

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Roberto Antonio Coronado¹ y
Pablo Arturo Moreno²

ABSTRACT

Virginia 4-3-30: Selection and evaluation of a new line of tobacco for the Santander (Colombia) production zone

In order to generate a new line of Virginia tobacco with outstanding agronomic characteristics for the productive agroecosystems of the department of Santander (Colombia) a genetic breeding plan was developed from intervarietal crosses applying selection for phenotype and tolerance to phytosanitary problems. To that end, regional tests were performed on 12 lines of Virginia tobacco that permitted selection of a promising line (Virginia 4-3-30) for which the effects of the principal components of production over cultivar yield were evaluated.

The most outstanding characteristics of the chosen cultivar are as follows: clear green plant color, conical shape, wide leaf area, an average of 22 leaves, 77 days flowering time, good physical-chemical quality, moderate resistance to common tobacco mosaic virus (TMV) and to root-node nematodes. The marginal worth of this cultivar surpasses various commercial genotypes.

Key words: Promising lines, genetic breeding, *Nicotiana*, flue cured, intervarietal crosses.

Virginia 4-3-30: selección y evaluación de una nueva línea de tabaco para la zona productora de Santander (Colombia)

RESUMEN

Con el objeto de generar una nueva línea de tabaco Virginia con características agro-nómicas sobresalientes para los agroecosistemas productores del departamento de Santander (Colombia), se desarrolló un plan de mejoramiento genético a partir de cruzamientos intervarietales aplicando selección por fenotipo y tolerancia a problemas fitosanitarios. A tal fin se realizaron pruebas regionales a 12 líneas de tabaco Virginia que permitieron seleccionar una línea promisorio (Virginia 4-3-30) de la cual se evaluaron los efectos de los principales componentes de producción sobre el rendimiento del cultivo. Las características más sobresalientes del cultivar escogido son las siguientes: color de la planta verde claro, forma cónica, área foliar amplia, promedio de 22 hojas, tiempo de floración de 77 días, buena calidad físico-química, moderada resistencia al Mosaico Común del Tabaco (TMV) y a los nematodos del Nudo radical. La rentabilidad marginal de este cultivar superó a varios genotipos comerciales.

Palabras clave: líneas promisorias, mejoramiento genético, *Nicotiana*, flue cured, cruza-mientos intervarietales.

INTRODUCCIÓN

EN EL AÑO 2006 SE CULTIVARON en Colombia 11.127 hectáreas de tabaco con una producción de 30.792 toneladas, de las cuales cerca del 61% correspondían a tabaco rubio y el 39% restante a tabaco negro tipo García y Cubita (Biogestión, 2006).

El tabaco rubio tipo Virginia se ha implantado a través de variedades importadas (Biogestión, 2006); en las dos últimas décadas la Compañía Colombiana de Tabaco lanzó algunas variedades con buenas características de adaptación a las condiciones del país. El mejoramiento genético convencional es válido aún en el cultivo del tabaco y se practica en muchos países. Por su parte, la biotecnología es una herramienta que lo complementa y sirve para acortar el proceso de obtención de variedades, debido a que en las primeras etapas de selección se logran descartar por lo menos un 50% de los segregantes indeseables, lo que representa una ventaja comparativa en cuanto al ahorro de tiempo del proceso.

Las variedades de tabaco Virginia existentes en Colombia presentan susceptibilidad a virus, manchas foliares y Pata prieta. Este último patógeno se está constituyendo en un problema muy grave en toda la zona tabacalera del país y se presume que se trata de una raza nueva de *Phytophthora* que ataca las plantas a

cualquier edad. Por su lado, la presencia del Mosaico común del tabaco (TMV) se agudiza especialmente cuando el ataque es muy temprano por lo que la pérdida puede ser grande. Aspectos como las manchas foliares bajo condiciones ambientales de alta humedad inducen al arrebataamiento de la cosecha y, por tanto, a la disminución de la rentabilidad del cultivo.

Mejoramiento genético en tabaco

El impacto del método científico en cuanto la hibridación y el uso de la variabilidad genética empieza a mediados del siglo XX en Estados Unidos. Se cultivaron variedades de tabaco negro curado al aire, orientales y de tabacos para cigarro, así como algunas líneas recalcitrantes durante más de 50 años. El mejoramiento del tabaco ha contribuido significativamente en el avance de las líneas Burley y Virginia, curado en atmósfera artificial, alcanzando altos incrementos de rendimiento y tolerancia a enfermedades. Las prácticas de mejoramiento actuales han estrechado la base genética (Lewis y Nicholson, 2006).

La hibridación somática es un gran descubrimiento de la biología y es una premisa para obtener, tanto híbridos intervarietales como intergenéricos, lo cual por la vía sexual no se lograría. Un interés especial para la selección lo representa la obtención de plantas haploides de gametofito masculino y su diploidización. El cultivo de tabaco

Recibido: febrero 23 de 2007
Aceptado: junio 2 de 2007

1. Investigador especialista asistente. Grupo de Mejoramiento Vegetal, E.E. La Suiza, Rionegro (Santander). e-mail: rcoronado@corpoica.org.co
2. Profesional especialista, Instituto Colombiano Agropecuario, Santander.

resulta ser el más favorable para aplicar este método. A diferencia del método clásico que consiste en la selección, la androgénesis crea premisas para abreviar el proceso de consolidación de los descendientes. Mediante la androgénesis de gametos masculinos únicos, se obtienen plantas con reducido número de cromosomas o sea plantas haploides (Manalov y Andreeva, 1988).

En los últimos años, la genética puso al servicio de la selección nuevos métodos para obtener un material de partida y para dirigir la herencia. Conjuntamente con la poliploidia, la mutagénesis induce la creación de híbridos heterósicos en el tabaco, los cuales se aplican con buen éxito en los cultivos de tejidos y de anteras (Dimitrova y Kunev, 1988).

En Colombia (Tinoco, 1996), después de ocho años de investigación en los que combinaron mejoramiento genético convencional y técnicas biotecnológicas, obtuvieron la variedad de tabaco Virginia TRC1-96, la cual se caracteriza por su alta resistencia al Mosaico Común del Tabaco, a los nematodos y la Pata prieta (Figura 1).

En tabaco negro, Coronado *et al.* (1997) presentaron la variedad "ICA Corpoica Enciso", la cual fue desarrollada para lograr tolerancia al nematodo *Meloidogyne javanica*; además, posee alta calidad



Figura 1. Cultivar florecido de tabaco tipo Virginia.

industrial y supera ampliamente en rendimientos de la variedad ICA Guane, que por muchos años fue utilizada por los productores tabacaleros.

La enfermedad llamada comúnmente Pata prieta, causada por el hongo *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*, afecta las variedades tradicionalmente cultivadas ocasionando una marcada reducción en la productividad del cultivo; en la década del 90, el ICA por medio del grupo multidisciplinario de tabaco, adelantó un programa de mejoramiento genético para resistencia al patógeno obteniendo la variedad ICA Servita (Moreno y Coronado, 1992).

