 'SC 14', las cuales pueden constituir fuentes de resistencias para programas de mejoramiento genético.

Según los resultados las variedades "Penna Havana", "Con Hav 205", "Fiks A", "Habana Vuelta Arriba", "Havana 1125", "Hevesi MP 81", "Havana SL 184", "Cabaiguán 13",

“Corojo Especial” y “Hevesi 45” manifestaron ser susceptibles (S), las que fueron afectadas totalmente. En condiciones de campo los daños causados por contaminantes del aire se deben principalmente al ozono (O<sub>3</sub>) (Herrera, 1981).

En las plantas se observó afectación en la floración y en las hojas para el comercio. La incidencia de este gas aceleró la maduración, abscisión de las hojas y la disminución de los rendimientos.

Estos resultados corroboran lo planteado por Ramírez *et al.*, (1997), el cual refiere que en Cuba las concentraciones de ozono troposférico son la causa de las afectaciones producidas en tabaco.

**Taba 4:** Resultados obtenidos en la evaluación de las variedades en la campaña 2006-2007.

Variedades	Hojas afectadas (H.A)	# de manchas (N. M)	Indice de afectación (I.A)	Grado de resistencia
<b>Nicotiana Tabacum</b> 4085	0.3	0.3	0.09	AR
Penna Havana	5.3	7.5	10.5	S
Con Hav 205	5.2	8.3	43.16	S
Fiks A	5.1	5.8	29.58	S
Havana Vuelta Arriba	5.0	5.35	26.8	S
Havana 1125	2.8	5.7	15.9	S
Hevesi MP 81	8.3	6.2	51.5	S
Havana SL 184	6.4	6.8	43.5	S
Cabaiguán 13	3.0	4.5	13.5	S
Corojo Especial	3.1	3.3	10.23	S
Hevesi 45	4.2	5.5	23.1	S
ITB 19	0.8	0.36	0.29	AR
Hav S. 142 A3	0.8	0.2	0.16	AR

SC 14	1.3	1.5	1.95	AR
Dundi VI	0.4	0.73	0.29	AR

#### 4.2.2 Segunda campaña.

El estudio en esta campaña consistió en corroborar la resistencia obtenida en la evaluación anterior donde la valoración se fundamentó en medir las afectaciones en las variedades anteriormente reportada. En la Tabla 5 se observa los resultados de las cinco variedades estudiada: '*Nicotiana tabacum* 4085', 'Dundi VI', 'ITB 19', 'Hav S. 142 A3' y 'SC 14', las cuales se manifestaron con los mismos valores en la escala utilizada, lo que coincidió con el grado de resistencia de estas ante el ataque de ozono.

**Taba 5:** Resultados obtenidos en la evaluación de las variedades en la campaña 2007-2008.

Variedades	Hojas afectadas (H.A)	# de manchas (N. M)	Indice de afectación (I.A)	Grado de resistencia
<i>Nicotiana tabacum</i> 4085	1.6	0.24	0.38	AR
ITB 19	1.3	0.37	0.48	AR
Hav S. 142 A3	2.0	0.29	0.58	AR
SC 14	0.8	0.11	0.09	AR
Dundi VI	2.0	0.41	0.82	AR

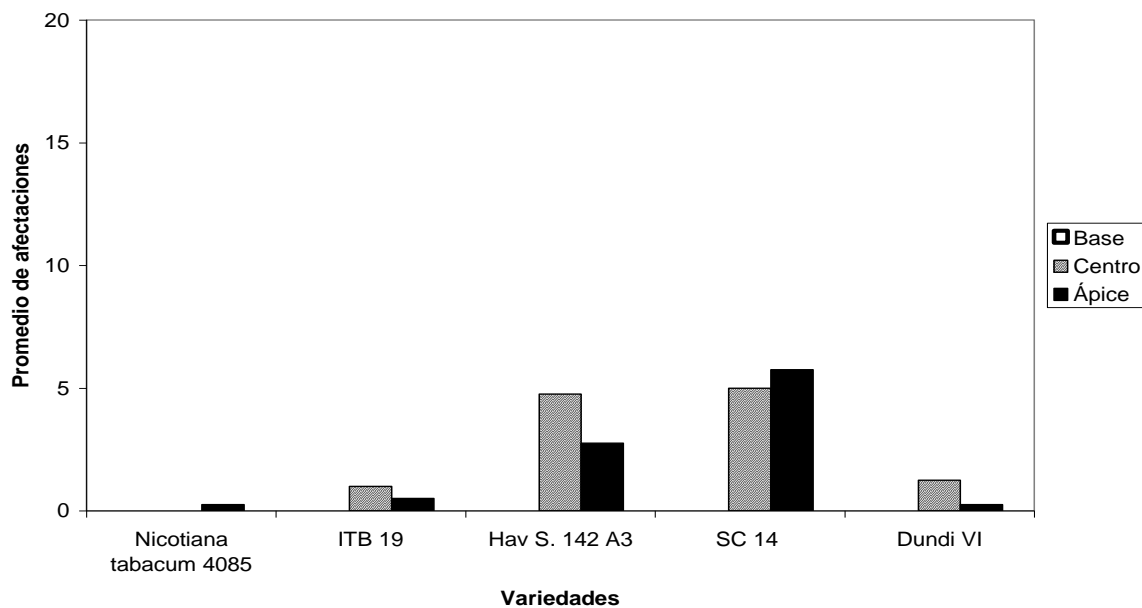
#### 4.3 Ensayo en condiciones controladas.

