

Interpretación catastrófica de un análisis de correspondencias múltiples aplicado a un cultivo *in vitro* de *Crysanthemum* s.p.

Luis José Cova Ordaz^{1*}, Jairo José Márquez Peña² y Rosalba Tovar³

¹Departamento de Biología y Química. ²Departamento de Economía y Administración. NURR, Universidad de los Andes, Villa Universitaria, Trujillo, Venezuela.

³Laboratorio de Biotecnología, Central El Palmar, S.A. San Mateo, Aragua, Venezuela.

Recibido: 16-03-00 Aceptado: 07-05-01

Resumen

En un medio de cultivo *in vitro*, suplementado con diferentes concentraciones de hormonas: ácido naftalenacético (ANA) 0,0; 0,1; 0,5; 1,0 mg/L y Kinetina 0,0; 0,5; 1,0; 5,0 mg/L; se sembraron explantes de *Crysanthemum* s.p. incubándose en un cuarto de crecimiento a $25 \pm 5^\circ\text{C}$, 2000 lux, y 12 horas de fotoperíodo. Al mes de incubado se observaron la cantidad de explantes brotados, yemas brotadas, brotes basales y brotes adventicios, calidad de tallos, raíces y hojas. Se aplicó a los datos un análisis de correspondencia múltiple de Benzecri y se trató de interpretar a la luz de la teoría de catástrofes la Figura generada por el análisis, aplicando el modelo mariposa; por ser este el que mejor se adapta a la Figura y al comportamiento del fenómeno.

Palabras clave: Teoría de catástrofe; análisis de correspondencia múltiple; cultivo *in vitro*; crisantemos.

A catastrophic interpretation of an analysis of multiple correspondences applied to a *Crysanthemum in vitro* cultivar

Abstract

An *in vitro* cultivar in a medium, supplemented with different concentration of hormones: naftalenacetic acid (ANA) 0,0; 0,1; 0,5; 1,0 mg/L y Kinetine 0,0; 0,5; 1,0; 5,0 mg/L, was prepared. Then the *Crysanthemum* s.p. explants were planted. Those were incubated in a growth room, at $25 \pm 5^\circ\text{C}$, 2000 lux and a 12 hour of photoperiod. One month later the following aspects were observed: the quantity of budded explants, buds shoot, basal buds, adventive buds, quality of roots, leaves and stalks. The data was analyzed using a multiple Benzecri correspondence analysis. The figure generated by the analysis was interpreted in light of the catastrophe theory, applying the butterfly model, since this is the best model which adapts well to the figure and to the behavior of the phenomenon.

Key words: Catastrophe theory; *in vitro* cultivar; *Crysanthemum* sp; multiple correspondence analysis.

* Autor para la correspondencia. Teléfono: 072-360072 y 074-523822. E-mail: jamape@cantv.net

Introducción

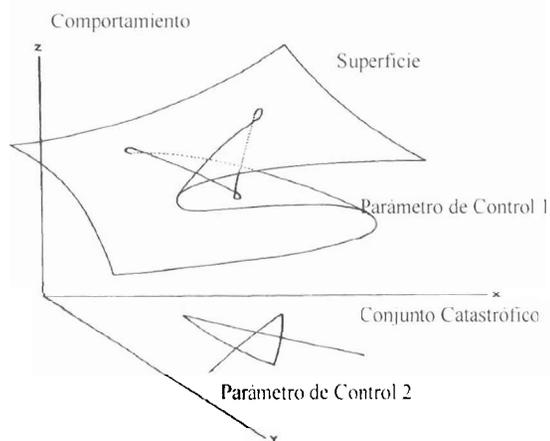
La teoría de catástrofe (TC), desarrollada por Rene Thom en la década de los sesenta, es una teoría general que puede describir la evolución de la forma en todos los aspectos de la naturaleza; es aplicable con particular efectividad en aquellas situaciones en donde los cambios graduales conducen a cambios abruptos del comportamiento. La TC proviene de la conjunción de dos fuentes: la topología y el análisis diferencial sobre problemas de estabilidad estructural; dada una forma geoméricamente definida por el gráfico de una función, por ejemplo $F(x)$, se pretende saber si una pequeña perturbación de la función F , la función perturbada $G=F+\delta F$, mantienen la misma forma topológica que la función F inicial. Los modelos catastróficos elementales sobre el espacio tiempo R^4 , son siete: el pliegue, la cúspide, la cola de alondra, la mariposa, el ombligo hiperbólico, el ombligo elíptico y el ombligo parabólico (1).