Características de calidad

Algunos investigadores reportan líneas con bajos contenidos de alcaloides (<1%), con disminución de rendimientos, bajos contenidos de azúcares y dificultad para la maduración. Por lo general, las hojas con bajos contenidos de nicotina permanecen verdes por tiempos más largos y al madurar toman un color marrón diferente del color amarillo típico. Además, se ha encontrado disminución del sabor asociado a germoplasmas con bajo contenido de nicotina. En efecto, el sabor del humo es un factor clave de consideración de la calidad del tabaco como efecto de diversos compuestos que se forman al realizarse la combustión de hoja.

Las condiciones ambientales durante el desarrollo de la planta pueden tener un efecto relevante sobre la química de la hoja. En la actualidad investigadores de la Universidad de Carolina del Norte están desarrollando líneas de tabaco Virginia con contenidos bajos e intermedios de nicotina con mejoramiento de la maduración, el sabor y el aroma (Coltabaco, 1999).

Basados en la dinámica de las variedades regionales, en las locaciones donde éstas presenten un período de prevalencia para expresar su máximo potencial genético y luego decaer, CORPOICA ha venido ejecutando un programa de mejoramiento de tabaco con el objeto de evaluar, caracterizar y seleccionar genotipos; como hipótesis de trabajo se pretende demostrar que mediante cruzamientos intervarietales se puede obtener líneas de tabaco Virginia con un

comportamiento en producción, calidad y adaptación superior a las variedades comerciales.

A tal fin, este trabajo se fijó como objetivo el desarrollo de una línea de tabaco Virginia con el objeto de contar con cultivares de tabaco de buena adaptación, resistencia a problemas fitopatólogicos y de alta calidad para el mercado nacional e internacional; así mismo, se planteó hacer un uso racional del banco de germoplasma de tabaco, bajo la custodia de CORPOICA, a fin de incrementar las accesiones existentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Método de mejoramiento

El proceso de mejoramiento se orientó a obtener materiales de buena calidad, con arquitectura adecuada, hojas grandes y ciclo de vida relativamente corto; también hacia la búsqueda de buenos niveles de tolerancia a los principales patógenos que atacan al tabaco Virginia en los departamentos de Santander y Boyacá.

Previamente al trabajo de mejoramiento tuvo lugar un proceso de colección de germoplasmas provenientes del intercambio internacional y con las empresas tabacaleras del país, el cual dio origen al banco de germoplasma que inicialmente contaba con 76 materiales. El genotipo parental pertenece a variedades tipo Virginia reportadas por su excelente calidad en el país de origen, así como por los resultados de pruebas regionales donde se definieron como promisorias las variedades Speight 28, Speight 70 y Coker 51 por presentar características de amplia adaptación, resistencia a algunas enfermedades, buena calidad industrial y fácil manejo. También se incluyeron los materiales regionales ICA Guane —por su resistencia al virus del Mosaico común del tabaco (TMV)—, Carraca y Veniblanco por ser genotipos regionales de amplia adaptación.

La nomenclatura utilizada en la identificación de los materiales se derivó de la ubicación de la planta en la parcela de cuatro surcos con 25 plantas cada uno, donde el conteo se realizó de izquierda a derecha frente a la parcela, contando a partir de la primera planta.

En el semestre 86B se inició el proceso de mejoramiento con los siguientes cruzamientos: Speight 70 x Ica Guane, Speight 70 x Coker 51, Speight 28 x ICA Guane, Coker 51 x ICA Guane, Carraca x ICA Guane y Veniblanco x ICA Guane; al año siguiente en el primer semestre se sembró la semilla F1 y se hizo una selección de plantas por fenotipo. Las plantas seleccionadas se autofecundaron para obtener la F2 la que se sembró en el semestre 87B (Tabla 1).

Teniendo en cuenta el bajo número de plantas seleccionadas y proyectando una mejor arquitectura (*canopy*) de los genotipos, se propuso un nuevo plan de cruzamientos directos y recíprocos con las variedades Speight 70, Speight 28 y Coker 51; además, se le dio cabida a la variedad Coker 176 caracterizada por su resistencia a TMV (Melton *et al.*, 1989). A tal fin se seleccionaron en el semestre 88A, 28 materiales que nuevamente fueron sembrados, hibridados y retrocruzados hacia las variedades Speight 28, Speight 70 y Coker 51 (Tabla 2); además se incluyó el cruzamiento de la variedad K-399 por Speight 70 y, en total, se seleccionaron 29 plantas (Tabla 3), cuya semilla fue sembrada en el semestre siguiente (89A), obteniendo semilla F2 que se fraccionó en dos grupos: uno para evaluar en condiciones del C.I. El Arsenal, en el municipio de Enciso (Santander), y el otro para evaluar en lotes de alta infestación de enfermedades tales como Pata prieta y *Ralstonia solanacearum*, en Girón (Santander).

El grupo de 29 cultivares reservado para el C.I. El Arsenal fue sembrado en el semestre 90A, donde se realizaron cruzamientos hacia la variedad Speight 70 y Speight 28; así también, se obtuvieron nuevas generaciones por autofecundación. Estos materiales fueron sembrados en el semestre 90B y condujo a la selección de 23 según su fenotipo.

Durante los semestres 91A y 92B se llevaron a cabo cuatro pruebas de rendimiento: una con materiales provenientes de la selección realizada en Girón (Santander) luego de tres semestres de evaluación y otra con materiales provenientes de la selección realizada en el semestre 90B en el C.I. El Arsenal.

Finalmente, un total de doce líneas promisorias fueron llevadas a pruebas

Tabla 1. Selección inicial de cultivares de tabaco Virginia. (C.I. El Arsenal; sem. 87B).

Cultivares cruzados	Padre recurrente	No. plantas hibridadas	No. plantas seleccionadas
Speight 70 x Coker 51	Speight 70	3	6
Speight 70 x Coker 51	Coker 51	2	7
Speight 70 x ICA Guane	Speight 70	2	22
Speight 28 x ICA Guane	Speight 28	2	
Coker 51 x ICA Guane	Coker 51	3	
Coker 51 x ICA Guane	ICA Guane	1	

Tabla 2. Segunda selección de cultivares de tabaco Virginia. (C. I. El Arsenal; sem. 88A).

Cultivares cruzados	Plantas hibridadas	Generación
Speight 70 X Coker 51	-	-
Speight 70 X Coker 176	2 - 24	F1
Speight 70 X Speight 28	3	F1
Speight 70 X Speight 58	-	-
Speight 28 X Speight 58	7 - 28 - 6	F1
Speight 28 X Coker 70	1 - 15	F1
Speight 28X Speight 176	6 - 30	F1
Speight 28 X Coker 51	23	F1
Speight 58 X Speight 70	-	-
Speight 58 X Coker 28	-	-
Speight 58 X Speight 176	7	F1
Speight 58 X Coker 51	27	F1
Coker 51 X Speight 28	4 - 6	F1
Coker 51 X Speight 58	9	F1
Coker 176 X Speight 70	6 - 25	F1
Coker 176 X Speight 58	8 - 30	F1
Coker 176 X Speight 28	5 - 13	F1
L.7	22	RC1 F2
L.6	9 - 18 - 24	RC1 F2
L.22	18 - 19	RC1 F2

Tabla 3. Tercera selección final de cultivares de tabaco Virginia. (C.I. El Arsenal; sem. 88B).