En el ensayo en condiciones controladas se observó la respuesta obtenida de las variedades en cada una de las partes de las hojas (base, centro, ápice) ante los diferentes tratamientos de ozono.

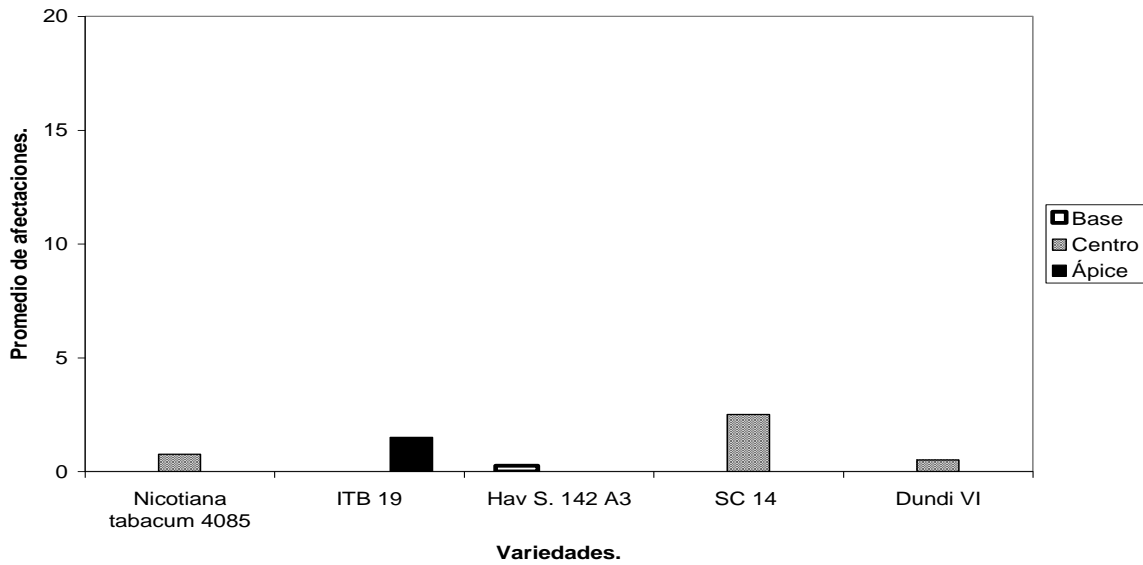
De forma general se apreció que de los tratamientos aplicados, en donde se suministró 0.041 ppm no hay afectaciones significativas desde el punto de vista estadístico, en cada uno de los momentos, en cada una de las partes de las hojas, ni en cada variedad, siendo

esta dosis similar a las presentes en condiciones ambientales cuando según el Sistema de Aviso Temprano (SAT) de O<sub>3</sub> informó concentraciones por encima de 0.035 ppm en las que estas variedades se manifestaron resistentes. En la figura 1 se muestra que las variedades 'Hav S. 142 A3' y 'SC 14', son las que tienen mayores afectaciones en la parte central y apical de las hojas, pero sin diferencia con el resto de las variedades. En las figuras 2 y 3 se observa que las lesiones en todas las variedades fueron inferiores a 7 manchas por parte de las hojas.

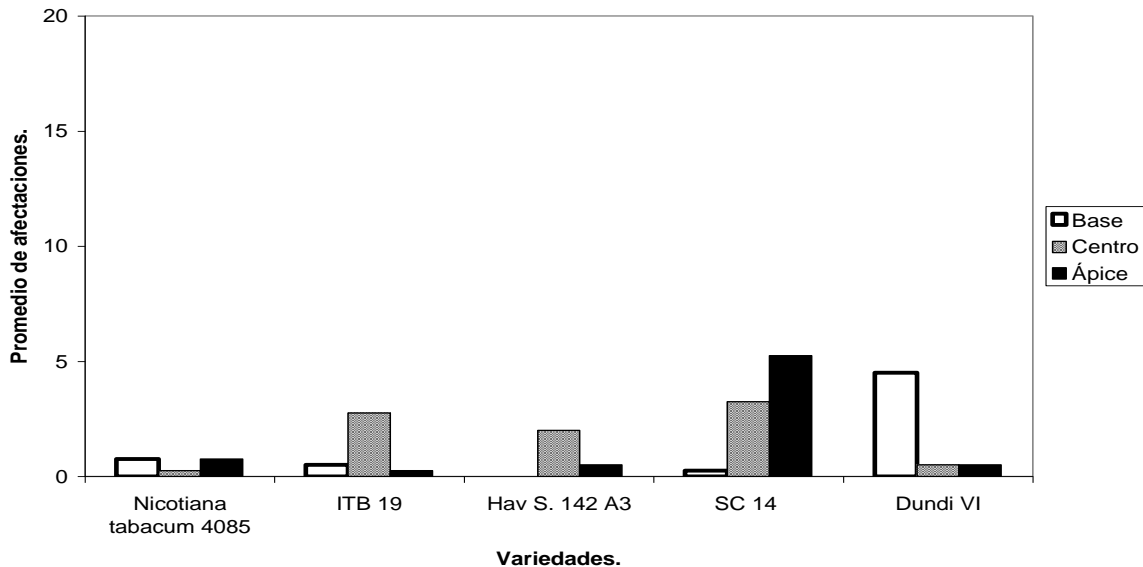
Estos resultados corroboran lo expuesto por Hernández *et al.*, (1999), quienes refieren que las concentraciones de ozono en la atmósfera varían entre 0.05 y 0.10 ppm, no produciendo daños en diferentes latitudes y en diversas especies de plantas cultivadas.



