

Utilización del índice de impacto para interpretar la influencia relativa de factores edafoclimáticos en la producción de semillas pratenses tropicales

G. Febles¹, Verena Torres¹, R. Baños², T. E. Ruiz², S. Yañez² y J. Echeverría²

¹Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

²Instituto de Pastos y Forrajes, Ave. 101 No. 611 e/100 y 62, Loma de Tierra, Cotorro, La Habana, Cuba

Correo electrónico: gfebles@ica.co.cu

Se diseñó un experimento en el que se utilizó la metodología desarrollada por Torres *et al.* (2007), que permite conocer el índice de impacto. La aplicación de esta técnica admite combinaciones de especies dentro de cada región edafoclimática. El índice de impacto depende de los indicadores de mayor preponderancia que aparecen en el análisis de los componentes principales y que se corresponden con los mismos. El resultado genera valores que, de acuerdo con su jerarquía numérica, expresan el mayor o menor efecto de cada indicador por región. Los datos provienen de fincas de semillas, ubicadas en regiones específicas de las provincias 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 los factores precipitación total y en la época de lluvia, temperaturas máximas, media y mínima; profundidad efectiva, pedregosidad y horas luz. Los indicadores de la primera componente tuvieron más alto índice de impacto en Guantánamo, le siguieron Granma y Camagüey. Reflejaron menor valor en Cienfuegos, con cifras más negativas. En el primer índice de impacto se encontraron 45.4 % de los indicadores de mayor preponderancia en el análisis de componentes principales. *Andropogon gayanus* alcanzó los mayores valores en Guantánamo, Granma y Camagüey. Le siguieron *Panicum maximum*, *Cenchrus ciliaris* y *Brachiaria brizantha*, respectivamente. Este resultado indicó una relación más estrecha entre las especies en las regiones señaladas. Se concluye que los métodos matemáticos utilizados fueron potenciados a partir de la determinación del índice de impacto. Se discute la importancia de la metodología utilizada, así como del estudio de las localidades y del posible efecto del índice de impacto en la interacción genotipo ambiente.

Palabras clave: índice de impacto, análisis multivariado, producción de semillas, gramíneas

En este trabajo se aplica la metodología desarrollada por Torres *et al.* (2007) en el Departamento de Biomatemática del Instituto de Ciencia Animal. Esta se basa en el análisis de componentes principales, como una variante del análisis multivariado (Visauta 1998), que permite seleccionar los indicadores que mejor explican la variabilidad, cuando se trabaja con un número relativamente elevado de variables o indicadores.

Esta técnica se ha aplicado en Cuba para la determinación y selección de indicadores del sistema suelo planta en pastizales dedicados a la producción de ganado vacuno. Se ha utilizado también para estudiar el efecto del período especial en el sector pecuario estatal, específicamente en el municipio de Rodas, en la etapa comprendida entre 1990 y 1996. Igualmente, se ha empleado en la evaluación del efecto de los sistemas ganaderos actuales en el recurso suelo en la provincia La Habana. Se ha aplicado además, para valorar el uso de los residuos de la industria cítrica de Ciego de Ávila en la alimentación de bovinos y en la evaluación de la producción diversificada de alimentos en armonía con el ambiente, específicamente en fincas pequeñas.

La utilización de esta metodología ha sido de gran importancia para caracterizar el efecto tecnológico de las transformaciones desarrolladas en tres Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), pertenecientes a la Empresa Pecuaria "Minas", en la provincia de Pinar del Río. Igual significación ha tenido en el estudio de los factores que determinan el rendimiento y la

composición de la canal bovina en animales de una granja agropecuaria del MININT, en la provincia de Pinar del Río. Recientemente, se concluyó una caracterización de la producción en lecherías bufalinas ubicadas en Granma, a partir de la aplicación de este método.

