

# Aplicación del análisis multivariado para determinar la preponderancia de factores edafoclimáticos en la producción de semillas de gramíneas pratenses tropicales

G. Febles<sup>1</sup>, Verena Torres<sup>1</sup>, R. Baños<sup>2</sup>, T.E Ruiz<sup>2</sup>, S. Yañez<sup>2</sup> y Jahel Echeverría<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

<sup>2</sup>Instituto de Pastos y Forrajes, Ave. 10 No. 611 e/ 100 y 62, Loma de Tierra, Cotorro, La Habana, Cuba

Correo electrónico: gfebles@ica.co.cu

El experimento se condujo para desarrollar una estrategia que determine con mayor precisión, mediante la combinación de indicadores edafoclimáticos y el análisis multivariado de componentes principales y conglomerados, la producción de semillas pratenses tropicales. Los datos se tomaron de fincas de semillas en regiones específicas de Cienfuegos, Villa Clara, Sancti Spiritus, Camagüey, Granma y Guantánamo. Las especies utilizadas fueron: *Panicum maximum*, *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha*, *Chloris gayana*, y *Cenchrus ciliaris*. Los resultados mostraron la preponderancia de las variables precipitación total y en lluvia; temperatura máxima, mínima y media; profundidad del suelo, pedregosidad, fósforo y drenaje. El método de conglomerado produjo cuatro grupos: Cienfuegos; Guantánamo, Villa Clara y Camagüey; S. Spiritus y Granma. Estas variables explican 88.8 % de la variabilidad en el análisis de conglomerados. El análisis matemático mostró que no hubo relevancia para el rendimiento, que varió entre 147.8 y 240 kg/ha. Esto puede indicar que el comportamiento de las especies no varía de manera relevante entre regiones. Se concluye que el método combinado fue útil para estudiar la influencia de la combinación de factores edafoclimáticos, especies y regiones del país.

Palabras clave: análisis multivariado, producción de semillas, especies pratenses tropicales, indicadores edafoclimáticos

En Cuba no se puede obviar que el efecto integrado de los factores edafoclimáticos requiere mayor profundización en las investigaciones que se desarrollan en nuestro país y en el resto del área latinoamericana y caribeña. Por su importancia técnica y práctica (Perez *et al.* 2006), para desarrollar una industria semillera local es necesario que las variedades sean cultivadas en regiones que proporcionen altos rendimientos de semilla con calidad (Humphreys 1979 y Yañez *et al.* 2008). Al respecto, se debe tener en cuenta que las especies difieren en sus propiedades para colonizar diferentes lugares ecológicos.

Desde el punto de vista experimental, no resulta fácil diseñar un experimento clásico que contemple especies, regiones geográficas, clima y suelo, como elementos edafoclimáticos integrados mediante el análisis univariado de los resultados, por lo que en este estudio se aplicaron variantes del análisis multivariado.

El contexto tecnológico para la producción de semillas de especies de interés para la ganadería es variado y complejo, independientemente de los procedimientos que se desarrollan con los pastos para obtener altos rendimientos de semilla de calidad (Febles *et al.* 2003 y Febles y Ruiz 2006). Por ello, el objetivo de este experimento fue medir el potencial de producción de semillas de un área y comenzar a avalar algunos de los factores edafoclimáticos que lo determinan mediante métodos matemáticos actuales.

## Materiales y Métodos

*Procedimiento experimental.* La selección de las especies partió de la información registrada en el proyecto "Regionalización de la producción de semilla

para las especies y variedades comerciales y promisorias de uso en la ganadería cubana", desarrollado en 1992, en el Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes del Ministerio de la Agricultura. Como resultado se pudieron obtener datos de producción de semillas, información climática de más de seis años, así como el resultado del análisis de suelos.

Las especies seleccionadas fueron: *Andropogon gayanus*, *Brachiaria brizantha* vc. Marandú, *Brachiaria decumbens*, *Cenchrus ciliaris*, *Chloris gayana*, *Panicum maximum* vc. Likoni.

Las regiones seleccionadas correspondieron a Cienfuegos, Villa Clara, Sancti Spiritus, Camagüey, Granma y Guantánamo.