Las interpretaciones cualitativas dadas por Zemman (2) y las interpretaciones cuantitativas dadas por Waddington (3) nos condujeron a analizar el fenómeno androgénico durante el cultivo *in vitro* de anteras de maíz (4); también encontramos analogías catastróficas en las asignaciones presupuestarias del CONICIT a los programas de becas y postgrados, (5) y en el comportamiento sexual o asexual de la fresa (6).

En este trabajo se superpuso la superficie catastrófica mariposa a la Figura generada por el Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM), (7), aplicado a un cultivo *in vitro* de *Crysanthemum* sp., Márquez *et al.* (8). Observando que los resultados del ACM se acoplan a los principios que rigen al modelo mariposa de la TC.

Materiales y Métodos

De la TC se utilizó el modelo mariposa a cinco dimensiones, con cuatro parámetros



Fuente: Zeeman E (2)

Figura 1. Modelo mariposa.

de control y una superficie a tres comportamientos (2) (Figura 1).

Del ACM se tomó la Figura generada por la ubicación de las variables suplementarias y de los individuos, en un sistema de coordenadas conformado por los ejes 1 y 2, construidos por las contribuciones absolutas de las variables activas (Figura 2, Tabla 1).

El cultivo *in vitro* de *Crysanthemum* sp. se realizó en un medio de cultivo (9), suplementado con diferentes concentraciones de ácido naftalenacético (ANA) 0,0; 0,1; 0,5, 1,0 mg /L y kinetina (K) 0,0; 0,5; 1,0; 5,0 mg/L y Para un total de 16 combinaciones, con 16 repeticiones cada una (10). En cada repetición se colocaron 3 microesquejes de 0.5 cm aproximadamente, provenientes de un cultivo *in vitro* previo. (11 y 12), de manera a minimizar la contaminación; se colocaron en frascos de vidrio de 5 cm de diámetro y 11 cm de altura con un volumen de 30 mL 185 de medio, incubados en un cuarto de crecimiento a $25 \pm 5^\circ\text{C}$, 2000 lux y 12 h de fotoperíodo. Al mes de iniciado el cultivo se observaron 10 repeticiones por cada medio de cultivo, Tabla 2; registrándose las siguientes variables cuantitativas: número de explantes brotados, yemas brotadas, brotes

