

INTERPRETACIÓN DEL CONTROL BIOLÓGICO DE LA MOSCA CASERA (MUSCA DOMESTICA) CON HONGOS ENTOMOPATÓGENOS MEDIANTE LA TEORÍA DE CATÁSTROFES

INTERPRETATION OF THE BIOLOGICAL CONTROL OF HOUSE FLY (MUSCA DOMESTICA) USING ENTOMOPATHOGENOUS FUNGI ACCORDING OF CATASTRHOPHES THEORY

Luis José Cova Ordaz¹, José Vicente Scorza Dager¹, Danny Eugenio García Marrero².

¹Instituto de Investigaciones Experimentales “José Witremundo Torrealba”. Universidad de los Andes (ULA), Trujillo, estado Trujillo, Venezuela. e-mail: covaordaz@yahoo.es. ²Departamento de Ciencias Agrarias, Núcleo Universitario “Rafael Rangel”, Universidad de Los Andes, estado Trujillo, Venezuela.

Resumen

Se interpreta la dinámica de mortalidad de *Musca domestica* en presencia de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* (cepa LF-08) y *Beauveria brongniartii* (cepa LF-05), a través del modelo en cúspide de la Teoría de Catástrofes. Las condiciones experimentales para la toma de datos previa a la interpretación del comportamiento biológico mediante la Teoría fueron: Concentración de los hongos de 1.2×10^3 hasta 1.2×10^7 esporas/ml para *B. bassiana* y 1.0×10^3 hasta 1.0×10^7 esporas/ml para *B. brongniartii*; más el tratamiento control, volumen de aplicación de los entomopatógenos 0.5 microlitros/mosca (0, 0.6, 6, 60, 600 y 6000 esporas/moscas para *B. bassiana* y 0, 0.5, 5, 50, 500, 5000 esporas/moscas para *B. brongniartii*) población de moscas utilizada 100/concentración. El muestreo de moscas muertas se realizó diariamente durante 26 días. Se determinó que a la dosis de 1.0 y 1.2×10^7 esporas/ml para *B. brongniartii* y *B. bassiana* los tiempos letales (TL50 y TL95) fueron 5 y 9; y 5 y 6 días, respectivamente y las del control fueron 16 y 23 días para *B. brongniartii* y, 14 y 21 días para *B. bassiana*. A la luz de la Teoría no se encontró diferencias cualitativas en el comportamiento depredador de los hongos sobre las moscas. Se observaron semejanzas de las curvas experimentales con las curvas generadas por el potencial en cúspide de la Teoría. Los resultados obtenidos permiten planificar nuevos ensayos a nivel de campo. Palabras clave: Teoría de Sistemas, cuantificación, *Beauveria Bassiana*, *Beauveria brongniartii*.

Abstract

We interpret the dynamics of mortality of *Musca domestica* in the presence of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (strain LF-08) and *Beauveria brongniartii* (strain LF-05), according to the cusp model of Catastrophe Theory. The experimental conditions for data collection prior to the interpretation of biological behavior using the theory were: concentration of fungi 1.2×10^3 to 1.2×10^7 spores/ml for *B. bassiana* and 1.0×10^3 to 1.0×10^7 spores/ml for *B. brongniartii* + control treatment, application of entomopathogenic volume of 0.5 microliters / fly, (0, 0.6, 6, 60, 600 y 600 spores/fly to *B. bassiana* and 0, 0.5, 5, 50, 500, 5000 spores / fly to *B. brongniartii*), 100 fly population used / concentration. Sampling of dead flies was performed every daily for 26 days. It was determined that a dose of 1.2×10^7 spores / ml for *B. bassiana* and 1.0×10^7 spores / ml for *B. brongniartii*, the lethal time (TL50 and TL95) were 5 and 9, and 5 and 6 days respectively and the control were 16 and 23 days for *B. brongniartii* and 14 and 21 days for *B. bassiana*. In terms of the theory found no qualitative differences in the predatory behavior of fungi on the fly. Similarities were observed in the experimental curves generated by the potential cusp Catastrophe Theory. The results allow us to plan further tests at the field level. Keywords: Systems Theory, quantification, *Beauveria bassiana*, *Beauveria brongniartii*.

Recibido: 11-11-2010 / Aprobado: 23-12-2010

INTRODUCCIÓN

Hongos Entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos constituyen una alternativa para el control de insectos transmisores de enfermedades en agricultura, salud animal y humana (Pucheta et al, 2006). Entre los entomopatógenos, más de ochocientos estudiados, se encuentran algunas especies de *Beauveria* (*Beauveria bassiana* y *Beauveria brongniartii*) y otras de los géneros *Langenedium*, *Lecanicillium*, *Metarhizium* y *Paecolomyces*, las cuales han sido utilizadas comercialmente (Wraight et al, 1998).

