

## Utilización de los análisis multivariados en la clasificación de ambientes en caña de azúcar

### *Utilización de los análisis multivariados en la clasificación de ambientes en caña de azúcar*

Irenaldo Delgado<sup>1</sup>, Héctor Jorge<sup>2</sup>, Héctor García<sup>1</sup>, Norge Bernal<sup>2</sup>, Félix R. Díaz<sup>1</sup>, Ibis Jorge<sup>2</sup>, Aydiloide Bernal<sup>1</sup>, Odalys Rivera<sup>1</sup>, Pablo Machado<sup>1</sup>, Francisco Barroso<sup>1</sup>, Mayelín Buedo<sup>1</sup>, Susana Reyes<sup>1</sup>, Aylín Gallardo<sup>1</sup>, Javier Barroso<sup>1</sup>, José Rosa<sup>1</sup>, Luis F. Machado<sup>1</sup>, José L. Pérez<sup>1</sup> y J.R. Fardales<sup>1</sup>.

(1) Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA VC-Cfgs-SS), Autopista Nacional km 246, Ranchuelo, Villa Clara

(2) Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA).

**E-mail:** [ctecnica@epica.vc.minaz.cu](mailto:ctecnica@epica.vc.minaz.cu) Teléfonos: (53-42) 451520 Fax: (53-42) 451520

---

**RESUMEN.** La frecuencia con que se han venido presentando en los últimos años los períodos secos o lluviosos atípicos, como consecuencia del calentamiento global, ha conllevado al establecimiento de una nueva concepción para la evaluación y manejo de las variedades de caña de azúcar (familias de variedades). Bajo esas nuevas premisas fueron diseñados y establecidos 48 experimentos en bloques completamente al azar, en cuatro regiones contrastantes del país. Se cosecharon durante todo el año, con combinaciones de edades entre 9 y 24 meses. Se estudiaron las variables t caña/ha, % pol en caña y t pol/ha, para determinar si las localidades de estudios son necesarias para la clasificación de ambientes. Se obtuvo como resultado que los Análisis de Discriminante, permitieron agrupar las edades y los momentos de cosecha en cada cepa, con valores aceptables (mayor 73 %) de buena clasificación, mientras que el análisis de componentes principales ofreció la necesidad de continuar estudiando los cultivares en las cuatro localidades evaluadas.

Palabras clave: Calentamiento global, buena clasificación.

**ABSTRACT.** The frequency of occurrence of the atypical dry or rainy periods during the last years as a consequence of the global warming, it has put up to the establishment of a new conception for the evaluation and handling of the varieties of sugarcane of sugar (variety families). Under those new premises, 48 experiments in at random Blocks were designed and established, in four contrasting regions of the country. They were harvested during the whole year, with combinations of ages between 9 and 24 months. The variables t cane/ha, pol % in cane and t pol/ha were studied to determine if the studies of locations were necessary for the environment classification. Resulting that the Discriminant Analyses allowed to group the ages and the crop moments in each stump, with acceptable values (higher than 73%) of good classification, while the main componets analysis offered the necessity to continue studying the cultivares in the four evaluated locations.

Key words: Global warming, good classification.

---

## INTRODUCCIÓN

Los Análisis Multivariados se han convertido en una herramienta eficaz en manos de los mejoradores de plantas para la evaluación de los resultados del trabajo, y han sido ampliamente utilizados en la clasificación de ambientes y genotipos (Nagatomi y Oshiro, 1983).

García (2004), expresó que en el Análisis de Componentes Principales, los componentes entre genotipos y entre ambientes se extraen sucesivamente de forma tal que cada uno extraiga el máximo posible de variación en el sistema y todos sean ortogonales entre sí. Este método se ha utilizado con éxito en las investigaciones agrícolas y corresponde a un modelo lineal de regresión, donde se

parte de un conjunto de variables correlacionadas, buscándose un nuevo conjunto de variables independientes e incorrelacionadas (Linares *et al.*, 1986). Este tipo de análisis es útil cuando es necesario reducir el número de variables, perdiendo el mínimo de información (Tomeu, 1984). Bernal (1986), obtuvo de las dos primeras componentes un resultado similar a los obtenidos por previo Análisis de Regresión. Señaló que el primer grupo estuvo relacionado a la línea de respuesta general, medida por el promedio de todas las líneas en cada época y sugiere el uso de medidas físicas, especialmente climáticas, para el uso del Análisis de Componentes Principales para la clasificación de ambientes.