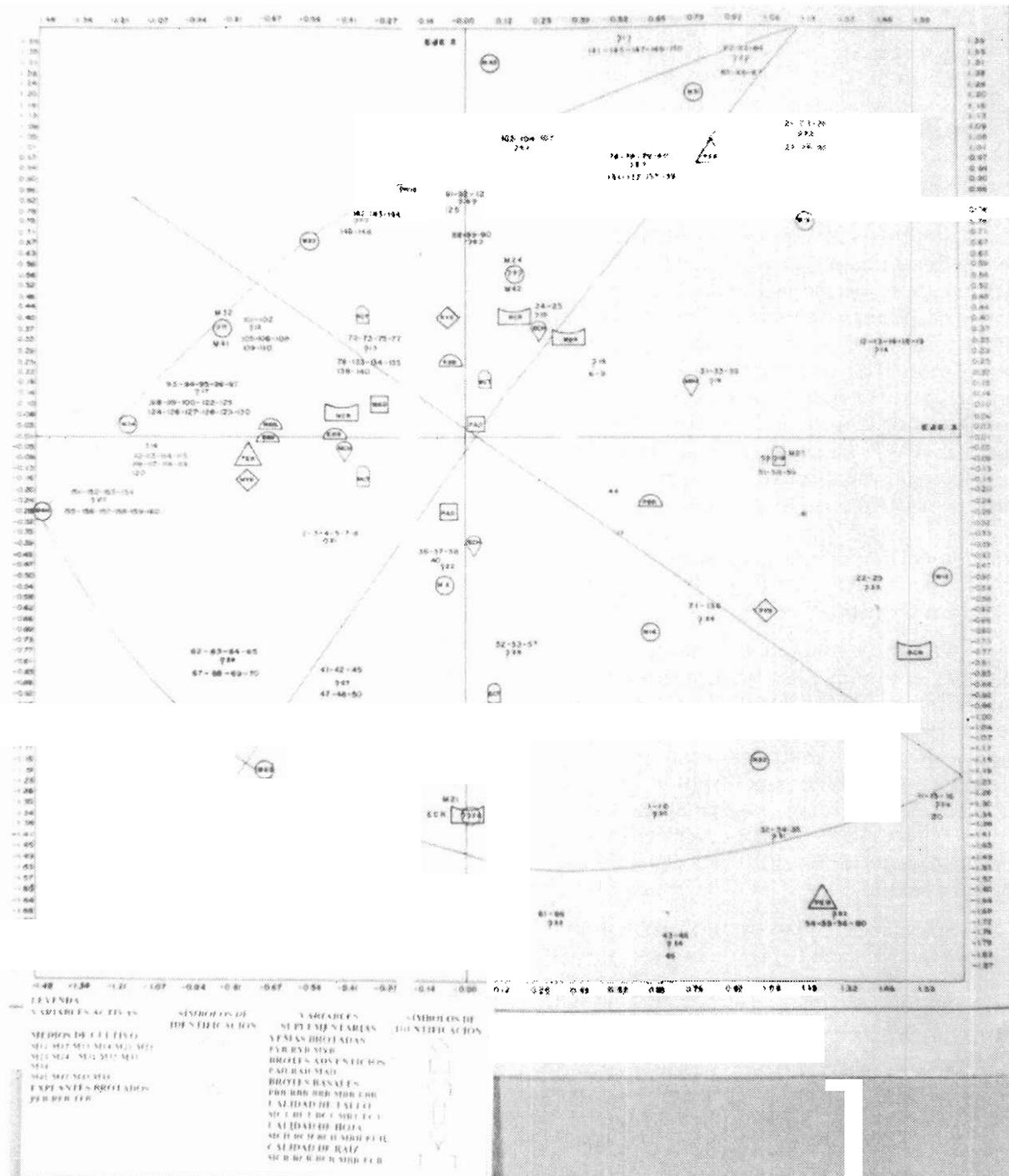


Figura 2. Superposición de una sección del modelo mariposa sobre el gráfico del análisis de correspondencias múltiples en un cultivo *in vitro* de *Crysanthemun*.

Tabla 1
Contribuciones relativas y absolutas de las variables activas

Variables Activas Modalid.	Coordenadas de las Variables					Contribuciones Relativas de las Modalidades				
	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5
Medios Cultivos										
M11	-0,076	-0,559	1,017	0,174	3,042	0,0	1,5	6,5	0,2	57,8
M12	1,649	-0,501	0,830	0,189	-0,050	11,2	1,2	4,3	0,2	0,0
M13	1,184	0,733	0,127	-0,030	-0,750	5,8	2,5	0,1	0,0	3,5
M14	0,629	-0,691	-0,885	1,804	-0,484	1,6	2,2	4,9	20,3	1,5
M21	-0,001	-1,338	-2,119	0,760	0,473	0,0	8,4	28,1	3,6	1,4
M22	1,019	-1,147	1,068	0,570	-1,104	4,3	6,2	7,1	2,0	7,6
M23	-0,706	-1,205	0,189	-1,387	-0,267	2,1	6,8	0,2	12,0	0,4
M24	0,164	0,543	-0,393	-1,521	-0,159	0,1	1,4	1,0	14,5	0,2
M31	0,794	1,189	-0,113	-0,670	0,779	2,6	6,6	0,1	2,8	3,8
M32	-0,856	0,352	-0,206	0,377	0,020	3,0	0,6	0,3	0,9	0,0
M33	-0,541	0,675	1,964	1,913	-0,685	1,2	2,1	24,1	22,9	2,9
M34	-1,171	0,029	1,205	-0,571	-0,115	5,7	0,0	9,1	2,0	0,1
M41	-0,856	0,352	-0,788	0,171	-1,601	3,0	0,6	3,9	0,2	16,0
M42	0,164	0,543	-0,743	-1,491	-0,021	0,1	1,4	3,5	13,9	0,0
M43	0,089	1,321	-1,052	0,845	0,866	0,0	8,2	6,9	4,5	4,7
M44	-1,486	-0,294	-0,100	0,006	0,054	9,1	0,4	0,1	0,0	0,0
	Contribuciones absolutas					50,0	50,0	100,0	100,0	100,0
Explantas -Brotados	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5
PEB	1,233	-1,624	0,00	0,00	0,00	14,5	28,4	0,00	0,00	0,00
REB	0,851	0,981	-0,00	-0,00	-0,00	14,1	21,2	0,00	0,00	0,00
TEB	-0,759	-0,098	0,00	0,00	0,00	21,5	0,4	0,00	0,00	0,00
	Contribuciones absolutas					50,0	50,0	0,00	0,00	0,00

Fuente: Datos recolectados en el diseño del experimento: 10 individuos, 16 medios de cultivo, 7 variables.