Cultivares cruzados	Plantas hibridadas	Generación
Línea 3 X Speight 28	5	RC1F1
Línea 23 X Coker 51	11	RC1F1
Línea 5 X Speight 28	8	RC1F1
Línea 13 X Speight 28	9	RC1F1
Línea 1 X Speight 70	11	RC1F1
Línea 15 X Speight 70	-	RC1F1
Línea 6 X Speight 70	8	C1F1C2F2
Línea 30 X Speight 70	2	C1F1C2F2
Línea 6 X Speight 28	8	RC1F1
Línea 4 X Speight 28	3	RC1F1
Línea 7 X Speight 28	9	RC1F1
Línea 6 X Speight 70	11	C1F1C2F2
Línea 28 X Speight 70	1	C1F1C2F2
Línea 7 X Speight 70	8	C1F1C2F2
Línea 8 X Speight 70	7	C1F1C2F2
Línea 30 X Speight 70	5	C1F1C2F2
Línea 2 X Speight 70	12	RC1F1
Línea 24 X Speight 70	7	RC1F1
Línea 6 X Speight 70	6	RC1F1
Línea 25 X Speight 70	10	RC1F1
Línea 27 X Coker 51	33	RC1F1
Línea 9 X Speight 70	4	C1F1C2F2
Línea 22 - 18 X Speight 70	5	RC2F1
Línea 22 - 19 X Speight 70	11	RC2F1
Línea 6 - 9 X Speight 70	1	RC2F1
Línea 6 - 18 X Speight 70	2	RC2F1
Línea 6 - 24 X Speight 70	9	RC2F1
Línea 7 - 22 X Coker 51	11	RC2F1
Speight 70 X K- 399	1	F1
K-399 X Speight 70	12	F1

regionales en los semestres 92A y 93A, en tres ambientes contratantes ubicados en alturas de 1.100, 1.450 y 1.700 m.s.n.m. en la zona tabacalera del departamento de Santander.

Procesamiento estadístico

Las diferentes variables relacionadas con rendimiento, parámetros morfológicos y modelo de producción, se evaluaron mediante análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple. Para la evaluación de estabilidad fenotípica de la variable 'rendimiento en hoja seca' se aplicó la prueba de Eberhart y Russell.

Durante el semestre 94A se evaluó la respuesta de la línea 4-3-30 a los principales componentes de producción: distancias de siembra, aplicación de NPK ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), reguladores fisiológicos y control de malezas. Se utilizó una distribución de bloques completamente al azar con arreglo en parcelas subdivididas tomando como parcelas principales (PP) la línea 4-3-30 y la variedad comercial Speight 70, como subparcelas y sub-subparcelas niveles diferentes de acuerdo al factor en estudio.

Evaluación de problemas fitosanitarios

Después de la segunda generación de cada cruce y/o retrocruce, se realizó la inoculación mecánica del Mosaico común del tabaco -TMV- (Agrios, 2004), tomando como diferencial la variedad de tabaco Negro ICA Guane que se caracteriza por su inmunidad al virus.

La resistencia a *Meloidogyne* sp. se evaluó con base en el índice de nudosidad, la escala 0 a 5 propuesta por Sasser y Taylor (CIAT, 1982). A nivel de laboratorio se cuantificó el número de larvas por 100 gramos de suelo mediante el método modificado del tamizado y decantación de Coob (Quispe, 2005). En campo se hizo conteo de plantas atacadas por Pata prieta (*Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*) y la incidencia de *Alternaria alternata* se evaluó con base a la observación de manchas foliares del tercio medio hacia abajo, en términos de la escala alto, medio y bajo a partir de la primera recolección.

Análisis de calidad

La calidad física de la materia prima (hoja seca) se evaluó según los parámetros

seguidos por la empresa PROTABACO, que califica la calidad del tabaco por piso foliar, tamaño, color y sanidad.

Los análisis químicos de calidad fueron realizados en los laboratorios del CIDT de la Compañía Colombiana de Tabaco de Medellín, donde se evaluaron los principales componentes de la hoja curada, sobre muestras picadas y ponderadas para toda la planta.

Respuesta económica

El comportamiento económico de los germoplasmas promisorios se evaluó mediante el método de presupuestos parciales propuesto por Perrin *et al.* (1983).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo de líneas promisorias

La investigación se desarrolló en el C.I. El Arsenal y su zona de influencia de los

Tabla 4. Selección final de cultivares de tabaco Virginia. (C.I. El Arsenal; sem. 90A).

Cultivares cruzados		Plantas seleccionadas	Generación
Línea 3-5	x Speight 28	4	RC2F1
Línea 23-11	x Speight 28 y $\otimes$	21-32	RC1F3_ RC2F1
Línea 5-8	x Speight 28	20	RC2F1
Línea 13-9	x Speight 28 y $\otimes$	67	RC1F3 RC2F1
Línea 1-11	x Speight 70	6	RC2F1
Línea 6-8	x Speight 70	36	RC1F1
Línea 30-5	x Speight 70	25-94-98	RC1F1
Línea 6-8	x Eliminado	-	-
Línea 4-3	x Speight 28	31	RC2F1
Línea 7-9	x Speight 28 X Speight 70	55	RC2F1
Línea 6-11	x Speight 28	36-85	RC2F1
Línea 28-1	x Eliminada	-	-
Línea 7-8	x Speight 70	70-73	RC1F1
Línea 8-7	x Eliminada	-	-
Línea 30-2	x Speight 70	13	RC2F1
Línea 2-12	x Speight 70	25	RC2F1
Línea 24-7	x Speight 70	39	RC1F1
Línea 6-6	x Speight 70 y $\otimes$	79	RC2F1
Línea 25-10	x Speight 70 y $\otimes$	69	RC1F3 RC2F1
Línea 27-83	x Speight 70	80-100	RC1F3
Línea 9-4	x Speight 70 y Speight 28	7-56	RC2F1
Línea 22-18-5	x Speight 70 y Speight 28	57	RC2F2 RC2F1 RC3 F1
Línea 22-19-11	x Speight 70 y Speight 28	52-98	RC2F1 RC2F1 RC3F1
Línea 6-9-1	x Speight 70	12	RC3F1
Línea 6-18-2	x Speight 70 y $\otimes$	34	RC2F3 RC3F1
Línea 6-24-9	$\otimes$	38	RC2F3
Línea 7-22-11	$\otimes$	40	RC2F3
Línea 1	Speight 70	17	RC1F1
Línea 12	x Speight 70	83	RC1F1

Tabla 5. Prueba de rendimiento de hoja seca en cultivares de tabaco Virginia. (C.I. El Arsenal; sem. 91A).