El objetivo del trabajo fue determinar si las localidades de estudios son necesarias para la clasificación de ambientes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se desarrollaron en las Estaciones Provinciales de Investigaciones de Matanzas, Villa Clara, Camagüey y Holguín, donde fueron plantados 12 experimentos por localidad, desde noviembre de 2002 hasta octubre de 2003, en bloques completamente al azar con tres repeticiones, en secano. El área de las parcelas fue de 48 m<sup>2</sup>, con un largo de 7,5 m, por un ancho de 1,60 m, con cuatro surcos de ancho. (Pérez y Milanés, 1979)

Los genotipos evaluados fueron: C1051-73 (madurez temprana), C86-12 (madurez intermedia) y My5514 (madurez tardía).

## Tratamientos estudiados y variables evaluadas

Los tratamientos estudiados fueron las edades de 9-24 meses durante todo el año (enero-diciembre).

Las cosechas de los experimentos se realizaron de agosto de 2003 a julio de 2006, en las cepas de caña planta y primer retoño, las variables evaluadas fueron porcentaje de pol (ppc), toneladas de caña por hectárea (t caña/ha) y toneladas de pol por hectárea (t pol/ha), según la metodología establecida por el INICA. (Jorge *et al.*, 2002)

Los datos originales fueron comprobados para su ajuste a la normalidad mediante una prueba de Chi Cuadrado.

## Caracterización de las localidades

Para la caracterización de las localidades, se efectuó un análisis de Componentes Principales, considerando los sitios de prueba como individuos y los valores medios de los caracteres evaluados como variables. (Tablas 1 y 2)

El paquete estadístico utilizado fue el STATICEF, versión 4.0.

Tabla 1. Análisis de Componentes Principales con 19 variables estudiadas

	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Comp. 5
VALOR	4,494	2,909	2,879	1,986	1,593
VALOR ACUM	4,494	7,403	10,282	12,267	13,860
% ACUM	23,853	38,961	54,114	64,565	72,950
PPC	-0,003	-0,054	0,082	0,753	0,087
CTHA	0,293	0,352	-0,041	0,598	0,110
PTHA	0,268	0,237	-0,068	0,773	0,137
T_TMED	0,179	0,907	0,032	0,079	0,161
T_TMAX	0,320	0,531	0,254	-0,016	0,217
T_TMIN	0,743	-0,250	0,021	0,066	-0,273
HR_TMED	-0,714	0,590	0,005	0,081	0,211
LL_MYO	-0,013	-0,453	0,571	0,068	0,366
LL_1MAC	0,040	0,037	0,556	-0,463	0,175
LL_2MAC	0,000	0,051	0,651	-0,205	0,076
LL_3MAC	-0,094	-0,100	0,614	0,415	-0,050
LL_4MAC	-0,050	-0,008	0,803	0,135	-0,010
LL_5MAC	-0,117	-0,198	0,290	0,536	-0,030

**Tabla 1. Continuación**

PHKCL	0,936	0,189	-0,032	0,075	-0,043
MO	0,166	-0,052	0,064	0,088	0,940
NT	0,903	0,075	0,005	0,094	0,294
P	-0,047	-0,876	0,138	-0,044	0,261
K	-0,866	-0,367	0,058	-0,080	0,078
DA	0,540	-0,089	-0,038	-0,036	-0,798

**Tabla 2. Análisis de Componentes Principales con 12 variables estudiadas**

	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4
VALOR	4,178	2,425	1,566	1,444
VALOR ACUM	4,178	6,602	8,168	9,612
% ACUM	34,8	55,0	68,1	80,1
PPC	-0,046	0,632	0,016	0,424
CTHA	0,184	0,884	0,034	-0,090
PTHA	0,163	0,957	0,035	0,060
T_TMIN	0,683	0,081	-0,419	0,049
HR_TMED	-0,683	0,186	0,402	-0,088
LL_4MAC	-0,025	0,030	0,064	0,817
LL_5MAC	-0,024	0,031	0,065	0,834
PHKCL	0,938	0,159	-0,091	-0,044
MO	0,281	0,052	0,914	0,090
NT	0,944	0,137	0,225	0,014
P	0,440	-0,014	-0,869	-0,031
K	-0,868	-0,207	0,080	0,097

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Agrupamiento de las variables por edades y momento de cosecha

En el primer caso, los 5 componentes extrajeron en ambas cepas más del 73 % y en el segundo, los dos primeros componentes reportaron más del 77 % en las dos cepas evaluadas. El Análisis Discriminante en ambas cepas ofreció en todos los

casos más de un 73 % de buena clasificación (aceptable).

### Análisis de Componentes Principales

En la tabla 3 y figura 1 se muestra la formación de cuatro grupos diferentes que se corresponde con las localidades en estudio, reafirmando que las mismas son necesarias para los estudios de los cultivares.