Tabla 2
Diseño de experimento. Concentraciones de ANA y kinetina (mg/L), en el cultivo *in vitro* de *Crysanthemum* y numeración de las repeticiones por cada medio

Kinetina	0,0	0,5	1,0	5,0
ANA				
0,0	M11 (1-10)	M12 (11-20)	M13 (21-30)	M14 (31-40)
0,1	M21 (41-50)	M22 (51-60)	M23 (61-70)	M24 (71-80)
0,5	M31 (81-90)	M32 (91-100)	M33 (101-110)	M34 (111-120)
1,0	M41 (121-130)	M42 (131-140)	M43 (141-150)	M44 (151-160)

Fuente: Diseño experimental, ver materiales y métodos.

basales y brotes adventicios, llevadas a escala ordinal, y variables cualitativas (ordinales): calidad de tallos, raíces y hojas (Tablas 3,4 y Figura 3).

Resultados y Discusión

Los grupos de variables e individuos que forman correspondencias múltiples, se visualizan en la Figura 2; donde, las variables activas (medios de cultivo y explantes brotados) forman una curva parecida a una herradura, y en su trayectoria se agrupan las variables suplementarias e individuos. Al extremo izquierdo del primer eje, se agrupan las variables mala calidad de tallos (MCT), de hojas (MCH), y raíces (MCR), buenos brotes basales (BBB), muchos brotes basales (MBB) y adventicios (MAD), que por la proximidad a las variables activas, medios de cultivo M34, M44, M32 y M41 y con todos los explantes brotados (TEB), hacen correspondencias múltiples. En oposición al grupo anterior, se coloca al extremo derecho y en el cuarto cuadrante un grupo de variables suplementarias: muy buena calidad de tallos (MBT), pocos brotes basales (PBB), buena calidad de raíces (BCR), y pocas yemas brotadas (PYB), relacionándose significativamente con los medios de cultivos M12,

M14, M22. En la zona media del segundo eje, entre el primer y segundo cuadrante, existe una correspondencia significativa entre las regulares yemas brotadas (RYB) y regulares brotes basales (RBB), con los medios de cultivo M24, M42. Además están, próximo a estos medios, otras variables suplementarias llamadas regular calidad de raíces (RCR), muy buena calidad de raíces (MBR), buena calidad de hojas (BCH), y buena calidad de tallos (BCT). En la parte inferior del eje 2, en el cuarto cuadrante, la excelente calidad de hojas (ECH) se relaciona con el medio M11, y la excelente calidad de raíces (ECR) con el medio M21. Por otra parte la excelente calidad de tallos (ECT) está equidistante de los medios M11 y M21. Hacia el centro del segundo cuadrante, se encuentra el medio M33, en correspondencias múltiples con regular calidad de tallos (RCT) y hojas (RCH). El grupo de individuos que está ubicado en el extremo izquierdo del eje 1, hacen correspondencias con los medios M32 y M41 y son: (101, 102, 105, 106, 108, 109, 110). Con el medio M34, se relacionan los individuos (93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 130) y con el medio M44 los individuos que van desde el 151 al 160. Estos son los

Tabla 3
Variables activas (etiquetas y valores de las categorías)

Explantos brotados	Descripción de la variable
peb (1)	pocos explantes brotados
meb (2)	mediano explantes brotados
teb (3)	todos los esplantos brotados
Medios de cultivo <i>in vitro</i>	(mg/L)
M11	ANA: 0,0 Kinetina: 0,0
M12	ANA: 0,0 Kinetina: 0,5
M13	ANA: 0,0 Kinetina: 1,0
M14	ANA: 0,0 Kinetina: 5,0
M21	ANA: 0,1 Kinetina: 0,0
M22	ANA: 0,1 Kinetina: 0,5
M23	ANA: 0,1 Kinetina: 1,0
M24	ANA: 0,1 Kinetina: 5,0
M31	ANA: 0,5 Kinetina: 0,0
M32	ANA: 0,5 Kinetina: 0,5
M33	ANA: 0,5 Kinetina: 1,0
M34	ANA: 0,5 Kinetina: 5,0
M41	ANA: 1,0 Kinetina: 0,0
M42	ANA: 1,0 Kinetina: 0,5
M43	ANA: 1,0 Kinetina: 1,0
M44	ANA: 1,0 Kinetina: 5,0

Fuente: Márquez J., Cova L. (9): Análisis de correspondencia múltiples, en un cultivo *in vitro* de *Crysanthemum*.