N°	Cultivares	Rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Generación
1	Línea 3-5-4-51	2.963 a	RC2F3
2	Línea 23-11-32-21	2.979 a	RC1F5
3	Línea 23-11-32-86	2.776 a	RC2F3
4	Línea 13-9-67-69	2.783 a	RC2F3
5	Línea 1-11-6-70	3.292 a	RC2F3
6	Línea 6-8-36-85	2.693 a	RC2F3
7	Línea 6-8-36-71	2.620 a	RC1F3
8	Línea 30-5-25-10	3.525 a	RC1F3
9	Línea 30-5-94-71	3.264 a	RC1F3
10	Línea 30-5-98-78	2.844 a	RC1F3
11	Línea 4-3-31-86	2.927 a	RC1F3
12	Línea 7-9-55-32	3.156 a	RC1F3
13	Línea 7-9-55-38	2.870 a	RC2F3
14	Línea 27-33-80-3	2.849 a	RC1F3
15	Línea 9-4-7-63	2.870 a	RC1F5
16	Línea 9-4-7-72	2.979 a	RC2F3
17	Línea 22-18-5-57-79	3.094 a	RC2F3
18	Línea 6-9-1-12-11	2.770 a	RC3F3
19	Línea 6-9-1-12-80	2.661 a	RC3F3
20	Línea 6-24-9-38-18	3.687 a	RC2F5
21	Línea 7-22-11-40-9	2.635 a	RC2F5
22	Línea 12-83-60	2.974 a	RC2F3
23	Línea 1-17-25	2.703 a	RC1F3

Promedios de tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes (Duncan, $P \leq 0,5$).

departamentos de Santander y Boyacá, a partir del semestre B de 1986, de donde se logró un primer grupo de segregantes F1. En el semestre 87B, producto de un nuevo ciclo de selección y del primer retrocruzamiento, se seleccionaron tres cultivares en los cuales prevaleció la herencia de las variedades Speight 70 y Coker 51 (Tabla 1). En la Tabla 2 se reportan 20 generaciones F1 pertenecientes al nuevo plan de cruzamientos más tres generaciones RC1F2 que incrementaron a 23 el número de cultivares en evaluación.

En la columna 1 de la Tabla 3 se reportan los nuevos cruzamientos con líneas provenientes del ciclo anterior (88A), dando énfasis a las variedades Speight 70 y Speight 28, principalmente debido a que estas variedades en su momento ocupaban los primeros lugares por el alto grado de adaptación en el caso de la primera y por mejores niveles de calidad de la segunda. En total se seleccionaron 29 cultivares de diferentes generaciones, incluyendo dos F1 del cruzamiento de Speight 70 x K-399.

En la Tabla 4 se reportan 29 cultivares sembrados en el C.I. Arsenal y que dieron origen 34 líneas pertenecientes a nuevas generaciones obtenidas por retrocruzamiento y autofecundación en el semestre 90A.

En la primera prueba de rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de hoja seca, realizada en el semestre 91A con 23 cultivares seleccionados por fenotipo y tolerancia a enfermedades, no hubo diferencias estadísticas significativas; sin embargo se destacaron la línea 22-18-5-57-79, línea 6-24-9-38-18, línea 1-11-6-70, línea 30-5-94-71 y línea 7-9-55-32 con producciones mayores a 3000 kilogramos por hectárea (Tabla 5).

Resultado de la segunda prueba de rendimiento (Tabla 6) se seleccionaron por fenotipo los siguientes cultivares: línea 23-11-32-86(2), línea 1-11-6-70(16), línea 6-8-36-85(33), línea 7-9-55-32(30), línea 30-5-94-71(4), línea 7-9-55-38(33) y línea 6-24-9-38-18(21); a excepción de esta última, las demás superaron en rendimiento de hoja seca por hectárea a las variedades comerciales.

En las pruebas de rendimiento realizadas con materiales provenientes de la selec-

Tabla 6. Prueba de rendimiento de cultivares de Tabaco Virginia para la obtención de una línea promisorio. (C.I. El Arsenal; sem. 91 B)

Cultivares	Generaciones ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Rendimiento	Plantas seleccionadas
Línea 3-5-4-51	RC2F4	2.024 abcdef	
Línea 23-11-32-21	RC1F6	1.489 cdef	
Línea 23-11-32-86	RC2F4	2.083 abcdef	2
Línea 13-9-67-69	RC2F4	1.269 f	
Línea 1-11-6-70	RC2F4	2.326 abcd	16
Línea 6-8-36-85	RC1F4	2.517 ab	33
Línea 30-5-25-10	RC1F4	2.059 abcdef	
Línea 30-5-94-71	RC1F4	2.279 abcde	4
Línea 30-5-98-78	RC1F4	1.993 abcdef	
Línea 7-9-55-32	RC2F4	2.381 abc	30
Línea 7-9-55-38	RC2F4	2.271 abcde	33
Línea 27-33-80-3	RC1F6	1.701 bcdef	
Línea 9-4-7-63	RC2F4	2.168 abcdef	
Línea 9-4-7-72	RC2F4	1.538 cdef	
Línea 22-18-5-57	RC2F4	1.368 ef	
Línea 6-9-1-12-11	RC3F4	1.666 bcdef	
Línea 6-9-1-12-80	RC2F4	1.450 cdef	
Línea 6-24-9-38-18	RC2F6	1.542 cdef	21
Línea 7-22-11-40-9	RC2F6	2.658 a	
Línea 12-83-60	RC1F4	1.403 def	
Línea 1-17-25	RC1F4	1.760 abcdef	
Coker 51	-	1.965 abcdef	
Speight 70	-	1.826 abcdef	
Speight 28	-	1.625 bcdef	

Promedios de tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes (Duncan, $P \leq 0.05$).

Tabla 7. Prueba de rendimiento de hoja seca en cultivares seleccionados en Girón. (C.I. El Arsenal; sem. 91A).

Cultivares	Generación	Rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Planta seleccionadas
Línea 4-3 (Coker 51 x Speight 28 x Speight 28)	RC1F4	1.790 cd	30
Línea 7-8 (Speight 58 x Coker 176 x Speight 70)	C1F1 C2F4	2.018 bcd	40
Línea 27-33 (Speight 58 x Coker 51 x Coker 51)	RC1F4	2.626 ab	26
Línea 1-1 (Speight 70 X x.399)	F4	1.707 cd	
Línea 1-2 (Speight 70 x K.399)	F4	1.506 d	
Línea 6-24-9 (Speight 70 x Coker 51 x Speight 70 x Speight 70)	RC2F4	1.590 cd	
Línea 22-19-11 (Speight 70 x ICA Guane x Speight 70 x Speight 70)	RC2F4	1.892 bcd	35
Línea 12 (K.399 x Speight 70)	F4	2.215 abcd	
Línea 13-9 (Coker 176 x Speight 28 x Speight 28)	RC1F4	1.746 dc	
Línea 6-6 (Coker 176 x Speight 70 x Speight 70)	RC1F4	2.359 abc	29
Línea 30-2 (Coker 176 x Speight 58 x Speight 70)	C1F4	1.843 bcd	28
Línea 8-7 (Coker 176 x Speight 58 x Speight 70)	RC2F1F4	2.269 abcd	32
Speight 70	C1F1 C2 F4	2.973 a	

Promedios con letras iguales no son significativamente diferentes (Duncan $P \leq 0.05$).

ción realizada en el municipio de Girón, ninguno superó a la variedad Speight 70 (Tabla 7). Como resultado del proceso de selección por fenotipo se seleccionaron las siguientes líneas: línea 4-3-30, línea 7-8-40, línea 27-33-26, línea 22-19-11-35, línea 6-6-29, línea 30-2-28 y línea 8-7-32 (Tabla 8).