En el sector agrícola se ha utilizado esta técnica en bancos de biomasa, en los que se ha empleado la hierba Cuba CT-115 para la reanimación de la producción de leche en la Empresa Pecuaria "Valle del Perú", así como en el control del espartillo (*Sporobolus indicus*) en agroecosistemas ganaderos. Ha sido también aplicada para determinar la influencia de los factores edafoclimáticos en la producción de semillas de leguminosas forrajeras y arbóreas en diferentes regiones de Cuba.

En este experimento, a partir del análisis de los componentes principales y de conglomerados, se estudió la influencia de los factores edafoclimáticos en la producción de semillas de gramíneas forrajeras en diferentes regiones de Cuba. Con respecto a este tema, Baños (2006) y Febles (2009, datos no publicados) obtuvieron información detallada acerca de los efectos del clima y el suelo en la producción de semillas de pastos.

El objetivo de este trabajo fue conocer el índice de impacto, como medida de estabilidad y como elemento para definir la importancia de los indicadores (variables) para cada individuo. Se considera que en Cuba la combinación de las especies en cada región provincial constituye un grupo. Los resultados se expresan en valores numéricos reales para cada componente principal.

Materiales y Métodos

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

Las regiones donde se desarrolló la investigación pertenecían a estaciones de pastos y áreas de las provincias Cienfuegos, Villa Clara, Sancti Spíritus, Granma y Guantánamo. Los factores climáticos estudiados fueron precipitación total, en época de lluvia y seca; temperatura máxima, media y mínima; humedad relativa y horas luz. Los factores edafoclimáticos de cada región se relacionaron con el pH, materia orgánica, potasio y fósforo asimilables, profundidad efectiva del suelo, pedregosidad y drenaje.

La metodología que se aplicó para el índice de impacto fue la desarrollada por Torres *et al.* (2007). Consistió en crear una combinación de las especies en regiones de cada provincia. Este índice depende de las variables de mayor preponderancia, obtenidas en el análisis de componentes principales. Los valores positivos más altos señalan los indicadores que tuvieron más influencia en cada región.

Resultados y Discusión

El método empleado (Torres *et al.* 2007) implica cierto grado de interpretación por parte de quienes lo aplican. Primeramente, es necesario incluir la matriz de factores de preponderancia (variables o indicadores), hallada en el análisis de componentes principales (tabla

1). En la determinación de este método multivariado se examina la dependencia estructural de los datos multivariados que se obtienen de una población. Estos generan nuevas variables o factores que expresan la mayor parte de la información contenida en el conjunto general. Esta técnica permite también reducir el número de caracteres o mediciones para la mejor interpretación de los datos (Morrison 1967). vDe este modo se logra un enfoque menos subjetivo, al seleccionar variables y constituir un aporte a la integración entre elementos matemáticos y otros de importancia relevante, vinculados a un comportamiento biológico particular.

Al valorar los cuatro primeros componentes, que explican 88.8 % de la variabilidad, sobresalieron con valores de preponderancia por encima de 0.80, la precipitación total y en la época de lluvia; la temperatura máxima, mínima y media; la profundidad efectiva, las horas luz, la pedregosidad y el contenido de fósforo, como variables climáticas y físicas del suelo. Se debe destacar el elevado número de variables preponderantes, que puede indicar lo acertado de la selección de las mismas.

En un trabajo realizado en Cuba con leguminosas forrajeras tropicales, Baños (2004) informó un resultado similar; al igual que Navarro (2009), al medir indicadores climáticos y de crecimiento biológico y al determinar su efecto en el vigor de plántulas de *Albizia lebbbeck*.

El índice de impacto o de eficiencia usado por Navarro (2009) también se puede insertar a este nivel. Como se ha señalado, mediante el análisis de componentes principales se conocen las variables de mayor preponderancia. Sin

Tabla 1. Matriz de factores de preponderancia entre los componentes principales (CP), las variables edafoclimáticas y el 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 época de lluvia	- 0.92	- 0.27	0.11	0.14
Precipitación en época de 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
Valor propio	7.45	3.01	2.25	1.49
Varianza esperada, %	46.5	65.4	14.1	9.3
Varianza acumulada, %	46.5	65.4	79.5	88.8

embargo, con el índice de impacto se fortalece y amplía la concepción y los resultados del análisis multivariado (Torres *et al.* 2007).