**Figura 1:** Resultado de las cinco variedades en la parte basal, central y apical de la hoja cuando se le aplicó una dosis de 0.041 ppm a los 40 días de edad de la planta.



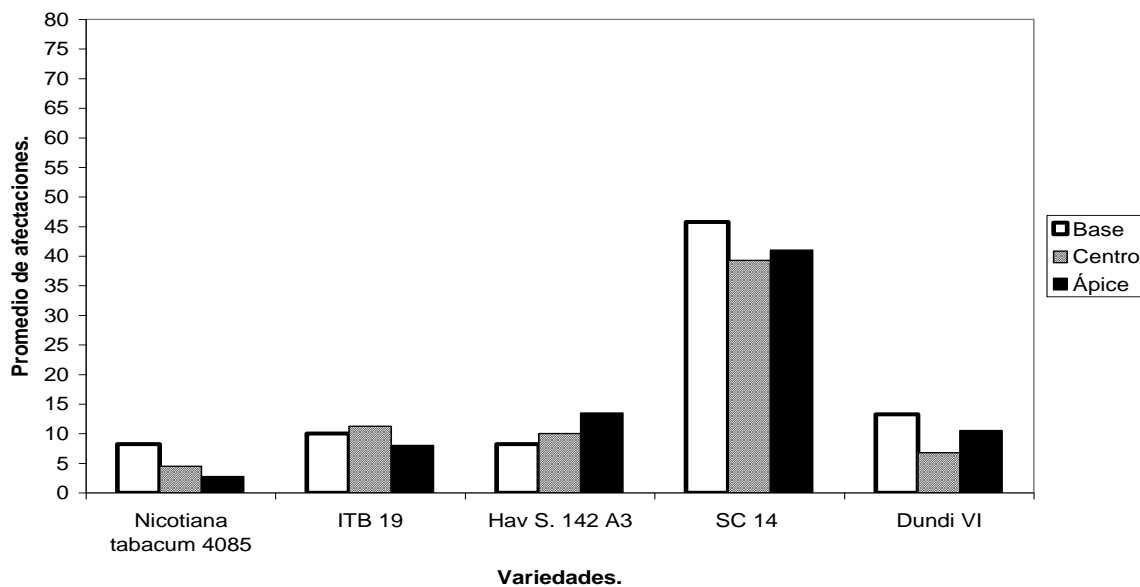
**Figura 2:** Resultado de las cinco variedades en la parte basal, central y apical de la hoja cuando se le aplicó una dosis de 0.041 ppm a los 50 días de edad de la planta.



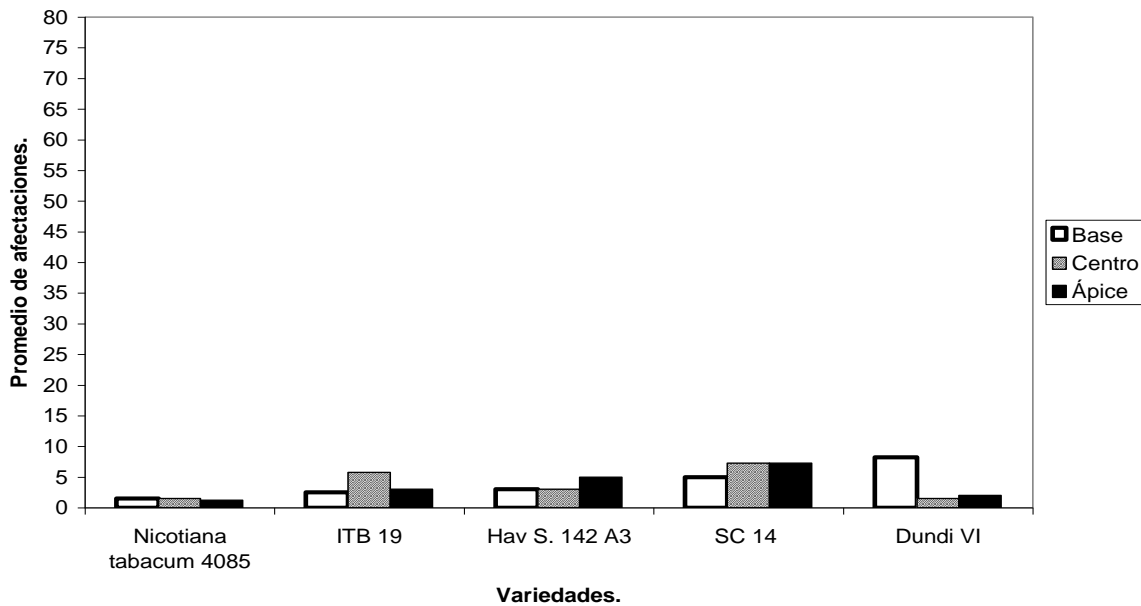
**Figura 3:** Resultado de las cinco variedades en la parte basal, central y apical de la hoja cuando se le aplicó una dosis de 0.041 ppm a los 60 días de edad de la planta.