El experimento se desarrolló durante seis años. Los factores climáticos objeto de análisis fueron: precipitación total, en la época de lluvia, en seca, temperatura máxima, mínima, temperatura media, humedad relativa y horas luz.

Los factores edáficos contemplados en cada región fueron los siguientes: pH, materia orgánica, fósforo y potasio asimilables, profundidad efectiva del suelo, pedregosidad y drenaje.

La tabla 1 muestra las especies por regiones y subtipos de suelos. Las condiciones climáticas y de suelo se presentan en las tablas 2 y 3.

Las informaciones climáticas se obtuvieron de las estaciones meteorológicas más cercanas a cada lugar de estudio, las cuales no estuvieron alejadas más de 1.5 km. En algunas regiones, como en Guantánamo, las informaciones se tomaron *in situ*.

*Análisis del suelo.* En tres partes de las parcelas se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0-20 cm durante los seis años en estudio, conformándose

una muestra única. Las determinaciones químicas se realizaron según Paneque *et al.* (2002) e incluyeron los siguientes análisis:

- pH: potenciometría relación suelo-agua 1: 2.5
- Materia orgánica: Walkley y Black
- P asimilable: Oniani
- K asimilable: Oniani

Los datos de profundidad efectiva del suelo, pedregosidad y drenaje se hallaron a partir de las hojas cartográficas y del mapa nacional de suelo 1: 25000 (Anon 1990) de cada región, correlacionándolos con la nueva versión de clasificación de los suelos (Hernández *et al.* 1999).

Todas las especies se sembraron durante la época de lluvia, cuando las precipitaciones se habían estabilizado en cada región. Se efectuaron escardes para eliminar totalmente la presencia de malezas ordinarias y especies prohibidas, y de esta forma mantener la pureza de las áreas. Se emplearon dosis de siembra sugeridas por

Funes *et al.* (1998). En cada región se sembró un área de 759m<sup>2</sup>. El suelo se preparó de forma convencional, lo que permitió crear condiciones adecuadas para la siembra. No se efectuaron regadíos ni fertilización. Se consideró la expresión particular de la fertilidad de los suelos.

La cosecha de las semillas en cada una de las áreas fue completamente manual. Posteriormente, se sudaron, desgranaron, secaron y almacenaron. Se pesaron según las orientaciones para cada especie (Pérez *et al.* 1995, Funes *et al.* 1998 y Febles y Ruiz 2003).

*Análisis estadístico.* La determinación de los indicadores que mejor explican el comportamiento de la producción de semillas de las gramíneas estudiadas se realizó mediante la metodología descrita por Torres *et al.* (2006). Esta se basa en la aplicación del análisis de componentes principales, que es una variante del análisis multivariado (Visauta 1998) para seleccionar los indicadores que mejor explican la variabilidad.

Tabla 1. Especies en estudio por provincia y subtipo de suelo

Especies	Provincias	Subtipo de suelo
<i>Panicum maximum</i> (Guinea Likoni)	Cienfuegos	Pardo grisáceo
	Villa Clara	Alítico baja actividad arcillosa amarillento
	Sancti Spíritus	Pardo sialítico cálcico
	Camagüey	Pardo sialítico ócrico
	Granma	Vertisol pélico
<i>Andropogon gayanus</i> (Andropogon)	Guáantanamo	Fluvisol diferenciado
	Cienfuegos	Pardo grisáceo
	Villa Clara	Alítico baja actividad arcillosa amarillento
	Camagüey	Pardo sialítico ócrico
	Granma	Vertisol pélico
<i>Brachiaria decumbens</i> (Bracharia)	Guáantanamo	Fluvisol diferenciado
	Cienfuegos	Pardo grisáceo
	Villa Clara	Alítico baja actividad arcillosa amarillento
	Sancti Spíritus	Vertisol pélico
	Camagüey	Pardo sialítico ócrico
<i>Brachiaria brizantha</i> (Bracharia)	Guáantanamo	Fluvisol diferenciado
	Villa Clara	Alítico baja actividad arcillosa amarillento
	Camagüey	Pardo sialítico ócrico
	Granma	Vertisol pélico
<i>Cenchrus ciliaris</i> (Rhodes)	Guáantanamo	Fluvisol diferenciado
	Cienfuegos	Pardo grisáceo
	Sancti Spíritus	Fluvisol diferenciado
	Camagüey	Pardo sialítico ócrico
	Granma	Vertisol pélico
<i>Cenchrus ciliaris</i> (Buffel)	Guáantanamo	Fluvisol diferenciado
	Cienfuegos	Pardo grisáceo
	Villa Clara	Alítico baja actividad arcillosa amarillento
	Camagüey	Pardo sialítico ócrico
	Granma	Vertisol pélico