individuos cuyas características observadas se relacionan con mala calidad de tallos, hojas y raíces, y con buenos brotes basales y además hacen correspondencia con muchas yemas brotadas y todos los explantes brotados. En el grupo que está en el cuarto cuadrante, ubicado próximo al medio M14, están los siguientes individuos: 71 y 136. El 22 y 29 al medio M12, equidistante a ellos, cerca del eje 1, se encuentran el 51, 58 y 59. Los individuos más cercanos al medio M22, son: 1, 10, 11, 15, 16, 20, 32, 34, 35. En esta área se encuentran los individuos que presentan características de pocos brotes basales, pocas yemas brotadas, buena calidad de raíces y muy buena calidad de tallos. En la

parte superior del segundo eje, en el primer cuadrante, se encuentran los medio M24 y M42 que están en correspondencias múltiples con los individuos 91, 92, 121, 125, alrededor de estos medios se encuentran los individuos cuyas características se corresponden con regular calidad de raíces, buena calidad de hojas, y regular yemas brotadas, formando correspondencias múltiples. Con respecto al medio M33, localizado en el segundo cuadrante se encuentran próximo a él los individuos 142, 143, 144, 146, 148, quienes presentan regular calidad de hojas. En el extremo superior del eje 2, hacen correspondencias con el medio M43 los individuos 141, 145, 147, 149 y 103, 104, 107.

Tabla 4
Variables suplementarias (etiquetas y valores de las categorías)

Yemas Brotadas	Descripción e la variable
PYB (1 y 2)	Pocos yemas brotadas
RYB (3 y 4)	Regular yemas brotadas
MYB (5 y 6)	Muchas yemas brotadas
Brotos basales	Descripción de la variable
PBB (1 a 5)	Pocos brotes basales
RBB (6 a 10)	Regular brotes basales
BBB (11 a 15)	Buenos brotes basales
MBB (16 a 20)	Muchos brotes basales
EBB (21 a 26)	Exceso de brotes basales
Brotos adventicios	Descripción de la variable
PAD (0 a 3)	Pocos adventicios brotados
RAD (4 a 6)	Regular adventicios brotados
MAD (7 a 12)	Muchos adventicios brotados
Calidad de tallos	Descripción de la variable
MCT (0 y 1)	Mala calidad de tallos
RCT (2)	Regular calidad de tallos
BCT (3)	Buena calidad de tallos
MBT (4)	Muy buena calidad de tallos
ECT (5)	Excelente calidad de tallos
Calidad de raíces	Descripción de la variable
MCR (0 y 1)	Mala calidad de raíces
RCR (2)	Regular calidad de raíces
BCR (3)	Buena calidad de raíces
MBR (4)	Muy buena calidad de raíces
ECR (5)	Excelente calidad de raíces
Calidad de hojas	Descripción de la variable
MCH (0 y 1)	Mala calidad de hojas
RCH (2)	Regular calidad de hojas
BCH (3)	Buena calidad de hojas
MBH (4)	Muy buena calidad de hojas
ECH (5)	Excelente calidad de hojas

Fuente: Márquez J., Cova L. (9): Análisis de correspondencia múltiples, en un cultivo *in vitro* de *Crysanthemum*.

HORMONAS	OBSERVACIONES			
	KINETINA 0.0	0.5	1.0	3.0 mg/l.
A N A mg/l.				
0.1				
0.5				
1.0				

Fuente: Diseño Experimental.

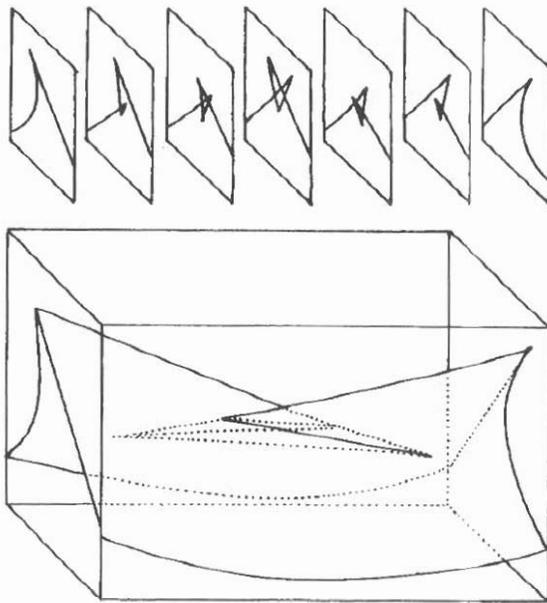
Figura 3. Morfologías observadas.

Los individuos próximos al medio M31 son: 82, 83, 84, 85, 86, 87 y un poco más abajo de este medio se encuentran el 74, 76, 79, 80, 131, 132, 137, 139. Y al medio M13 están en correspondencia los individuos 21, 23, 26, 27, 28, y 30. También se observa correspondencia de los individuos cercanos a los medios M31 y M13 con los regulares explantes brotados. Todos los individuos que conforman el grupo mencionado anteriormente, no tienen próximo a ellos variables suplementarias que hagan correspondencia. En el tercer cuadrante cerca del eje 2, se encuentran próximo al medio M11 los individuos 52, 53 y 57, correspondiéndose también con excelente calidad de tallos. Los individuos 61, 66 son los que están más próximos al medio M21 y a la excelente calidad de raíces, la coordenada de este medio se solapa con la de excelente calidad de raíces, por tanto, los individuos mencionados anteriormente presentan esta característica. Más hacia el centro de este cuadrante se ubica el medio M23 y a su alrededor se encuentran