A continuación se presentan las Figuras 4, 5, 6, donde se muestran los resultados obtenidos en el Tratamiento 2 donde se aplicó 0.051 ppm, la que provocó afectaciones en todas las variedades, en todo los momentos y en todas las partes de las hojas, pero desde

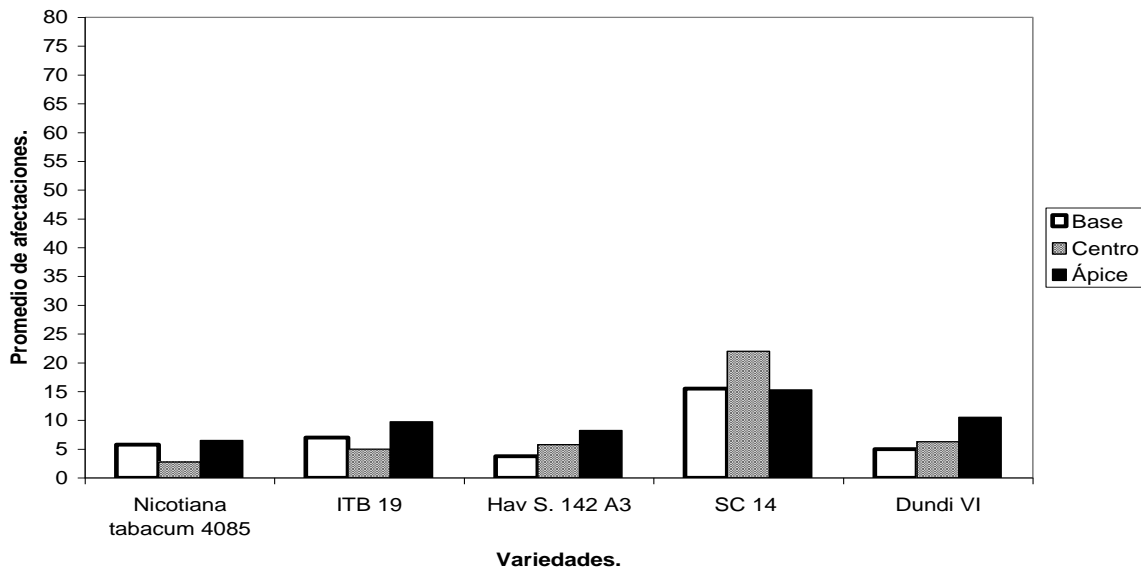
el punto de vista estadístico la variedad SC14 fue la más afectada de las estudiadas en cada una de las partes y específicamente en los momentos de 40 y 50 días de edad, la variedad que mejor respuesta mostró fue la variedad '*Nicotiana tabacum* 4085' con afectaciones inferiores a 10 manchas por cada sección de las hojas estudiadas y disminuyendo a medida que aumentaba la edad.



**Figura 4:** Resultado de las cinco variedades en la parte basal, central y apical de la hoja cuando se le aplicó una dosis de 0.051 ppm a los 40 días de edad de la planta.



**Figura 5:** Resultado de las cinco variedades en la parte basal, central y apical de la hoja cuando se le aplicó una dosis de 0.051 ppm a los 50 días de edad de la planta.



**Figura 6:** Resultado de las cinco variedades en la parte basal, central y apical de la hoja cuando se le aplicó una dosis de 0.051 ppm a los 60 días de edad de la planta.

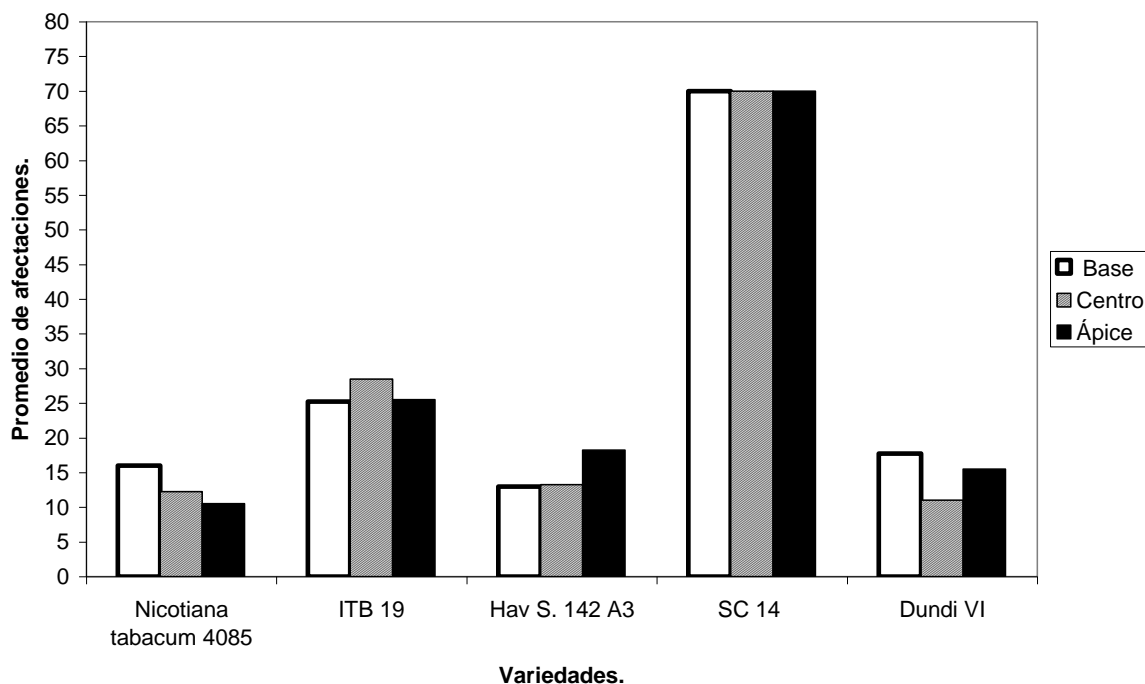
Los resultados que se muestran en las Figuras 7, 8, 9 revelan que cuando se aplicó una dosis de 0.061 ppm ocurrieron grandes afectaciones en todas las variedades pero entre