Pruebas regionales

Los resultados de análisis combinado de varianza indican que hubo diferencias estadísticas significativas entre cultivares; sin embargo, no ocurrió lo mismo entre ambientes ni tampoco para la interacción genotipo x ambiente (Tabla 9).

El comportamiento de las diferentes líneas en cuanto a los parámetros de estabilidad permiten visualizar que ninguno de los coeficientes de regresión (índices ambientales) fueron significativos (Tabla 10).

De acuerdo con los resultados de los parámetros de estabilidad según la metodología de Eberhart y Russell citado por Vallejo y Estrada (2002), los materiales: Línea 4-3-30, Línea 7-8-40, Línea 6-6-29, Línea 27-3-26, Línea 1-11-6-70-16 y Speight 70, presentan mejor respuesta en ambientes favorables pero poco predecibles, en tanto las líneas 6-8-36-85(33), 7-9-55-32(30), 30-5-94-71(4), 7-955-38-33,

Tabla 8. Prueba de rendimiento de hoja seca en cultivares de tabaco seleccionados por resistencia a enfermedades*. (C.I. El Arsenal; sem. 91B).

Cultivar	Generación	Rendimiento (kg·ha ⁻¹)
Línea 4 – 3 – 30	RC1F5	2.006 b
Línea 7 – 8 – 40	C1F1 C2F5	2.162 ab
Línea 27 – 33 – 26	RC1F5	1.839 b
Línea 22 – 19 – 11 – 35	RC2F5	1.698 b
Línea 6 – 6 – 29	RC1F5	1.751 b
Línea 30 – 2 – 28	C1F1 C2F5	2.162 ab
Línea 8 – 7 – 32	C1F1 C2F5	1.555 b
Speight 70	-	2.879 a

Promedios con letras iguales no son significativamente diferentes (Duncan, $P \leq 0,05$).

* Germoplasmas provenientes de la selección realizada en Girón (S).

Tabla 9. Análisis de estabilidad para cultivares de tabaco Virginia. (Sem. 92 A – 93 A).

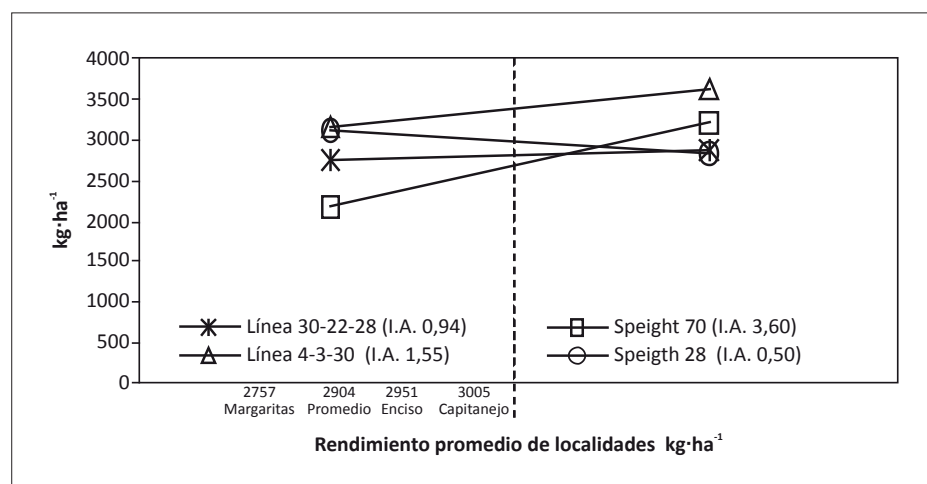
Factores de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F. Calculado	Pr > F
Repetición ambientes	6	3991914.52	665319.08	1,42	0,2073
Ambientes	2	2651319.30	1325659.15	2,84	0,0610
Cultivares	13	13208870.43	1016066.96	2,17	0,0118 *
Ambiente X Cultivos	26	9703097.77	373196.06	0,80	0,7468

*: significancia al 5% de probabilidad.

Tabla 10. Parámetros de estabilidad para cultivares de tabaco Virginia. (Sem. 92 A - 93 A).

Genotipos	Coefficiente de regresión	Desviación regresión	Rendimiento promedio (kg·ha ⁻¹)
L.4-3-30	1.55 NS	47786	3.341
Línea 7-8-40	2.66 NS	49523	2.825
Línea 6-6-29	3.46 NS	35007	2.523
Línea 27-3-26	1.50 NS	8138	2.502
Línea 30-22-28	0.93 NS	55874	2.923
Línea 1-11-6-70-16	1.20 NS	3557	2.921
Línea 6-8-36-85-33	0.66 NS	11286	3.018
Línea 7-9-55-32-30	0.07 NS	32539	2.961
Línea 30-5-94-71-4	-0.60 NS	803	2.862
Línea 7-955-38-33	0.49 NS	420	2.829
Línea 6-24-9-38-18	-1.41 NS	177070	2.918
Línea 23-11-32-86-2	0.28 NS	51293	3.275
Speight 28	-0.50 NS	112932	3.086
Speight 70	3.69 NS	61872	2.684
Promedio	1.00	0.0000	2.905

NS: No significativo

**Figura 2.** Estabilidad de líneas y variedades en la zona tabacalera de Santander.

6-24-9-38(18) y Speight 28, presentan mejor respuesta en ambientes desfavorables y poco predecibles (Figura 2).

En cuanto a la desviación de la regresión Speight 28 y la línea 6-24-9-38-18 presentaron los más altos parámetros de (112932 y 177070 respectivamente). Al tomar de base la variedad Speight 28 con rendimientos de 3.086 kg·ha⁻¹ fue superada por las líneas 23-11-32-86-2 y 4-3-30 con 3.275 y 3.341 kg·ha⁻¹ respectivamente. Ambas líneas también presentaron menor desviación de la regresión e índice ambiental frente a Speight 70 y Speight 28.

Repuesta de los cultivares seleccionados a problemas fitosanitarios

En la Tabla 11 se puede constatar que hubo ganancia genética en cuanto la tolerancia al Mosaico común del tabaco debido a que las líneas provenientes del estudio presentaron porcentajes de infección inferiores a la variedad Speight 28 (susceptible). Por otro lado, la línea 4-3-30, sin llegar a la inmunidad total, presenta 11,94% de infección que se cataloga como moderadamente resistente (MR), superando a la variedad Speight 70 que se considera muy tolerante a este problema.

En la evaluación de campo en cuanto a incidencia de larvas de nematodos por 100 gramos de suelo (Tabla 12), los cinco cultivares nuevos y la variedad Speight 28 presentaron conteos inferiores al evaluado en la variedad Speight 70. Según el índice de nudosidad, se confirma efectivamente que la mayoría de los genotipos en evaluación presentaron una buena tolerancia a nematodos. Este resultado es lógico si se tiene en cuenta que los parentales Speight 70 y Speight 28 están catalogados por su resistencia a nematodos del nudo radical *Meloidogyne incognita* razas 1 y 3 (Melton *et al.*, 1989), que son las que predominan en la zona de estudio.