Tabla 2 Información climática de cada provincia (media de años 1981-1990)

Provincias	Precipitación		Temperatura		Temperatura		Temperatura		Humedad		Horas		Velocidad		Dirección	
	Año, mm	Seca, mm	Lluvia, mm	Máx, °C	Min, °C	Media, °C	relativa, %	luz, h/día	luz, h/día	relativa, %	luz, h/día	viento, km/h	viento, km/h	del viento	del viento	
Cienfuegos	1309.6	405.7	903.9	30.6	21.9	26.4	83	8.0	8.0	83	8.0	10.9	10.9	NE	NE	
Villa Clara	1373.1	318.5	1054.6	30.6	19.9	25.3	82	7.7	7.7	82	7.7	9.1	9.1	ENE	ENE	
S. Spíritus	1408.6	426.9	981.7	30.4	19.2	24.4	83	7.3	7.3	83	7.3	5.7	5.7	NE	NE	
Camagüey	1242.4	310.1	932.3	30.2	20.2	24.6	79	7.6	7.6	79	7.6	15.1	15.1	E	E	
Granma	995.0	255.0	740.0	32.0	19.8	25.7	76	7.9	7.9	76	7.9	6.2	6.2	S	S	
Guantánamo	830.7	289.1	541.6	32.0	20.5	25.0	73	7.5	7.5	73	7.5	4.4	4.4	S	S	

Tabla 3. Información de suelo de cada región (valores extremos seis años)

Provincia	Subtipo de suelo	pH	M.O., %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g de suelo			Prof. efect (cm)	Pedreg. (w)	Drenaje	Categoría agrop
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O					
Cienfuegos	Pardo grisáceo	4.0 - 5.0	2.0 - 2.9	2.2 - 2.8	8.3 - 8.8	60	W3	Bueno	VI	
Villa Clara	Alfítico baja actividad arcillosa amarillento	4.0 - 4.9	2.0 - 2.5	1.9 - 2.9	5.0 - 6.1	55	W4	Muy bueno	VI	
Sancti Spíritus	Pardo sialítico cálcico	7.2 - 7.5	4.3 - 4.5	1.2 - 1.5	27.0 - 27.6	50	W2	Bueno	IV	
	Vertisol pélico	6.6 - 6.8	2.4 - 2.6	0.6 - 0.8	26.5 - 27.1	40	W4	Malo	VII	
	Fluvisol diferenciado	6.6 - 7.0	2.6 - 2.9	0.6 - 0.7	19.0 - 19.7	60	W4	Bueno	II	
Camagüey	Pardo sialítico ócrico	6.0 - 6.5	2.0 - 2.3	1.8 - 2.9	12.0 - 13.1	40	W4	Bueno	V	
Granma	Vertisol pélico	6.0 - 6.5	4.0 - 4.9	8.1 - 8.8	11.0 - 12.1	95	W4	Malo	VII	
Guantánamo	Fluvisol diferenciado	8.0 - 8.3	2.9 - 3.2	1.0 - 1.2	36.0 - 36.6	126	W4	Bueno	II	

W4: Moderadamente pedregoso (0.01 - 0.1 %), W3: Pedregoso (0.2 - 3.0 %), W2: Muy pedregoso (4-15 %)

Cada componente principal seleccionado, con valores propios superiores a 1, se identificó con un nombre, de acuerdo con los indicadores de mayor valor de preponderancia. Estos definieron el proceso que, de manera independiente, describen dichos componentes y los que aportan en cada caso un valor específico de explicación a la variabilidad.

Se creó una matriz con los valores edafoclimáticos determinados en las provincias, donde se incluyeron las variables precipitación total, en lluvia y seca, temperatura máxima, mínima y media, humedad relativa, horas luz, pH, materia orgánica, fósforo y potasio asimilables, profundidad efectiva del suelo, pedregosidad, drenaje y rendimiento de semilla.