ellas la variedad SC14 fue la más afectada en los momentos de 40 y 50 días de edad de la planta en la parte basal y apical, no siendo así en la variedad '*Nicotiana tabacum* 4085', la que mostró afectaciones inferiores a 20 manchas en la parte basal, central y apical de cada hoja evaluada.

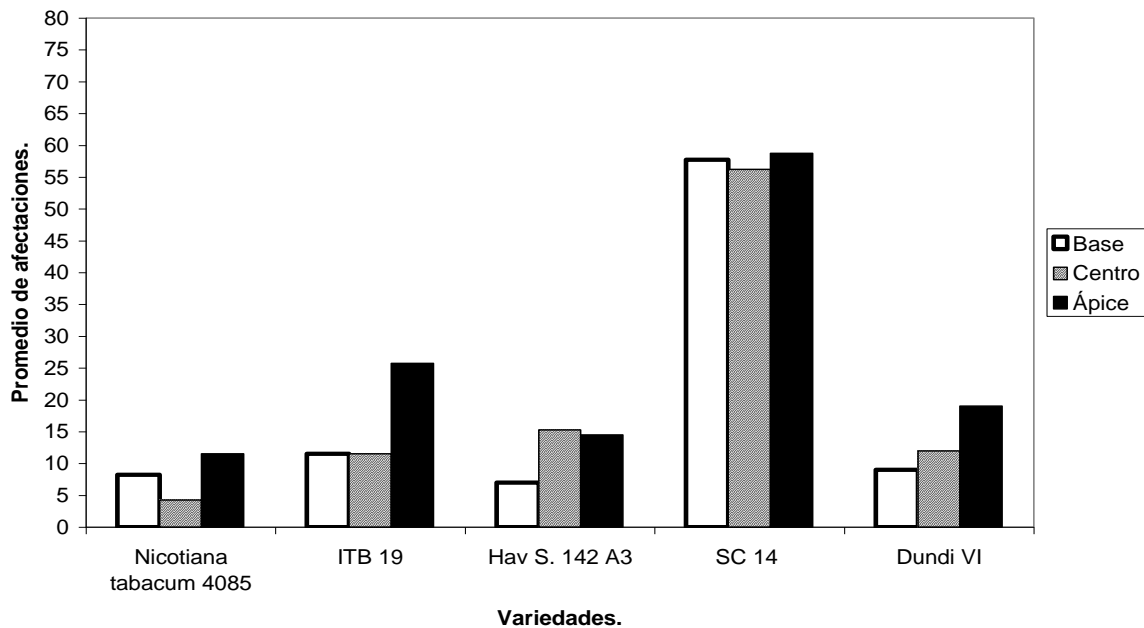
Lucas (1965), expone que en tabaco, exposiciones durante 2 horas a concentraciones oscilantes entre 0.10 y 0.28 ppm, inducen síntomas típicos del veteado del tiempo o necrosis ambiental, por lo que en este estudio se determinó que aun dosis inferiores en periodos de 72 horas pueden provocar la aparición de síntomas foliares.

Tales resultados confirman lo inferido por otros autores (Simini *et al.*, 1989), los que evaluaron plantas de cucurbitáceas afectadas con concentraciones de ozono de 0.02 – 0.06 ppm, manifestándose la típica necrosis