dos grupos de individuos, el primero: 41, 42, 45, 47, 48, 50 y el segundo: 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69 y 70; pero estos no están cerca de ninguna de las variables suplementarias; sin embargo, al observar a estos grupos de individuos, se detectó que todos ellos presentan las características de manera homogénea. Analizando los grupos de correspondencias anteriormente mencionados se percibe que hay comportamientos opuestos y de compromiso en el fenómeno de cultivo *in vitro* de *Crysanthemum* sp. que tienen que con la propagación masiva (variables cuantitativas) y la calidad del tejido (variables cualitativas). Estos diferentes comportamientos fueron asociados a la superficie del modelo mariposa. Designamos a la superficie A del modelo mariposa como buena propagación de explantes y mala calidad del tejido (Figura 1) y a la B como regular propagación y calidad, la C como buena calidad de tejido y mala propagación de explantes; las superficies de solapamiento AB, BC, y ABC como zonas de comportamiento catastrófico; y por fuera de los pliegues la zona de comportamiento liso, sin saltos catastróficos.

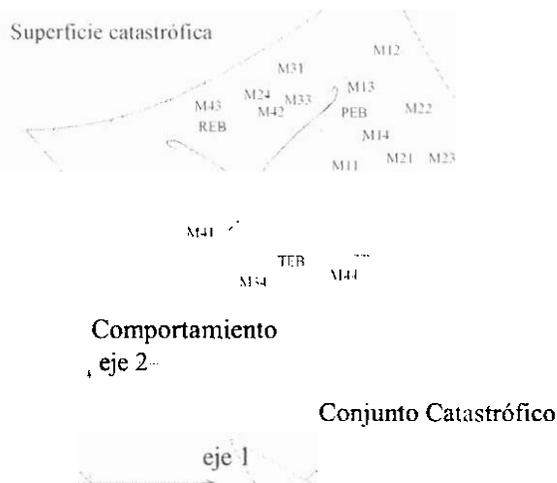
En la Figura del ACM los medios de cultivo (variables activas) se distribuyen configurándose una curva en forma de herradura; los explantes brotados TEB, MEB y PEB (variables activas) forman un triángulo alineados con la herradura, Figura 2. Presumimos que esta curva está inmersa en una sección de los hiperplanos que conforman el modelo mariposa de la TC (Figura 4).

Para ubicar las variables y los individuos en la superficie del modelo de TC, ésta se suspendió sobre el gráfico de ACM (Figura 5). De acuerdo con los grupos de correspondencias del ACM, colocamos las variables activas y señalamos las suplementarias en cada una de las superficies A, B y C, en el sentido de las agujas del reloj sobre la superficie. Los individuos fueron señalados solamente en la tabla, tanto en las superficies A, B y C como también en las superficies solapadas, en función de sus correspondencias múltiples y en función de su posición



Fuente: Zeeman E. (2)

Figura 4. Hiperplanos del modelo mariposa.



Fuente: Zeeman E. (2)

Figura 5. Proyección de una superficie del modelo mariposa en un plano y analogía con análisis de correspondencias múltiples.

sobre la superficie mariposa. Muchos de los individuos que no hacen correspondencias múltiples con las variables están en la superficie solapada y fuera de la zona de catástrofe (Tabla 5).

Nos pareció obvia la distribución de las variables y los individuos en las tres superficies de comportamiento, A,B,C; igualmente la distribución de individuos inestables equidistantes a los grupos de correspondencias múltiples, en las superficies de solapamiento, AB, BC, incluso el solapamiento triple, ABC, en donde se encuentran individuos con características buenas, regulares y malas en cada una de las variables suplementarias. Nos llamó la atención los individuos en correspondencias múltiples, tan sólo, con los medios de cultivos M13, M31, M43 y regulares explantes brotados y también con el medio M23; pero no hay correspondencias con ninguna de las variables suplementarias. Quizás, esto se debe, a que los individuos presentan todas las categorías de todas las variables de manera uniforme sin destacarse ninguna de ellas; precisamente en el modelo de TC, serían los que evolucionan sin catástrofes, con cambios lisos. Sin embargo nos interesa cual es el mejor medio de cultivo para la propagación *in vitro* de *Crysanthemum* sp. De acuerdo a lo anteriormente expuesto, el mejor medio sería el que permitiera una buena propagación de explantes y una buena calidad de tejidos, sin presentar heterogeneidad en el comportamiento. En la Tabla 6 colocamos las características originales de algunos individuos representativos de cada superficie; podemos observar que los individuos que están fuera de la superficie catastrófica y que corresponden a los medios M21 y M23 son los que mejor se adaptan a nuestras exigencias; estos individuos estarían por delante de la Figura 1, tridimensional, no en las zonas inaccesibles del modelo, recuerde que son hiperplanos (Figura 4).