La enfermedad de la Pata prieta (*Phytophthora parasitica* var. *Nicotianae*) en los últimos años se ha convertido en un problema serio en Colombia. La línea de tabaco Virginia 4-3-30 presenta un porcentaje similar de infección a la variedad parental Speight 28; además, se destaca que las líneas producto del mejoramiento superan en este aspecto a la variedad Speight 70 (Tabla 12).

Tabla 11. Susceptibilidad al Mosaico común en cultivares de tabaco Virginia. (Sem. 94 A).

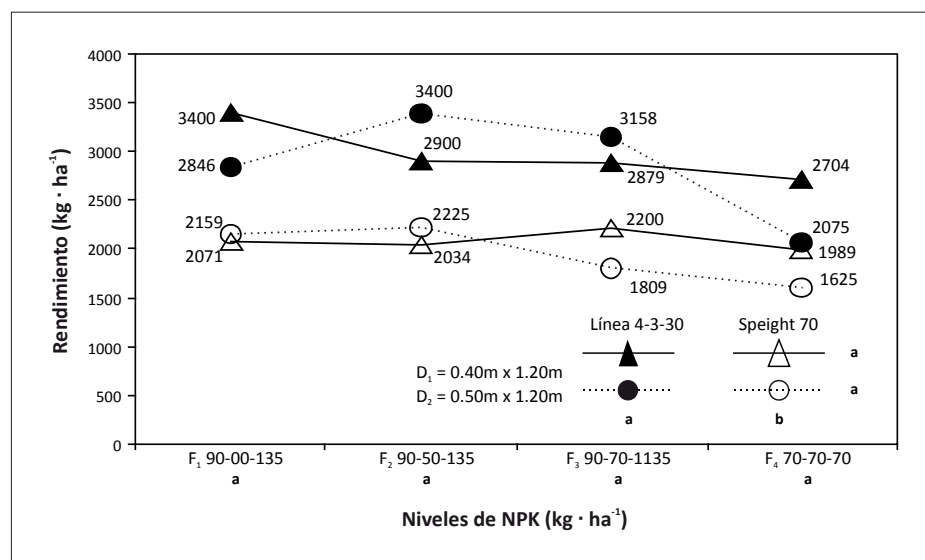
Cultivar	Plantas infectadas (%)	Grado de reacción*
Línea 4-3-30	11,94	MR
Línea 7-8-40	40,01	MS
Línea 30-2-28	27,77	MS
Línea 6-8-36-85-33	50,0	MS
Línea 23-11-32-86-2	98,43	AS
Speight 28	100,0	AS
Speight 70	22,53	MS

Evaluación con base al 100% del cultivar susceptible. * Escala usada: I: inmune (0%); AR: altamente resistente (2%); R: resistente (2 – 10%); MR: moderadamente resistente (10 – 20%); MS: moderadamente susceptible (20 – 50%); S: susceptible (50 – 70%) y AS: altamente susceptible (> 70%).

Tabla 12. Evaluación de la incidencia de Pata prieta y nematodos del nudo radical en cultivares de tabaco Virginia. (C.I. El Arsenal; sem. 94A).

Cultivar	Pata prieta Plantas afectadas (%)	Nematodos (larvas/100 g de suelo)	Índice de nudosidad*
Línea 4-3-30	4,40	190	2
Línea 7-8-40	10,00	220	2
Línea 30-2-28	8,90	180	4
Línea 6-8-36-85-33	11,50	180	3
Línea 23-11-32-86-2	8,90	200	2
Speight 28	4,40	150	3
Speight 70	33,3	480	2

* Escala del 1 al 5.

**Figura 4.** Efecto de distancias de siembra y niveles de N.P.K. sobre los rendimientos en kg·ha⁻¹ de las líneas 4-3-30 y Speight 70 de tabaco Virginia. (C.I. El Arsenal; sem 94A).

En cuanto a manchas foliares específicamente debidas a *Alternaria alternata*, la línea seleccionada presenta una mediana tolerancia, con tendencia a mejorar por efecto de la aplicación de medidas fitotécnicas adecuadas y oportunas (Figura 3).

Modelo de producción

Producto de combinar el abonamiento con distintas distancias de siembra, se obtuvo primero que todo una respuesta varietal en donde la línea 4-3-30 superó a la variedad Speight 70 en rendimientos por hectárea. Así mismo, el incremento de la distancia

entre plantas de 0,40 a 0,50 cm no presentó diferencias significativas; caso similar ocurrió con la evaluación de los cuatro niveles de NPK por ha: 70-70-70; 90-50-135; 90-70-135 y 90-00-135 (Figura 4).

En la Figura 5 se observó un efecto varietal en los rendimientos por hectárea, favorable a la línea 4-3-30 no hubo diferencias significativas entre aplicar una raspada o un manoteo para un tercer control de malezas. Sin embargo, la línea responde un poco más a la raspada. El efecto regulador en la producción presenta diferencias significativas favora-

**Figura 3.** La línea 4-3-30 presenta un grado de tolerancia a Manchas foliares similar a la variedad Speight 70.

bles al producto Prime® 1%, seguido de Royal Tac® 3,5%.

En cuanto al número de chupones se presentó un efecto varietal que favorece a la variedad Speight 70; no obstante, en la línea 4-3-30 el manoteo ejerció una mayor acción inhibitoria de chupones. Correlativamente hubo diferencias significativas entre los reguladores aplicados, siendo el Royal Tac® y Prime® los mejores controles (Figura 6).

En la variable 'peso de chupones' se presentaron diferencias significativas a favor de la línea 4-3-30 y se expresó aún más el efecto de la raspada (tercer deshierbo) acentuando el tamaño de los chupones, acción que es menos pronunciada en la variedad Speight 70. La respuesta obtenida por el efecto de los reguladores fisiológicos corrobora la acción inhibitoria del desarrollo de chupones por parte de los fitoreguladores Prime® y Royal Tac® (Figura 7).

Características morfológicas

La línea 4-3-30 corresponde a una planta de forma cónica de color claro, que presenta baja incidencia de chupones, un número promedio de 22,2 hojas/planta, colocadas cada 6,30 cm a lo largo de un tallo de 1,0 m, característica muy particular que la diferencia de la variedad Speight 28, la cual posee en promedio 25 hojas/planta y la distancia entre hojas es de 4,84 cm. En compensación, el nuevo germoplasma expresó un mayor tamaño foliar: las hojas bajera, media mata y corona tienen un promedio de área foliar de 661, 1.570, 1.565 cm², respectivamente; por su parte, la variedad Speight 28 reporta 507, 1.042 y 1.162 cm², lo que constituye a una diferencia amplia en el rendimiento de lámina.

En cuanto al tiempo de floración, la línea 4-3-30 mostró 77 días, lapso que se considera intermedio si se tiene en cuenta que la variedad Speight 28 presenta un valor de 80,7 días.

Calidad química

La calidad química de la hoja curada de la línea 4-3-30 (Figura 8) se caracteriza por tener una composición similar a las variedades Speight 70 y Speight 28. En el análisis de la Tabla 13, realizado por el departamento de química del CIDT de la Compañía Colombiana de Tabaco, se observa que el nitrógeno tiene un valor de 1,59%, parámetro que está dentro de los estándares para el tabaco Virginia. En cuanto al porcentaje de nicotina (2,6%), se mantiene por encima de las variedades comerciales, incluso sobrepasando ligeramente el rango superior estándar; debe anotarse que esta condición es transitoria, habida cuenta que dicho componente está claramente influido por la fitotecnica aplicada al cultivo.