Para mejor precisión se seleccionaron los indicadores que presentaron valor de preponderancia de  $\pm 0.80$  en el análisis de componentes principales. Igualmente se aplicó la variante multivariada de análisis de Clusters o conglomerados para conocer la posibilidad de conformar grupos por provincias, de acuerdo con su similitud mediante la distancia Euclidiana 2 (D2) (Torres 1992).

Para los rendimientos se aplicó el análisis de varianza, de acuerdo con los grupos que se obtuvieron en el conglomerado, según modelo de clasificación simple.

### Resultados y Discusión

Hubo correlación superior a 0.45 entre las variables en estudio, lo que permitió efectuar el análisis multivariado. Con respecto a los resultados puntuales encontrados en el experimento, la tabla 4 muestra los componentes principales, así como la varianza particular y la acumulada de cada uno de ellos. Se redujo el espacio de 16 variables en cuatro componentes principales, cuyos valores propios fueron superiores a uno. Estos cuatro componentes explican prácticamente 90 % de la variabilidad acumulada (88.8).

De las 16 variables estudiadas (tabla 5), hubo 11 valores distribuidos entre los cuatro componentes que tienen la mayor preponderancia y valores propios mayores que uno. De estos valores, siete están relacionados con las variables climáticas, ubicándose cinco de ellos en el primer componente. Esto es un indicador de la influencia preponderante del clima en las

Tabla 4. Componentes, valores propios y varianza parcial y acumulada

Componentes	Valores propios	Varianza (%)	
		Parcial	Acumulada
1	7.45	46.5	46.5
2	3.01	18.9	65.4
3	2.25	14.1	79.5
4	1.49	9.3	88.8
5	0.76	4.8	93.6
6	0.66	4.1	97.7
7	0.33	2.0	99.7

condiciones donde se condujeron los trabajos. Ese primer componente, llamado “factores del clima”, explicó 46.5 % de la variabilidad.

Tabla 5. Matriz de factores de preponderancia entre los componentes principales (CP), variables edafoclimáticas y rendimiento para la producción de semillas de gramíneas

Variables	Factores de preponderancia			
	CP1	CP2	CP3	CP4
Rendimiento	0.43	0.52	0.31	0.32
Precipitación total	-0.86	-0.40	0.13	0.17
Precipitación en lluvia	-0.92	-0.27	0.11	0.14
Precipitación en seca	-0.10	-0.91	0.17	0.23
Temperatura máxima	0.92	0.00	-0.20	-0.18
Temperatura mínima	0.90	0.27	-0.04	0.31
Temperatura media	0.90	0.16	0.16	-0.16
Humedad relativa	-0.52	-0.14	-0.73	0.38
Horas luz	-0.18	0.40	0.88	0.04
pH	0.65	0.63	0.06	0.10
Materia orgánica	0.12	0.61	0.50	0.02
Fósforo	0.06	-0.12	-0.12	-0.96
Potasio	0.54	0.72	0.24	0.29
Profundidad efectiva	0.31	0.84	0.14	-0.13
Pedregosidad	0.39	0.30	-0.84	-0.08
Drenaje	-0.13	-0.24	0.17	0.87

Las variables de mayor preponderancia son las que más varían. En este componente se destacaron la precipitación total y la precipitación en época de lluvia, así como las temperaturas máximas, mínimas y media. Los resultados indicaron que existe una relación inversa entre la precipitación y la temperatura, que puede reflejar que a más lluvia puede haber disminución de las temperaturas y viceversa.

El segundo componente, “precipitación en seca”, mostró la relación inversa entre la precipitación y la profundidad efectiva del suelo. Este explicó 19 % de la variabilidad. Hubo de nuevo una variable del clima, cuya relación con el factor físico no fue fácil de explicar con los conocimientos de la relación causa-efecto acumulados y las medidas tomadas. Su discusión pudiera conducir a especulaciones subjetivas.