Tabla 5
Ubicación de variables e individuos en las superficies del modelo de la teoría de catástrofe

Superficies	Variables activas (*)	Variables (*) suplementarias	Individuos
A	M44,M34,M41,M32, TEB	BBB, MBB, EBB, MAD, TYB, MCT, MCR, MCH	93,94,95,96,97,98,99,100,101, 102,105,106,108,109,110,112, 113,114,115,116,117,118,119, 120,122,123,124,126,127,128, 129,130,151,152,153,154,155, 156,157,158,159,160
B	M33,M24,M42,M43, M31,REB	RYB,RBB,RCR,RCT, RCH,PAD	74,76,79,80,131,132,137,139,9 1,92,103,104,107,121,125,111, 142,143,144,146,148,88,89,90
AB			72,73,75,77,78,133, 134,135,138,140,106, 108,109,110
C	M13,M12,M14,M22, M21,M23,M11,PEB	PYB,BCR,PBB,MBT, ECH,ECT,ECR,BCH, MBR,MBH,BCT,RAD	31,33,39,51,58,59,44,17,81,71, 136,22,29,1,10,32,34,35,11,15, 16,20,54,55,56,60,43,46,49,61, 66,52,53,57,12,13,14,18,19
BC			24,25,6,9
ABC			36,37,38,40,2,3,4,5,7,8
Cambios lisos			
B→A			141,145,147,149,150
B→C			82,83,84,85,86,87,21,23,26,27, 28,30
C→A			41,42,45,47,48,50
A→C			62,63,64,65,67,68,69,70

(*): Ver en las Tablas 3 y 4 la nomenclatura de las variables

Fuente: Márquez J., Cova L. (9): Análisis de correspondencia múltiples, en un cultivo *in vitro* de *Crysanthemum*.

Conclusiones

De acuerdo con el análisis catastrófico, se puede escoger los medios de cultivo M21 y M23 como los mejores para el cultivo *in vitro* del crisantemo, tanto en propagación masiva como en calidad; considerando la experiencia del investigador de los dos medios anteriores se seleccionó el medio M23.

Comparando los dos análisis, la diferencia está, en que en el análisis de correspondencias múltiples, las variables e individuos más importantes son aquellos que están al extremo de los ejes; y menos importantes los que están en el centro de gravedad de la nube de puntos; para la teoría de catástrofe estas son, por un lado, los que están en una u otra superficie con comportamien-

Tabla 6
Características originales de algunos individuos representativos de cada superficie

Superficies Individuos	Explantos brotados	Yemas brotadas	Brotos basales	Brotos adventicios	Calidad tallo	Calidad raíz	Calidad hoja
A	155	3	5	22	0	0	1
B	144	3	5	9	0	2	0
C	60	1		2	0	4	3
AB	105	3	5	20	0	2	1
BC	9	2	4	4	0	3	4
ABC	4	3	5	5	0	3	4
ABC	37	3	4	18	0	0	0
B→A	147	2	2	4	0	3	0
B→C	83	2	3	6	6	4	4
C→A	48	3	5	10	12	4	5
A→C	67	3	5	10	5	3	1

Fuente: Márquez J., Cova L. (9): Análisis de correspondencia múltiples, en un cultivo *in vitro* de *Crysanthemum*.

tos bien definidos, por otro lado, los individuos que pertenecen a un determinado medio y se observan en superficies diferentes, otros, que no están en correspondencias con ninguna de las variables y se encuentran en las superficies solapadas y finalmente aquellas variables e individuos que están fuera de la superficie catastrófica. Es decir, el análisis de la teoría de catástrofe se hace más general al considerar a todos los individuos y variables, que al ubicarlas en las diferentes superficies adquieren un significado; no así, para el análisis de correspondencias múltiples, que considera solamente aquellos grupos de variables e individuos en correspondencia; sin embargo, este análisis de correspondencias múltiples, permite la orientación para la ubicación de las variables e individuos en las diferentes superficies.

La teoría de catástrofe en sus fundamentos es muy compleja, no así cuando se refiere a los fenómenos naturales; entonces, no hay mejor manera de abordar la

complejidad que a través de fenómenos naturales que pudiéramos manipular y cuantificar; como en nuestro caso, haciendo variar la concentración de hormonas en los medios de cultivos y observando si esas pequeñas perturbaciones hacen cambiar o no la morfología y la propagación de las plantitas *in vitro*. Estas perturbaciones podrían ser representadas por la siguiente función: $G=F+\delta F$.