El porcentaje de azúcares reductores es de 13,3%, valor que se halla dentro de la norma; los tabacos Virginia en general se caracterizan por contenidos altos de azúcares que influyen en su higroscopicidad, contrario a lo que ocurre con los tabacos negros, cuyos contenidos de azúcar son apenas detectables.

Para tabacos Virginia la relación nitrógeno/nicotina es muy importante en su balance químico y se considera que dicha relación no debe superar la unidad, debido a que tabacos con cifras superiores se califican como desbalanceados. Por su parte, la relación azúcar/nicotina influye directamente en el sabor de la fumada, siendo los valores altos los más aceptables.

El contenido de ceniza de la línea 4-3-30 resulta inferior al de las variedades comerciales, los que puede resultar una ventaja comparativa, pues se estima que este parámetro es más favorable a medida que se reduce, pues mejora la combustibilidad de la materia prima.

Respuesta económica

En la prueba comercial realizada en el semestre 97A la línea 4-3-30 superó en 195 kg·ha⁻¹ a la variedad Speight 70 y en 645 kg·ha⁻¹ a la variedad Speight 28 (Tabla 14). A lo anterior, se suma el aspecto calidad que se tradujo en una excelente res-

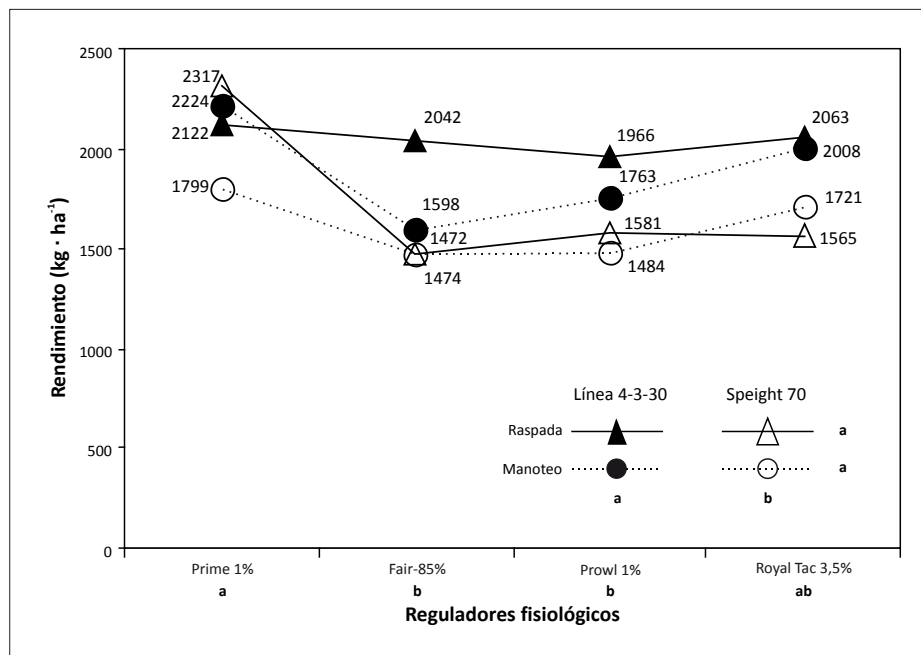


Figura 5. Efecto del deshierbo y de los reguladores fisiológicos sobre la producción en kg·ha⁻¹ de una línea promisorio de tabaco Virginia. (Sem 94A; C.I. El Arsenal).

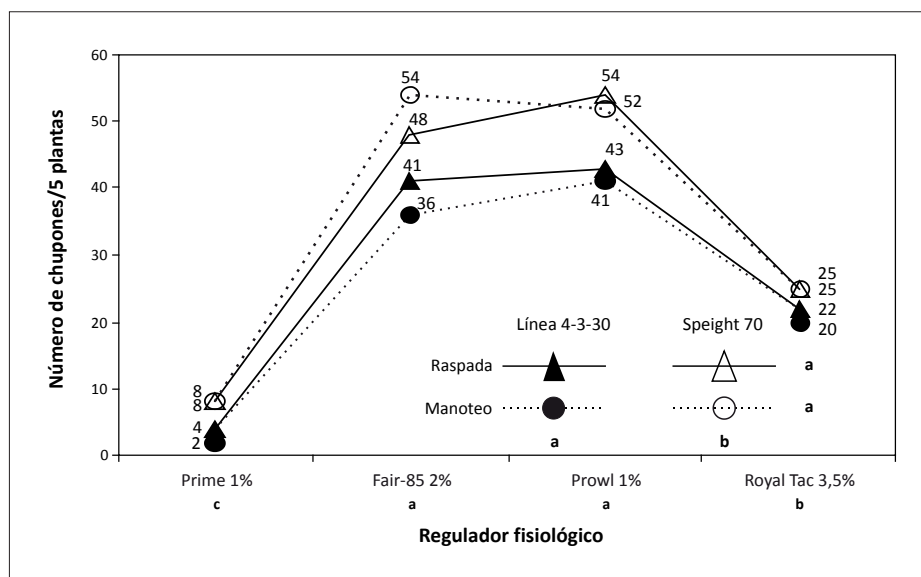


Figura 6. Efecto de reguladores fisiológicos y manejo de malezas sobre la incidencia de chupones en dos cultivares de tabaco Virginia. (C.I. El Arsenal; sem. 94A).

Tabla 13. Análisis químico correspondiente a muestras de cultivares de tabaco Virginia. (C.I. El Arsenal; sem. 95 A).

Compuesto	Línea 4-3-30 (%)	Speight 70 (%)	Speight 28 (%)	Estándar (%)
Nitrógeno (%)	1,59	1,55	1,77	1,4 – 2,5
Nicotina (%)	2,60	2,50	2,04	1,5 – 3,0
Relación Nitrógeno / Nicotina	0,61	0,60	0,87	< 1
Azúcares reductores (%)	13,3	11,4	9,10	8 – 18
Ceniza (%)	11,3	13,52	14,71	10 – 18
Cloro (%)	0,07	0,02	0,11	< 1
pH	5,21	5,40	5,42	-
Relación Azúcar / Nicotina	5,11	4,56	4,46	Alta

Fuente: CIDT. Departamento de química. Compañía Colombiana de Tabaco.