En el tercer componente, “horas luz”, se destacaron la pedregosidad y las horas luz como las de mayor preponderancia en una relación inversa que no es fácil de explicar a la luz de los conocimientos actuales. En el cuarto componente, “fósforo”, la relación fue inversa. Al

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 1, 2011.

existir más drenaje, hubo menos fósforo. Esto pudiera vincularse a procesos de lavado de nutrientes o a un proceso físico-químico particular.

Esta explicación pudiera complicarse más si se tiene en cuenta la planta y su relación con la nutrición. Goodwin y Wilson (1976) señalaron además que la variación nutricional puede estar bajo dos tipos de control genético: mediante un solo gen y con control poligénico. Este aparece más estrechamente ligado a la acumulación de macronutrientes.

Los genotipos tolerantes a las condiciones de infertilidad de los suelos, o sea, con baja concentración de nutrientes, poseen gran actividad metabólica de la raíz, al igual que un rápido crecimiento y desarrollo de los retoños con pequeñas pérdidas de hojas (Mesa *et al.* 1990 y Pérez *et al.* 2006)

En un trabajo paralelo y metodológicamente similar (Baños 2004), donde se estudió la influencia de los factores edafoclimáticos en la producción de semillas de leguminosas forrajeras y arbóreas en diferentes regiones de Cuba, se demostró que además de la temperatura máxima, las horas luz y las precipitaciones en seca, el drenaje y la profundidad efectiva eran variables de preponderancia en el comportamiento de las leguminosas estudiadas. Entre las variables químicas se destacó el fósforo. Estos resultados coinciden con los encontrados en el experimento de este trabajo, lo que puede permitir la generalización de la influencia de estos factores edafoclimáticos en la producción de semillas de especies de gramíneas y leguminosas forrajeras en Cuba. Además, hay que resaltar que, generalmente, estas variables se ubican en los dos primeros componentes principales. Estos hallazgos reflejaron también la existencia de fuertes interacciones entre los factores implicados, lo que requiere de técnicas y métodos especiales para explicar sus manifestaciones.

Se considera que el clima ideal para producir semillas es el que presenta integralmente radicación, temperatura y lluvias no restrictivas para el desarrollo del cultivo. Esto fue reafirmado por Baños (2004) para las condiciones de Cuba y avalado por los resultados que aquí se discuten. Son también determinantes las condiciones estables y secas al momento de maduración del grano y cosecha de la semilla. Cada cultivar y variedad puede tener su nicho ecológico propio. Es allí donde expresará su mayor potencial (Funes *et al.* 1998).

Según Hopkinson y Reid (1979), los requerimientos generales de mayor importancia al considerar una región adecuada para la producción de semilla en el área tropical son:

- Precipitación anual promedio entre 800 y 2000 mm, con una estación húmeda predominante en el verano. Precipitación no mayor de 400 mm fuera de los cuatro meses más húmedos.

- Temperatura diaria promedio no inferior a los 17°C durante el mes más frío.

- Latitud superior a los 10°

Entre las variables empleadas en este estudio, las ocho de mayor preponderancia para desarrollar el análisis multivariado de componentes principales coinciden con las referidas en la literatura.

La humedad relativa no se mostró como variable preponderante, aunque se conoce que en gramíneas (Ortiz 1997 y Anon 2006), cuando este componente climático es alto, afecta la floración. Esto se debe a que el polen absorbe agua y no baja a los estigmas. Sin embargo, cuando es baja produce sequedad en los estigmas, como ocurre en el maíz.

Ayala (1994) y Sosa *et al.* (2001) plantearon que las especies sensibles al fotoperíodo, como las incluidas en este trabajo, se comportan con mínimas variaciones entre años, debido al alto grado de adaptación.

No obstante, este indicador solo apareció en el tercer componente principal, por lo que es posible que se requieran estudios más profundos al respecto, de modo que indiquen con mayor precisión la importancia o no de este componente en las regiones de Cuba.

Los hallazgos de este trabajo reafirman más integralmente la influencia de algunos elementos del clima. Autores clásicos y contemporáneos (Booman 1973, Chadhokar y Humphreys 1973, Hopkinson y Reid 1979, Febles 1981, Skerman *et al.* 1991, Pérez *et al.* 1995, Catusus 1997, Funes *et al.* 1998 Febles y Ruiz 2006) valoran este tema desde la misma perspectiva.