El modelo mariposa de la TC es a cinco dimensiones, cuatro parámetros de control y una superficie de tres comportamientos. Para aplicar el modelo hay que fijar dos parámetros de control y hacer variar los otros dos; uno de ellos, las hormonas en el medio de cultivo (parámetro externo) y el otro, la brotación de explantes (parámetro interno); el comportamiento es observado sobre la superficie del modelo mariposa. Para que el fenómeno fuese más explícito de acuerdo al modelo, habría que liberar los otros dos parámetros; pero estos serían imposibles de representar en cinco dimensiones, uno de

ellos sería el tiempo (externo) y el otro la homeo-esis (interno), término acuñado por Waddington, citado por Woodcock y Davis (13), y que significa control de la estabilidad fuera del equilibrio; muy diferentes de la homeóstasis, que es el control dentro del equilibrio; la homeo-esis en este caso estabilizaría el cultivo *in vitro* en situaciones que no tienen nada que con la armonía de la planta, por ejemplo: cultivos de callos, quimeras, órganos, etc. Así podríamos, imaginar el modelo como una mariposa en pleno vuelo; en donde algunos individuos análogos a manchas de colores, aparecen de golpe en las superficies y a otro individuos se le puede seguir su trayectoria de colores de manera continua; mientras otros son colores fijos, todo bajo un control interno del sistema (homeo-esis) y el transcurrir del tiempo. Finalmente, podemos concluir, que a pesar de que el propio creador de la teoría, Rene Thom, ve con dificultad la cuantificación de los modelos; hemos hecho un esfuerzo para intentar comprender ese enorme edificio filosófico que es la Teoría de Catástrofe, con lo que sabemos hacer: medidas.

Agradecimiento

A la Fundación Servicio para el Agricultor (FUSAGRI), Cagua, Estado Aragua, en donde se realizó el trabajo experimental.

Referencias Bibliográficas

1. THOM R. *Modèles mathématiques de la morphogénese*, Christian Burgois editeur, 8 rue Garanciere, Paris (France), pp. 9-35, 1980.
2. ZEEMAN E. *Scientific American*, 234, (4), pp. 65-83. 1976.
3. WADDINGTON C.H. *Towards a theoretical Biology* 4. Essay an IUBS Symposium editor by CH. Waddington Edimburg. Univ. Press. Scotland (GB). pp 18-35. 1972.
4. COVA L. Stude de l'androgénese *in vitro* chez le maíz (*Zea mays*). Apport de la modelisation a la comprehension des phenomenes biologiques (Thèse Doctorat d'Etat), Paris XI, Orsay (France), pp. 345, 1980.
5. COVA L. **Análisis Topológico de la Formación de Recursos Humanos**. Informe final de gestión del Director de Recursos Humanos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), Caracas (Venezuela), pp. 110, 1985.
6. COVA L., LIENDO A., Estrategia para Comercializar material vegetal producido por cultivo *in vitro*. **II Simposio Nacional sobre Biotecnología**. Maracaibo (Venezuela), pp.60-72, 1988.
7. LEBART L., MORINEAU A., FENELON J. **Tratamiento Estadístico de Datos**, Macomb S.A., Boixareu editores, Barcelona (México) pp. 275-335, 1985.
8. MARQUEZ J., COVA L. Resultados no publicados
9. MURASHIGE T., SKOOG F. *Physiological Plantarum* 15: 473-479, 1962.
10. COVA L., TOVAR R. **Informe Trimestral sobre cultivo in vitro en rosas, claveles y crisantemos**, Convenio Cela-FUSAGRI, Cagua (Venezuela), pp. 10, 1989.
11. COVA L., VEGAS A., VARGAS E. **Informe anual sobre cultivo in vitro en rosas, claveles y crisantemos**. Convenio Cela-FUSAGRI, Cagua (Venezuela), pp. 23, 1987.
12. COVA L., VEGAS A., TOVAR R. **Informe anual sobre cultivo in vitro en rosas, claveles y crisantemos**. Convenio Cela-FUSAGRI, Cagua (Venezuela), pp. 19, 1988.
13. WOODCOCK A., DAVIS M. **La Theorie des Catastrophes**, Editions L'Age d'Homme, Lausanne (Suisse), pp. 18-29, 1984.
14. THOM R. **Stabilité Structurale et Morphogénèse**, 2 Edition, Inter Editions, Paris (France), pp. 324-328, 1977.