El índice de impacto permite la combinación de las especies en cada provincia, y depende de las variables o indicadores de mayor preponderancia. Los valores positivos más altos indican cuáles tienen más influencia en cada región donde se condujeron los experimentos con las especies estudiadas. Los valores negativos sugieren lo contrario (tabla 2).

Desde el punto de vista práctico, este hallazgo sugiere que al seleccionar los indicadores para chequear el comportamiento de las especies en Guantánamo, Camagüey y Granma, fueron más confiables, generalmente, los que ofrecieron los componentes principales, unidos al índice de impacto (tablas 1 y 2). Resultaron menos confiables en Cienfuegos, donde los valores fueron más negativos.

En sentido general, estos datos se relacionan también

con el análisis de conglomerados, donde Cienfuegos y Sancti Spíritus formaron los grupos aislados; mientras que Guantánamo y Camagüey se encontraron junto a Granma, que presentó bajos valores de impacto, aunque todos fueron positivos.

Esta información confirma una vez más el criterio de que Guantánamo reúne condiciones idóneas para producir semillas. No obstante, el hecho de que los rendimientos no difieran significativamente reafirma que, en sentido general, Cuba posee las características adecuadas para desarrollar la producción de semillas.

Aunque en este trabajo las semillas se obtuvieron en áreas específicas, donde su producción era la única actividad, desde hace unos años prevalece el criterio de producir semillas asociadas a otros cultivos y a la producción de carne, leche y ganado mayor (Iglesias y Montero 2007, Oquendo y Martínez 2007 y Navarro y Pérez 2007).

Tabla 2. Índice de impacto de los indicadores creados entre las especies y regiones

Región	Especie	Índice de impacto			
		1	2	3	4
Cienfuegos	<i>P. maximum</i>	- 0.52	- 0.94	1.76	0.17
	<i>A. gyanus</i>	- 0.49	- 0.89	1.81	0.26
	<i>B. decumbens</i>	- 0.59	- 1.08	1.61	- 0.07
	<i>C. ciliaris</i>	- 0.61	- 1.11	1.59	- 0.11
	<i>Ch. gayana</i>	- 0.55	- 1.01	1.69	0.06
Villa Clara	<i>P. maximum</i>	- 0.89	- 0.12	- 1.36	0.60
	<i>A. gyanus</i>	- 0.91	- 0.16	- 1.41	0.52
	<i>B. decumbens</i>	- 0.89	- 0.12	- 1.37	0.59
	<i>B. brizantha</i>	- 0.94	- 0.22	- 1.46	0.44
	<i>Ch. gayana</i>	- 0.93	- 0.19	- 1.44	0.47
Sancti Spíritus	<i>P. maximum</i>	- 1.79	1.46	1.42	0.65
	<i>C. ciliaris</i>	- 1.76	1.86	- 0.11	0.60
	<i>B. decumbens</i>	- 1.87	1.84	- 0.02	0.30
Camagüey	<i>P. maximum</i>	0.51	- 1.12	- 0.54	0.46
	<i>A. gyanus</i>	0.53	- 1.08	- 0.50	0.53
	<i>B. decumbens</i>	0.51	- 1.13	- 0.55	0.44
	<i>B. brizantha</i>	0.49	- 1.15	- 0.57	0.40
	<i>C. ciliaris</i>	0.50	- 1.05	- 0.57	0.41
	<i>Ch. gayana</i>	0.47	- 1.20	- 0.62	0.32
Granma	<i>P. maximum</i>	0.28	0.23	- 0.22	- 2.11
	<i>A. gyanus</i>	0.29	0.26	- 0.19	- 2.07
	<i>B. brizantha</i>	0.23	0.15	- 0.30	- 2.25
	<i>C. ciliaris</i>	0.25	0.18	- 0.27	- 2.19
	<i>Ch. gayana</i>	0.32	0.31	- 0.14	- 1.99
Guantánamo	<i>P. maximum</i>	1.38	1.04	0.27	0.65
	<i>A. gyanus</i>	1.45	1.16	0.40	0.86
	<i>B. decumbens</i>	1.39	1.05	0.29	0.68
	<i>B. brizantha</i>	1.35	0.98	0.21	0.55
	<i>C. ciliaris</i>	1.38	1.04	0.27	0.65
	<i>Ch. gayana</i>	1.41	1.10	0.34	0.76