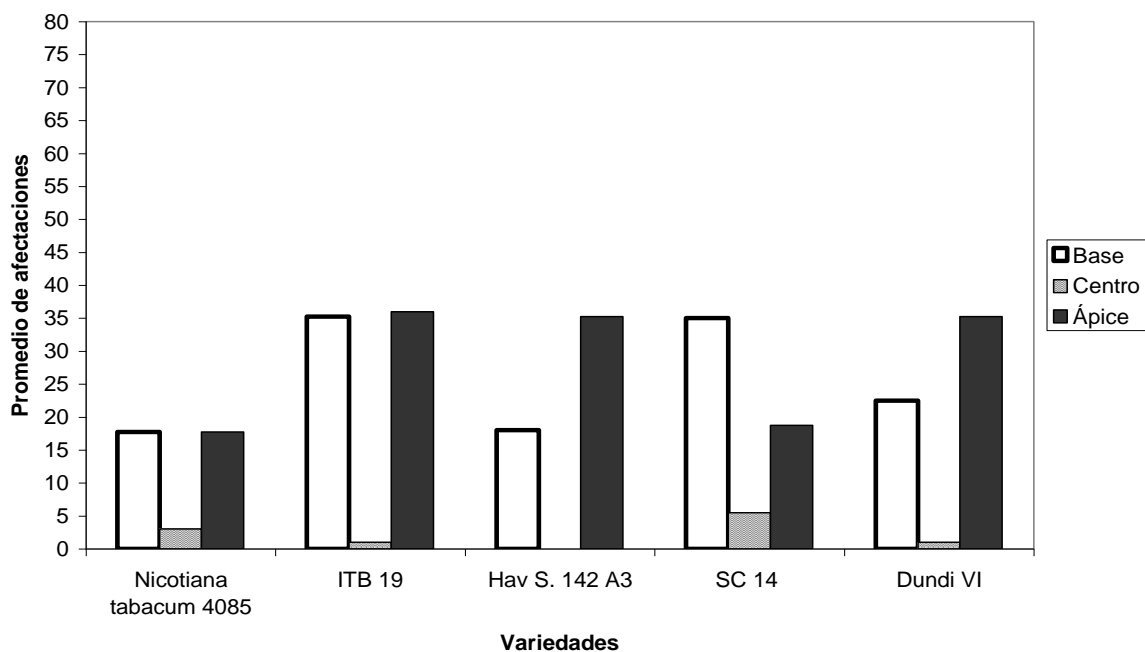
Coincide además trabajos realizados por (Herrera *et al.*, 2001) los que se evidencia que la aparición de la necrosis ambiental en tabaco es reproducible experimentalmente, con la aplicación de ozono a concentraciones entre 0.0042 y 0.095 ppm, por un periodo de exposición de 10 días.



**Figura 7:** Resultado de las cinco variedades en la parte basal, central y apical de la hoja cuando se le aplicó una dosis de 0.061ppm a los 40 días de edad de la planta.



**Figura 8:** Resultado de las cinco variedades en la parte basal, central y apical de la hoja cuando se le aplicó una dosis de 0.061 ppm a los 50 días de edad de la planta.



**Figura 9:** Resultado de las cinco variedades en la parte basal, central y apical de la hoja cuando se le aplicó una dosis de 0.061 ppm a los 60 días de edad de la planta.

Por lo tanto la determinación de variedades con respuesta a la necrosis ambiental confirmó lo expuesto por varios investigadores (Sand, 1960; Slater, 1962) citado por (Lucas, 1965)., quienes aseveran que la resistencia al veteado tiene un carácter genético y que los mecanismos fisiológicos de las células guardas y de los estomas, son los responsables de dicha reacción

## 5. CONCLUSIONES

1-Cuando se aplicó una dosis de 0.041 ppm durante 72 horas las afectaciones son significativamente menores que al aplicar concentraciones de 0.051 y 0.061 ppm.

2- Las mayores afectaciones producidas por ozono aparecieron a los 40 y 50 días de edad de las plantas. A medida que aumenta la edad de la planta disminuye la afectación por ozono.

3- Las variedades que presentaron mejores respuestas ante los diferentes momentos y con la aplicación de las tres dosis fueron '*Nicotiana tabacum* 4085', 'Hav S. 142 A<sub>3</sub>' y 'Dundi VI'.

4- Para grandes poblaciones de plantas es recomendable realizar un screening de campo utilizando la metodología para la evaluación de las afectaciones producidas por ozono.

## **6. RECOMENDACIONES**

1- Continuar el estudio en el resto de las variedades del banco de germoplasma utilizando la metodología descrita para realizar un screening de campo y así facilitar el estudio en condiciones controladas.

2- Las variedades que mejor respuesta manifestaron ante las diferentes concentraciones de ozono se pueden utilizar como fuentes de resistencia en los programas de mejoramiento genético del país.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

Akehurst, B.C.: El tabaco, Instituto Cubano del Libro, La Habana, 682pp, 1973.

Alfonso, P. *Estudios agroedafológicos de las zonas tabacaleras de Cuba*, Estación Experimental del Tabaco. Cubatabaco. 159pp.1975.

Altieri, M.A. Bases agroecológicas para una producción agraria sustentable. *Agricultura técnica (Chile)* 54(4):371-386. 1994.

Apple, J.L.: Physiological specialization with *Phytophthora parasitica* var. *nicotinae*, *Phytopatology*, 52: 351-392, 1962.

Bertrand, P.; M. Deom; R. Roberts: Effect of TMV on the incidence of spotted wilt in tobacco. *CORESTA*, CD-ROM, Versión 23, January, 2007.