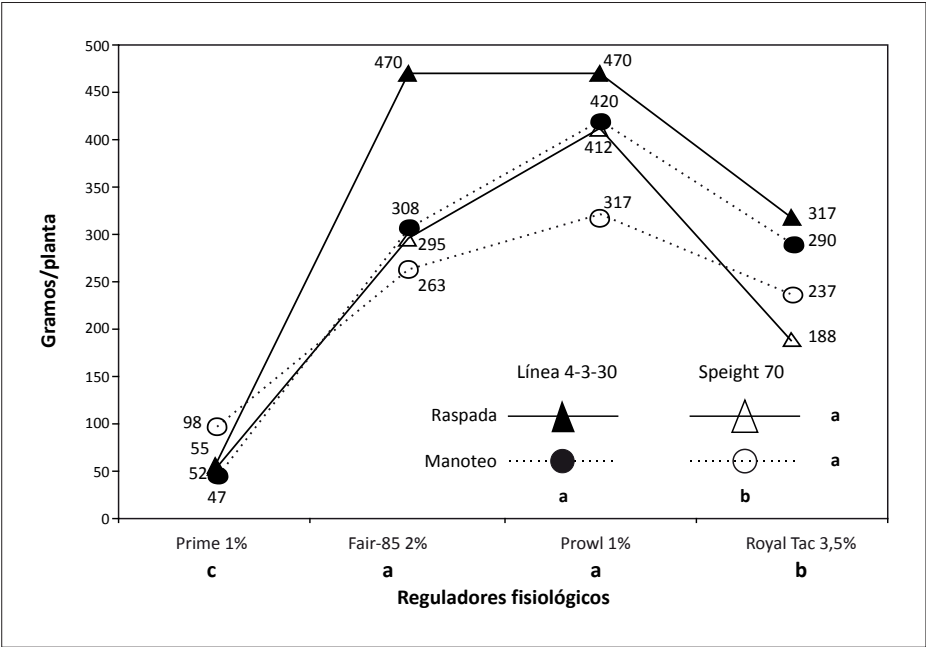


Figura 7. Peso (g) de chupones por efecto de reguladores fisiológicos y manejo de malezas en línea promisoría de tabaco Virginia. (sem 94A; C.I. El Arsenal).

Tabla 14. Presupuesto parcial de datos promedios de cultivares de tabaco Virginia. (Sem. 97A).

Concepto	Variedades				
	Speight 28	Coker 51	Speight 70	Línea 23-11-32-86-2	Línea 4-3-30
Rendimiento promedio (kg·ha ⁻¹).	2.745	2.400	3.195	2.235	3.390
Valor Producción (\$/ha)	8.490.528	7.446.964	9.935.112	6.862.556	10.368.400
Total costos de producción (\$/ha)	7.172.685	6.271.200	8.348.535	5.840.055	8.540.055
Beneficio Neto (\$/ha)	1.317.843	1.175.764	1.586.577	1.022.501	1.828.345

Pesos de 1998.

Tabla 15. Análisis marginal de rendimientos de cultivares de tabaco Virginia (por ha).

Beneficio Neto (\$/ha)	Cultivar	Costo variable (\$/ha)	Incremento marginal en beneficio neto	Incremento marginal costo variable	Rentabilidad marginal (%)
1.828.345	Línea 4-3-30	8.540.055	241.768	191.520	126,2
1.586.577	Speight 70	8.348.535	268.734	1.175.850	22,9
1.317.843	Speight 28	7.172.685	142.079	901.485	15,8
1.175.764	Coker 51	6.271.200	153.263	431.145	35,5
1.022.501	Línea 23-11-32-86-2	5.840.055	-	-	-

Pesos de 1998.

puesta económica que reportó un 126% de rentabilidad marginal superior en más del 100% a la obtenida con Speight 70 (Tabla 15).

CONCLUSIONES

Luego de varios ciclos de selección por cruzamiento y retrocruzamiento intervarietal (8 años), 12 líneas de tabaco Virginia se llevaron a pruebas regionales, encontrándose que la línea 4-3-30 produjo los mayores rendimientos de hoja seca. Dicho material presentó bajos niveles de incidencia de los principales problemas sanitarios del tabaco como el Mosaico común del tabaco, los nematodos de la raíz y la

Pata prieta. En cuanto a la respuesta de línea a los componentes de producción, se constató que el cultivar de tabaco Virginia 4-3-30 supera en rendimiento al testigo Speight 70 y, en general, se adapta a los niveles de los componentes de producción utilizados para los cultivos comerciales. La calidad físico-química de la producción se ajusta a los estándares de la industria. Fenotípicamente presenta una buena arquitectura con un tamaño de hoja que supera a la variedad Speight 28.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Agrios, G. 2004. Fitopatología. Editorial Limusa. México D.F. 838 p.



Figura 8. La composición química de la hoja curada de la línea 4-3-30 se encuentra dentro de los estándares exigidos por la industria para el tabaco Virginia.

Biogestión: Programa Interdisciplinario – Universidad Nacional de Colombia. 2006. Estudio prospectivo en la cadena productiva del tabaco. En: http://www.minagricultura.gov.co/archivos/resumen_ejecutivo_proyecto_tabaco_v.2.pdf; consulta: enero de 2007.

CIAT. 1982. Principales nematodos que atacan el frijol y su control. Guía de estudio. Cali. Colombia. 83 p.

COLTABACO. 1999. Desarrollo y comportamiento agronómico de variedad de tabaco Virginia con contenidos bajo y bajo intermedio de alcaloides con carácter amarillo pálido. Actualidades Técnicas. C.I.D.T. Medellín. 35 p.

Coronado, R. 1997. Mejoramiento genético de tabaco García por resistencia a *Meloidogyne* spp. En: Memorias Segundo Seminario Técnico Regional. Bucaramanga, Colombia. pp. 25-29.

Dimitrova, S. y K. Kunev. 1988. Líneas perspectivas creadas según los métodos de cultivos de tejidos. (Perspektivi Linn II. Sahzdadeni Po metodite na tankannite Kulturi). Bahigrarsky Tyutyu 33(6): 17.

Lewis, R.S. y J.S. Nicholson. 2006. Aspects of the evolution of *Nicotiana tabacum* L. and the status of the United States *Nicotiana* Germoplasm Collection. Gen. Res. Crop Evol. 54(4): 727-740. DOI: 10.1007/s10722-006-0024-2.

Manalov, A. y T. Andreeva. 1988. Novi metodi y selektsyata natyutyuna. Bahigrarsky Tyutyu 33(5): 17.

- Melton, T.A., *et al.* 1989. Disease control practices. pp. 62-95. En: Pedin, G. *et al.* Tobacco information. The North Carolina Agricultural Extension Service. Raleigh. (EUA). 125 p.
- Moreno, P.A. y R.A. Coronado. 1992. Variedad mejorada de tabaco Negro resistente a Pata prieta. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Plegable divulgativo No .251. Bogotá, Colombia. 36 p.
- Perrin, R.K, D.L. Winkelmann, E.R. Moscardi y J.R. Anderson. 1983. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. CIMMYT. Folleto informativo N° 27. México D.F. 54 p.
- Quispe, V.C. 2005. La problemática de los nematodos en el Perú. En: http://www.senasa.gob.pe/intranet/capacitacion/cursos/curso_arequipa/problematika_nematodos_peru.pdf. 34 p.; consulta: noviembre 2006.
- Tinoco, J.D. 1996. TRC1 – 96. Nueva variedad de tabaco Virginia curado en estufa, desarrollada a través del cultivo “*in vitro*” de anteras. Plegable. Compañía Colombiana de Tabaco. Medellín. 8 p.
- Vallejo, F.A. y E.I. Estrada. 2002. Mejoramiento genético de plantas. 1ª ed. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Cali, Colombia. 402 p.