Si se hace una valoración más precisa en el primer índice de impacto, donde se encontraron 45.4 % de las variables de mayor preponderancia en el primer componente, se puede concluir que *Andropogon gayanus* alcanzó los mayores valores en Guantánamo, Granma, y Camagüey. Le siguieron *Panicum maximum*, *Cenchrus ciliaris* y *Brachiaria brizantha*, respectivamente. Este resultado indica una relación más estrecha entre las especies en las regiones señaladas.

Independientemente de las valoraciones realizadas, antes de elegir áreas para producir semillas de gramíneas, se debe ser prudente y seguir el criterio de monitorear las variables seleccionadas en su conjunto.

Los resultados generales, las disertaciones teóricas y las herramientas matemáticas aplicadas han permitido establecer definiciones más precisas para la producción de semillas de gramíneas pratenses. Es importante tener en cuenta que para lograr estos resultados es necesario manejar un conjunto complejo de información. En este sentido, no debe obviarse que el rendimiento es de máxima trascendencia (Febles *et al.* 2003).

En el presente estudio, el rendimiento fue el indicador productivo fundamental, sujeto a las imprecisiones prácticas que pueden estar presentes en la producción de semillas de calidad en pastos de gramíneas. En este caso, fue una limitación que la investigación en las distintas regiones haya sido conducida por diferentes técnicos.

La novedad de este trabajo estuvo en la profundización del conocimiento acerca de la acción sinérgica de los indicadores edafoclimáticos en la producción de semillas de gramíneas.

En Cuba estos son los primeros resultados que analizan la producción de semilla, a partir de un enfoque que aplica el análisis univariado y multivariado. Un estudio anterior, realizado también en Cuba, fue el de Baños (2004), quien trabajó con leguminosas de pastos. Asimismo, Febles *et al.* (2003) desarrollaron una investigación en *Leucaena leucocephala*, pero no emplearon variables edafoclimáticas, sino las relacionadas con un número reducido de componentes del rendimiento en semilla. Existen otras publicaciones cubanas que se refieren más bien a la producción animal y a otros aspectos de la bioestadística y la biología vegetal. Igualmente, la literatura internacional tampoco ha aportado información relevante hasta los comienzos del siglo XXI.

En lo que respecta al trabajo con los factores edafoclimáticos, estudiados y seleccionados mediante el método de componentes principales y el índice de impacto, se destacan Guantánamo, Camagüey y Granma. Es importante hacer extensivo este experimento a otras provincias y a diferentes modalidades productivas que no fueron objeto de estudio; además de incluir otras especies, sean pratenses o de ciclo corto.

Se sugiere incorporar en estudios de este tipo otros elementos de la cadena tecnológica que conduce a la producción de semillas y medir las pérdidas del rendimiento que se producen durante todo el proceso.

Es necesario validar estos resultados en la práctica productiva mediante el control de indicadores, de modo que se hagan más extensivos y reales, y constituyan además, un método sinérgico, didáctico y útil para investigadores, docentes y productores.

Los métodos matemáticos, potenciados con la medición del índice de impacto para conocer los indicadores de más preponderancia, cuando se combinan en "individuos" las especies estudiadas en las diferentes regiones. No cabe duda, que fue importante haber tenido la previsión de hacer un estudio en diversas localidades nacionales que valoran la adaptabilidad de especies de pastos de gramíneas tropicales dedicadas a producir semillas y unir los mismos en un solo material donde se utiliza un elevado número de variables.