- Böhm, M., McCune, B. & Vandetta T. Diurnal curves of tropospheric ozone in the United States. *Atmospheric Environment* 25<sup>a</sup> (8), 1577-1590 (1991).
- Chevalier, A. y H. Enmanuel. El tabaco. Barcelona: Hispano Americana. (Colección Surco. 109. Serie A.), 130p.1953.
- Ciuperca, A.; A.D. Paunescu; M. Paunescu; A.M. Burcea; D.C Militaru: Research methods used in the release of tobacco cultivars, with double resistance to PVY and TMV in Romania. *CORESTA*, CD-ROM, Versión 22, January,2006.
- CORESTA: Presentación del reglamento de CORESTA (Centro de Cooperación para las Investigaciones Relativas al Tabaco). *CORESTA*, CD-ROM, Versión 23, January, 2007.
- Cortina, H. Tabaco. -- Caracas: Fernández, 59p .1939.
- Cuba.: Instructivo técnico para el cultivo del tabaco. La Habana, SEDAGRI-AGRINFOR, 128 pp, 1998.
- Cuba.: Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba, Instituto del suelo, 64pp, 1999.
- Cuba.: Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba, Instituto del suelo, 64pp, 1999.
- Cubatabaco. Mapa tabacalero de Cuba. Habanos. --Ciudad Habana: Empresa Cubana del Tabaco, 1p.1997.
- Davison A.W. & Barnes J.D. Effects of ozone on wild plants. *New Phytology* 139, 135-151 (1998).
- Environment 28:997-1011.
- Espino, E. Dos nuevas variedades de tabaco negro resistentes al Moho Azul (*Peronospora tabacina* Adams) y otras enfermedades de importancia económica en Cuba. 1996. Tesis (Maestro en Ciencias). --San Antonio de los Baños: Instituto de Investigaciones del Tabaco, 15p.1996 a.
- Espino, E. y G. Torrecilla. *El tabaco cubano. Recursos fitogenéticos*, Editorial Científico Técnica. Ciudad de la Habana. 231pp.1999.
- Espino,E.; L.E. Blanco; P. Cordero *et al.*: Resultados de los experimentos de regionalización de variedades(2001-2002), *CUBA TABACO* ,4(1):61-73,2003.

- FAO: Producción mundial de tabaco, Roma, FAO: 176 – 177, 2002.
- FAO: El valor económico y social del tabaco en los países productores. En sitio Web:  
<http://www.tobaccoleaf.org/spanpap/infot3.htm>, 2003.
- FAO: Producción mundial de tabaco. Anuario de Cuba, p 202, FAO, 2006.
- Figuroa, M. La producción de tabaco en Cuba. Conferencia. En: Jornada Científica Internacional del cultivo del Tabaco, 4. --San Juan y Martínez: Instituto Investigaciones del tabaco, 29-31 enero 1997.
- Finlayson-Pitts, B.J. & Pitts Jr J.N. Atmospheric chemistry of tropospheric ozone formation: scientific and regulatory implications. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 43, 1091-1100 (1993)
- Fiscos, E.L., Booker, F.L. Burkey, K.O. 2005. Crop responses to ozone: uptake, modes of action, carbon assimilation and partitioning. *Plant, Cell and*].
- Fumagalli, I., Gimeno, B., Velissariou, D., De Temmerman, L., Mills, G. Evidence of ozone-induced adverse effects on crops in the Mediterranean region. *Atmospheric Environment* 35, 2583-2587(2001).
- García, V.: Necrosis ambiental. Nueva metodología para la evaluación de resistencia en el tabaco (*Nicotiana tabacum L.*), *CUBA TABACO* ,9(1),2008.
- Gisquet, P. et H. Hitier. La production du tabak.-- París: Editeurs Paris,. 345 p.1961.
- Hernández, P. R.; Tairi Martínez; José E. González; Adela Pairol; Yilian Gonzalez; Delaine Rivero y María Menéndez (1999): “El plateado de la calabaza una enfermedad no parasitaria”, *Centro Agrícola*, año 27 (1): 10 – 15.
- Herrera, L.: Fitopatología general. Ed. Pueblo y Educación, Ministerio de Enseñanza Superior. La Habana, Cuba, 153 pp (1981).
- Herrera, I. L.; Ubaldo Alvarez; Delaine Rivero y Maria Menendez (2001): “La necrosis ambiental del Tabaco. Concentraciones de ozono y respuesta varietal”. *Centro Agrícola*, año 28 (1): 75-78.
- Instituto de Investigaciones del Tabaco (IIT). Propuesta de desarrollo de la actividad agrícola del tabaco. 31pp. 1997.

- Kawashima, N.; Y. Tamabe and S. Iwai. Origen of *Nicotiana tabacum* L. detected by primary structure of fraction I protein. Biochim Biophys. 427 (2): 70-77, 1976.
- Kelly, N.A., Wolff, G.T. & Ferman M.A. Sources and sinks of ozone in rural areas. *Atmospheric Environment* 18, 1251-1266 (1984).
- Krupa,S:V.; Manning, W.J. Atmospheric ozone: Formation and effects on vegetation. *Environmental Pollution* 50, 101-137 (1988).
- Lahoz E.; F. Porrone.; A. Carella; R. Caiazza; G. Aecangeli: Fenamidone: a new active ingredient registered for the control of *Peronospora tabacina* Adam on tobacco in Italy. CORESTA, CD-ROM, Versión 22, January, 2006.
- Li , B.C.; W. T. Bass; P. L. Cornelius: Resistance to Tobacco Black Shank in *Nicotiana* Species , *Crop Sci* , 46:554-560 ,2006.
- Lovato, P. E. y W. Schmidt. Agroecología e sustentabilidade no meio rural. Experiencias e reflexoes de agentes de desenvolvimiento local. Ed. Chapecó.151p. 2006.
- Lucas, G. B.: Enfermedades del tabaco, 711pp., Edición Revolucionaria, Ed. Instituto del Libro, Ciudad de la Habana, 1965.
- Lucas, G.B. 1975. Diseases of tobacco.
- Mac- Pherson, M. J. De la conquista a nuestros días. Historia del Tabaco. --Caracas: Elite, 420 p.1933.
- Main,C.E.: The Blue Mold Disease of tobacco. En sitio Web: <http://www.ces.ncsu.edu/depts/pp/bluemold/index.php>, 2005.
- Marí, J. A. y L. N. Hondal. *El cultivo del tabaco en Cuba*, La Habana. Editorial Pueblo y Educación. 122pp.1984.
- Martinez C,R y otros. La quemadura foliar en el ajo, producida por el ozono troposférico. Resúmenes del Evento de la Liliana Dimitroa La Habana, 1998.
- Matyseek, R. and Innes, J.L. Ozone-A risk factor for trees and forest in Europe? *Water, Air and Soil Pollution* 116: 199-226 (1999).
- MINAG. Ministerio de la Agricultura. Orientaciones para disminuir las afectaciones producidas por ozono troposférico (O3) en el cultivo del tabaco.Informe del Centro Nacional de Sanidad Vegetal, La Habana. 9 de enero de 2004.