La importancia de las condiciones químicas del suelo ha sido abordada por Febles y Vega (2009). En las leguminosas pratenses, por ejemplo, son esenciales el potasio, la materia orgánica y el fósforo (Baños 2004). No obstante, en esta investigación, el fósforo fue el elemento de mayor variabilidad y preponderancia representado en el cuarto componente, que explicó solamente 9.3 % de variabilidad. A partir de la tabla 3 se puede inferir que este elemento está en baja proporción en la mayoría de las regiones, lo que puede asociarse a que los niveles existentes no limitaron la producción de semilla.

Es conocido que el nitrógeno es el elemento fundamental en la producción de semilla de gramíneas forrajeras, al aumentar sensiblemente el número de tallos fértiles (Febles *et al.* 1995, Febles *et al.* 2003, Febles y Ruiz 2006 y Yañez *et al.* 2008). Lamentablemente, este indicador no fue medido en nuestro trabajo. No obstante, no se puede obviar el efecto del fósforo en el rendimiento ante dosis elevadas de nitrógeno en sistemas de producción continua (Febles y Navarro 1986). Esto se ha comprobado en *Panicum maximum* y *Cenchrus ciliaris*.

La selección de la región geográfica (Ferguson y Burbano 1979) es también muy importante. Evidentemente, los suelos de las estaciones experimentales y otros lugares donde se condujo este experimento no fueron de la mejor calidad (tabla 3). Sin embargo, los rendimientos alcanzados fueron aceptables para las condiciones en que se trabajó. Esto indica que las gramíneas no requieren condiciones especiales y óptimas de fertilidad, y el

nitrógeno representa, muy probablemente, el elemento nutricional clave, al menos, a corto y mediano plazo. No se puede obviar que en los datos de los rendimientos se acumulan seis años de experimentación. Esto puede indicar la necesidad de disponer de este nutriente para potenciar la producción de semilla en gramíneas, y reafirma los resultados locales obtenidos anteriormente, que no fueron tan amplios desde el punto de vista geográfico con respecto a los de este experimento.

La similitud o no entre regiones fue otro aspecto que se valoró. La tabla 6 representa el resultado del análisis de conglomerados, que indicó la formación de cuatro grupos: el primero correspondió a Cienfuegos; el segundo a Guantánamo, Villa Clara y Camagüey; el tercero a Sancti Spíritus y el cuarto a Granma.

Hubo diferencias importantes entre estos grupos, que se reflejan en indicadores con preponderancia en el

análisis de componentes principales, como es el caso del fósforo y de las precipitaciones en seca, lluvia y totales, principalmente.

Los grupos 2 y 3 fueron los de mejor rendimiento promedio. La precipitación total y en lluvia fue mayor en este último, así como el contenido de materia orgánica, potasio, fósforo. También fue superior la profundidad efectiva. Se trata de un suelo fluvisol, con categoría agroproductiva 2, y de un pardo sialítico, con categoría 4.

El análisis de componentes principales no mostró relevancia para el rendimiento, lo que puede indicar que no hubo variaciones importantes para cada especie según las regiones. El análisis de varianza efectuado con los grupos que se originaron en el estudio de conglomerados se muestra en la tabla 7.

Aamid (1992) y Loch *et al.* (2004) han referido la ventaja de desarrollar la producción de semillas en

Tabla 6. Grupos formados a partir del análisis de conglomerados (Cluster) entre las variables y las diferentes regiones donde se efectuaron los experimentos.