Este experimento permite concluir que es necesario considerar los grupos de factores edafoclimáticos, cuando se va a supervisar la producción de semillas de gramíneas, aunque los climáticos tengan mayor preponderancia. En la concepción matemática de este trabajo se midió el índice de impacto de las variables de mayor preponderancia en el análisis de componentes principales, lo que potencia este último método. Se indicó además, la mayor o menor importancia relativa de las variables adoptadas en cada región.

Una proyección más amplia pudiera conducir a valorar la trascendencia del método empleado en las investigaciones donde se valora la interacción genotipo/ambiente, sea en la esfera de la investigación vegetal como en la animal.

Este último aspecto está muy ligado al concepto de impacto. Aunque existen muchas definiciones y técnicas, nuestro criterio parte de una concepción amplia (Ruiz *et al.* 2003), que se aplica a cualquier sistema. No se trata de un concepto abstracto, ya que es la expresión de la interacción en el sistema y puede ser positivo, negativo o selectivo. Además, no es absoluto, sino relativo, en dependencia de la concepción que tengamos del ambiente. Esto quiere decir que la magnitud y la metodología que se empleen para evaluar el impacto se relacionan estrechamente con el nivel conceptual que le demos al elemento ambiente. Una valoración más cercana entre este concepto y nuestros resultados indica la aproximación que existe entre ambos.

Desde el punto de vista práctico y aplicado, la metodología descrita puede ser, en parte, la materialización de la "Estrategia general para la producción de semillas de pastos y forrajes" (Anon 2008). Este documento refiere entre sus objetivos la creación de tres laboratorios a nivel nacional para la certificación de la calidad de las semillas, así como el diseño de proyectos locales y nacionales.

Agradecimientos

Se agradece al Departamento de Biomatemática del Instituto de Ciencia Animal por el apoyo en la ejecución técnica y práctica de este trabajo.

Referencias

- Anon 2008. Estrategia general para la producción de semillas de pastos y forrajes. Ed. Ministerio de la Agricultura. La Habana. Cuba
- Baños, R. 2004. Influencia de los factores edafoclimáticos en la producción de semillas de leguminosas forrajeras y arbóreas en diferentes regiones de Cuba. Tesis de Maestría en Pastos y Forrajes. Instituto de Pastos y Forrajes. La Habana. Cuba. p. 32
- Febles, G., Torres V. & Ruiz, T.E. 2003. Empleo del análisis multivariado para evaluar la producción de semillas de accesiones de *Leucaena leucocephala* en Cuba. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 37:303
- Iglesias, L. & Montero, F. 2007. Evaluación del comportamiento de pastos en fincas. Empresa Macum. IV Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. p. 7
- Morrison, D. 1967. Multivariate Statistical Methods. Ed. Mc. Grow Mill. Book. N. York. USA. p. 150
- Navarro, M. 2009. Comportamiento interactivo de la germinación, dormancia, emergencia y crecimiento inicial, como atributos biológicos para evaluar el vigor de las semillas de *Albizia lebbek*. Tesis Dr. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba
- Navarro, M. & Pérez, A. 2007. La adaptación y difusión de tecnología de semilla: El rol de la capacitación participativa. IV Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. La Habana. Cuba
- Oquendo, G. & Martínez, V. 2007. Empresa pecuaria "Calixto García". IV Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. La Habana. Cuba
- Ruiz, T. E., Febles, G. & Jordán, M. 2003. Sistemas silvopastoriles. Análisis conceptual. Curso Tantakín. México. p. 2
- Torres, V., Benítez, D., Lázaro, D. & Álvarez, A. 2007. 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. Universidad de Salamanca. España
- Visauta, B. 1998. Análisis estadístico con SPSS para Windows. Estadística multivariada. Ed. Mc. Graw-Hill/ Interamericana de España, S.A.V. p. 358

Recibido: 9 de diciembre de 2009