**Tabla 3. Comportamiento de las variables que caracterizan las dos primeras componentes en las localidades estudiadas**

Loc/Var.	CTHA	PTHA	T_TMIN	HR_TMED	PHKCL	NT	K
Loc 1	47,55	7,03	18,7	79,3	5,16	0,13	8,56
Loc 2	62,1	9,78	25,24	71,9	7,03	0,23	0,5
Loc 3	73,78	11,8	20,91	78,34	6,8	0,24	0,48
Loc 4	67,73	9,99	21,06	79,12	6,53	0,18	0,85

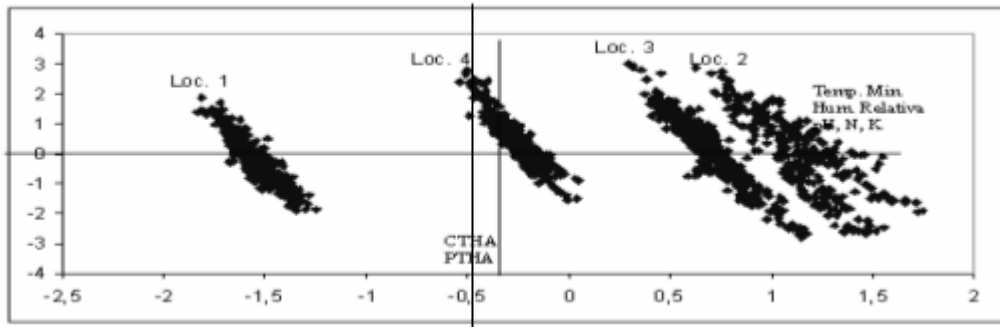


Figura 1. Representación de diferentes grupos en cada localidad en estudio

## CONCLUSIONES

1. Los resultados del Análisis de Discriminante permitieron agrupar las edades y los momentos de cosecha en cada cepa, con valores aceptables (mayor 73 %) de buena clasificación.
2. El análisis de Componentes Principales mostró que las cuatro primeras componentes aportaron el 80,1 % de la variación total, donde todas las variables resultaron de importancia, siendo el nitrógeno total, el ph en KCL y el K<sub>2</sub>O las más importantes en la primera componente, mientras que en la segunda lo fueron las variables del rendimiento agroazucarero.
3. El análisis de Componentes Principales ofreció la formación de cuatros grupos, los que se corresponden con las localidades estudiadas.

## RECOMENDACIONES

1. Ratificar la necesidad de continuar evaluando diferentes cultivares en las localidades evaluadas, debido a su comportamiento diferenciado en las mismas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BASFORD, J. E.: "The use of multidimensional scaling in analyzing multiattribute phenotype response across the environments", *Aust. J. Agric. Res.*, 33:473- 480.
2. BERNAL, N.: Clasificación de ambientes en las provincias de Holguín, Las Tunas y Granma en

los estudios de regionalización de variedades de caña de azúcar, Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas, INICA, MINAZ, 106 pp., 1986.

3. COX, M.; D. M. HOGARTH AND R.T. MULLINS: "Clonal evaluation of early sugar content", *Proc. Aust. Soc. of Sugar Cane Technol*, pp. 90-98, 1990.
4. EISENHART, C.: "The assumption underlying the Analysis of variance", *Biometrics* 3:1-11, 1947.
5. GARCÍA, H.: Optimización del proceso de selección de variedades de caña de azúcar tolerantes al estrés por sequía y mal drenaje en la región central de Cuba, Tesis presentada en opción al grado Científico de doctor en Ciencias Agrícolas, INICA, 2004.
6. JORGE, H.: Estudio genético de los componente agroazucareros en las etapas clonales del esquema de selección partiendo de posturas aviveradas de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), Tesis en opción al Grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, INICA, MINAZ, 90 pp., 1996.
7. JORGE, H. Y H. GARCÍA: Influencia de las localidades en la segunda etapa de selección de variedades de caña de azúcar. I Análisis Univariado y Multivariado, Resúmenes V Jornada Científica del INICA, p. 27, 1994.
8. JORGE, H.; H. GARCÍA Y V. A. GONZÁLEZ: Empleo de los análisis multivariados en la última etapa de selección en caña de azúcar. Memorias del

11<sup>no</sup> Congreso Latinoamericano de Genética y XV Congreso de Fitogenética, México, p. 134, 1994.

9. JORGE, H.; H. GARCÍA; E. RODRÍGUEZ Y N. JIMÉNEZ: “Clasificación de las localidades en experimentos de variedades de caña de azúcar en la provincia de Cienfuegos”, Rev. ATAC 4: 28-36, 1989.
10. LINARES, F. G.; R. ACOSTA L. Y V. SISTACHS V.: *Estadística Multivariada*, La Habana, 320 pp., 1986.
11. TOMEU, A.; M. ÁLVAREZ; F. MÉNDEZ E IBIS JORGE: Clasificación de variedades de caña de azúcar cultivadas en diferentes ambientes de las provincias orientales. Memoria 44 Congres, 1984.

Recibido: 5/Mayo/2009

Aceptado: 9/Septiembre/2009