Variables	Grupos							
	Cienfuegos (1)		Guantánamo, Villa Clara, Camagüey (2)		Sancti Spíritus (3)		Granma (4)	
	Media	D.S	Media	D.S	Media	D.S	Media	D.S
Rendimiento kg/ha	166.6	111.2	201.7	117.0	240.5	92.5	147.8	73.3
Precipitación total, mm	1307.6		1080.5	170.0	1364.6		1004.0	
Precipitación en lluvia, mm	1002.5		809.2	148.4	1120.7		758.0	
Precipitación en seca, mm	305.1		271.3	31.0	243.8		246.0	
Temperatura máxima, °C	30.5		32.0	0.9	30.2		32.3	
Temperatura mínima, °C	19.9		20.6	0.5	19.7		20.1	
Temperatura media, °C	25.5		25.7	0.5	24.6		25.9	
Humedad relativa, %	76.0		79.1	2.9	79.0		76.0	
Horas luz	7.9		7.7	0.1	7.9		7.7	
pH	4.4		6.4	1.6	6.9	0.5	6.2	
Materia orgánica, %	2.5		2.5	0.4	3.0	1.2	2.6	
Fósforo, ppm	2.5		1.9	0.6	0.9	0.4	8.4	
Potasio, %	8.5		19.0	13.5	24.5	4.5	11.9	
Profundidad efectiva	60.0		74.8	39.5	105.0	54.1	95.0	
Pedregosidad, %	3.0		4.0	0.0	3.7	0.6	4.0	
Drenaje	3.0		3.3	0.5	2.3	1.2	1.0	

Tabla 7. Comportamiento de los rendimientos de semilla.

	Grupos				Sig
	1	2	3	4	
Rendimiento de semilla	166.6	201.7	240.5	147.8	N.S
EE ±	48.6	26.3	62.7	48.6	

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 1, 2011.

más de un área. Para ellos en estas circunstancias es menos riesgosa la pérdida de las cosechas por factores climáticos extremos o de otra naturaleza. Además, hay más posibilidades de que las especies puedan florecer y producir semillas satisfactoriamente.

Los autores antes citados consideran de gran importancia que las siembras se hallen en zonas donde las especies estén mejor adaptadas desde el punto de vista genético-ambiental, siendo el suelo y el clima elementos esenciales. Sin dudas la combinación del método experimental de extensión de resultados y el empleo del análisis multivariado permitió hallar una alternativa estratégica para estudiar de forma combinada las relaciones del clima y el suelo en la producción de semillas de algunas gramíneas prateses.

Se recomienda profundizar en este enfoque técnico-experimental poco abordado en el entorno latinoamericano y caribeño.

### Agradecimientos

Se agradece al departamento de Biometría del Instituto de Ciencia Animal por el apoyo técnico brindado para la conducción de esta investigación.