- Muiño, Berta L.; F. Rodríguez; Maribel Espino *et al.*: Uso del Propamocarb para el manejo de la resistencia de *Phytophthora nicotianae* al metalaxil en semilleros de tabaco en Cuba, *CUBA TABACO*, 2(2):30-36, 2001a.
- Murphy J.F.; T.A Zitter; A Erb: Tobacco mosaic virus in Jalapeno pepper in New York. *Plant Disease*, 87-2, p. 202, ISSN.0191-2917, 2003.
- Ngugi, H. K.; H. Scherm: Biology of flower-infecting fungi. *Annual Review of Phytopathology*, Vol.44:261-282, 2006.
- Pandidam, M.; R.N. Beachy; C.F. Fauquet: Clasificación and identification of geminivirus using sequence comparisons, *J. Gen. Virol.*, 76:249-263,1995.
- Pandiello, D.: Presencia del moho azul en la zona de tabaco de Partido, *Agrotecnia* 13:32-35,1958.
- Pengue, W.A. Agricultura industrial y transnacionalización en América Latina. ¿La transgénesis de un continente? Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental No.9. 220p. ISBN 968- 7913-34-7. 2005.
- Ramirez, J.;L. Valdes; R. Deroncele; M. Cruz; R. Ramos; a. Vicent; F. Guzman y O. Rodríguez (1997): El ozono troposférico y su impacto sobre los cultivos agrícolas. El cebollino, un caso de interés, Taller internacional 24 – 29 nov., Resúmenes, Inst. Inv. Hort. “Liliana Dimitrova” , La Habana, Cuba.
- Richards, B.L., Middleton, J.T. & Hewitt, W.B. Air pollution with relation to agronomic crops:V. Oxidant stipple of grape. *Agro. J.* 50, 559-561 (1958).
- Rogers, H.J.: Programmed cell death in floral organs: How and why do flowers die? *Ann. Bot.* march 1,97(3): 309-315, 2006.
- Ruisanchez, J.: Estudio y medidas preventivas para el control del moho azul, *Agrotecnia* 13:70-81,1958.
- Santiesteban, J.; S, Quintero: “Modo de herencia de la resistencia por hipersensibilidad al VMT’, *Cubatabaco*, 1(4): 25-32,1975.
- Sevilla, Eduardo. Agroecología y agricultura ecológica: hacia una “re” construcción de la soberanía alimentaria. *Agroecología (Murcia, España)*. No. 1, pp.1-18. 2007.

- Simini, M.; J. Simón; E. Reinert; y G. Eason (1989): Identification of ozone- induced injury on field – grown Muskmelons. *Hort. Scientia* 24(6): 909- 912.
- Stange, C.: Interacción planta-virus durante el proceso infectivo, *Cien. Inv. Agr*, 33(1): 3-21, 2006.
- Ternovsky, M. F. Fundamentos genéticos de la selección de plantas. Informe, 116p.1971.
- Toledo, Verónica: Primer reporte de la raza 1 de *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan en Cuba, *CUBA TABACO*, 4(1):13-17,2003.
- Torrecilla, G.; Luisa A. Pino; Dora Franganillo y Mileidy Cabrera. El banco de genes de tabaco en funcion de garantizar una adecuada distribución varietal a nivel de país. En: VI Festival Internacional de Habano. Palacio de las Convecciones, Habana. 19-21 Febrero 2004.
- Torrecilla, G. Base de datos excel. Características de las variedades del banco de germoplasma. 2007.
- Toupance, G. L'ozone dans la basse troposphere. Théorie et pratique. *Pollution Atmosphérique* Janvier- Mars, 32-42 (1988).
- Vázquez, L. L. El manejo agroecológico de la finca como estrategia para la prevención y disminución de afectaciones por plagas agrarias. Ed. ACTAF La Habana. 121p. 2004.
- Vázquez, L. L. Manejo Agroecológico de Plagas. Tema 1. Tendencias y percepciones acerca del manejo de plagas en la producción agraria sostenible. Ed. CIDISAV (Ciudad de La Habana). 31p. ISBN: 959-7194-08-2. Noviembre 2006.
- Wayne, R.P. Review article: The photochemistry of ozone. *Atmospheric Environment* 21 (8),1683-1694 (1987).
- Wilkinson C.A.; J.J .Jones; T.D. Reed; S.A Tolin: Seed transmission of tobacco mosaic virus in tobacco, CORESTA, CD-ROM, Versión 23, January, 2007.