### Referencias

- Aamid, T. 1992. Flower induction requerimet of northern Grasses: Implication for location and management of seed crop. International Herbage Seed Production
- Anon 2006. Grupo de expertos de la ONU. Convención de desertificación y sequía. Comunicación Interna. Alemania. p. 12
- Anon 1990. Mapa Nacional de Suelo 1:25000. Instituto de suelo. La Habana, Cuba
- Ayala, S.A. 1994. Sincronización de la floración y producción de semilla de *Andropogon gayanus* en el norte de Yucatán. Pasturas tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali. Colombia. 16:36
- Baños, G.R. 2004. Influencia de los factores edafoclimáticos en la producción de semillas leguminosas forrajeras y arbóreas en diferentes regiones de Cuba. Tesis MSc. "Pastos y Forrajes". Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 91 pp.
- Booman, J. G. 1973. Seed production of tropical grasses in Kenya Doctoral Thesis. Wageningen.
- Catusus, L. 1997. Manual de Agrostología. Ed. Academia. La Habana, Cuba. 98 pp.
- Chadhokar, P. & Humphreys, L. 1973. Effect of tiller age and time of nitrogen stress on seed production of *Paspalum plicatulum*. J. Agric. Sci. Camb.81:219
- Febles, G. 1981. Estudios sobre la calidad y la producción de semilla en Yerba de Guinea común (*Panicum maximum* Jacq). PhD Thesis. La Habana. Cuba. 144 pp.
- Febles, G. & Navarro, G. 1986. Producción de semillas de gramíneas y leguminosas. En: Los pastos en Cuba. Tomo 1. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba. 474 pp
- Febles, G. & Ruiz, T.E. 2003. Producción de semillas de especies prateses y de otros cultivos. Conferencia México.
- Febles, G. & Ruiz, T.E. 2006. Producción de semillas de especies prateses y de otros cultivos. En: fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales, abono orgánico y biogás. Ed. Instituto de Ciencia Animal. Cuba. 155 pp.
- Febles, G. Ruiz, T. Navarro, G. & Valdés, R. 1995. Situación actual de la producción de semilla para la ganadería en Cuba. Seminario Científico Internacional. XXX Aniversario Instituto de Ciencia Animal. pp. 170-177
- Febles, J.M. & Vega, M. 2009. Teoría y práctica para el manejo ecológico de los suelos en Cuba. Comunicación Interna. Universidad Agraria de La Habana. Cuba. p. 6
- Ferguson, J. E. & Burbano, E. A. 1979. Regiones geográficas en la producción de semillas forrajeras tropicales. X Reunión de la Asociación Latinoamericana de Ciencias Agrícolas. Acapulco. México
- Funes, F., Yañez, S. & Zambrana, T. 1998. Semillas de pastos y forrajes tropicales. Métodos prácticos para su producción sostenible. Asociación Cubana de Producción Animal. La Habana. Cuba. 138 pp.
- Goodwin, D.C. & Wilson, E.J. 1976. Prospects for selecting plants with increased phosphorus efficiency En: Prospects of improving phosphorus efficiency. Eds. G. Blair, New South Wales. Australia. Rev. Rural Sci. 3:131
- Hernández, J. A., Ascanio, G.M.O. & Morales, M. D. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Investigaciones de Suelo. Ministerio de la Agricultura. Cuba. Universidad de Biología Agropecuaria Veracruz, México
- Hopkinson, J.M. & Reid, R. 1979. La importancia del clima en la producción de semillas de leguminosas forrajeras tropicales. En: Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Eds. L.E. Tergas y P.A. Sánchez. CIAT. Cali. Colombia. 365 pp.
- Humphreys, L.R. 1979. Site selection for seed production In: Tropical Pasture seed production FAO. Rome. p.14
- Loch, D.S., Norman, F.G., Pethrand & Willema, V. 2004. Rhodisgrass in tropical and subtropical species CAB Int Wallingford, Uxon, V.K
- Mesa, A.R., Machado, H. & Hernández, M. 1990. Especificidad genética de los pastos para la utilización eficiente de los nutrientes del suelo. Pastos y Forrajes 13:111
- Ortiz, A. 1997. Manejo agronómico, la conversación de recursos y los sistemas alternos de producción de maíz y sorgo. Aspectos agronómicos y comercialización de maíz y sorgo. Venezuela. p. 30
- Paneque, P.V., Calderón, M., Calaña, N.J., Caruncho C, M., Hernández, P. & Borges, Y. 2002. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, materia orgánica y fertilizantes químicos. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 96 pp.
- Pérez, A., Matías, C. & González, Y. 1995. Agrotecnia y producción de semillas de gramíneas y leguminosas tropicales. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Taller internacional de producción de semillas de pastos para el trópico. pp. 30-35
- Pérez, A., Matías, C., González, Y. & Alonso, O. 2006. Producción de semillas de gramíneas y leguminosas temporales. En: Recursos forrajeros y arbóreos. Ed. Estación Experimental "Indio Hatuey". La Habana. Cuba
- Skerman, P.J., Cameron, D.G. & Riveros, F. 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. FAO. pp. 356
- Sosa, R.F., Zapata, B.G. & Pérez, J.D. 2001. Fichas de precirte para la caracterización fenológica del pasto llanero. Técnica Pecuaria en México. 39:163
- Torres, J. 2008. Incremento de semilla de pastos. Protocolo

- de investigación. INTA. Nicaragua. p. 3
- Torres, V. 1992. Curso teórico práctico sobre análisis multivariado. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba
- Torres, V., Benítez, D., Lázaro, D. & Álvares, A. 2006. Modelo estadístico para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria. XI Conferencia Española y Primer Encuentro Iberoamericano de Biomatemática. Salamanca. España
- Visauta, B. 1998. Análisis estadístico con SPSS para Windows. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 1, 2011. Estadística multivariada. Ed. Mc Graw-Hill/Internamericana de España, S.A.V. 358 pp.
- Yañez, S., Febles, G., Torres, V. & Baños, R. 2008. Influencia de los factores edafoclimáticos en la producción de semillas de gramíneas pratenses en diferentes regiones de Cuba. Instituto de Pastos y Forrajes. Comunicación Interna. Cuba. p. 32

**Recibido: 16 de febrero de 2010**