El estiércol proveniente de los sistemas de producción animal y utilizado como abono orgánico es un medio excepcional para el cultivo de larvas de insectos, en especial de *Musca domestica* (Moon et al, 2001). La problemática de la acumulación de larvas en las granjas y su posterior traslado comercial a las zonas agrícolas es generalizada y en numerosas oportunidades se ha advertido la inutilidad del uso de insecticidas sintéticos para el control de las moscas en granjas. En granjas de Brasil, *M. domestica* integra más del 80% de la población muscoide (Avancini y Silveira, 2000); igualmente estudios realizados en Israel arrojaron los mismos porcentajes (Ascher, 1961) y en los Andes de Venezuela Cedeño y Añez, (2001), han informado, el inconveniente del uso excesivo de estiércol de pollo o gallinaza como abono en horticultura por la proliferación de moscas que produce, a la vez que han recomendado la aplicación de sanciones para los usuarios de gallinaza que no cumplan con exigencias sanitarias, tales como su almacenamiento en seco o su mezcla con cal.

Por otra parte, las elevadas poblaciones de moscas aumentan la posibilidad de la difusión de enfermedades entre animales y humanos, además de crear un ambiente hostil que dificulta el buen desempeño de los animales y los trabajadores dentro de los sistemas productivos.

La excesiva producción de moscas se complica también, por su resistencia contra la mayoría de los insecticidas de uso general (Georghio y Mellon, 1983). La resistencia de *M. domestica* a casi todos los grandes grupos de insecticidas afecta la salud pública. Ensayos en las Filipinas, revelaron una elevada resistencia en la generación F1 de moscas colectadas en una granja avícola contra cinco insecticidas de uso común que incluyeron un clorado, un fosforado, un carbamato y un piretroide, confirmando resultados que son generales para las moscas sinantrópicas; resistencia que impone el uso de otros medios de control compatibles con la actividad avicultora (Nazni et al, 1998).

En trabajos recientes Scorza y Cova, (2006) confirmaron la acción patógena de cepas de *B. bassiana* y Cova et al, (2009a) en *B. brongniartii*, contra adultos de *M. domestica* colonizados en el laboratorio, capturados en una granja avícola en Sara Linda, en las cercanías de Isnotú, en el estado Trujillo, Venezuela. En dichas comunicaciones se reportó que con una dosis de contaminación individual de 6000 y 5000 conidias de los hongos por imago tratado, el 95 por ciento de los adultos perecían aproximadamente en una semana. Igualmente Cova y Scorza, (2006), Cova et al, (2009abc) y Cova et al, (2010) reportan un 100 por ciento de mortalidad de moscas domésticas con la aplicación de *B. bassiana* y *B. brongniartii* a 9×10^7 esporas/ml, durante tres semanas, en galpones de cría de pollos, en la misma localidad de Sara Linda, en el estado Trujillo, Venezuela.

TEORÍA DE CATÁSTROFES

Una catástrofe, es una transición discontinua que ocurre en un sistema, que tiene más de un estado estable o que pueda seguir más de una trayectoria de cambio. La catástrofe es el salto de un estado o de una trayectoria a otra (Thom, 1977). En el paisaje epigenético imaginado por el biólogo inglés Waddington, (1972), la catástrofe puede ser representada por el paso de un objeto de un valle a otro, La transición aquí es discontinua, no por que no

halla una fase o trayectoria intermediaria, pero si por que ninguna de ellas es estable.

En todo sistema controlado por un potencial en el cual el comportamiento del sistema está determinado por no más de cuatro diferentes factores, hay 7 formas de cambios discontinuos que pasan por estados de desequilibrio. Las catástrofes elementales son: el pliegue, la cúspide, la cola de milano y la mariposa (uno, dos, tres y cuatro factores de control y un eje de comportamiento); los ombligos: hiperbólico y elíptico (tres factores de control) y el ombligo parabólico (cuatro factores de control), todos los ombligos tienen dos ejes de comportamiento (Zeeman, 1976).

La catástrofe en Cúspide, se produce en los sistemas donde el comportamiento depende de dos factores de control; su forma (Figura 1) es una superficie ondulada, a tres dimensiones con un pliegue. Cada punto de la superficie representa un estado de equilibrio. Todos los puntos por debajo del pliegue son los máximos inestables. Todos los puntos a lo largo de la línea de pliegue son los puntos semiestables de inflexión. Los demás puntos son los mínimos estables (Woodcock, 1984). Para ciertas combinaciones de valores de los factores de control, hay dos estados estables posibles, uno sobre la superficie superior del pliegue y otro sobre la superficie inferior del pliegue, el comportamiento del sistema bajo estas condiciones se llama bimodal, significando que bajo las mismas condiciones puede existir uno u otro estado estable (Zeeman, 1976). Existe una tercera posibilidad, el máximo inestable en el lado inferior del pliegue, pero es generalmente inaccesible; si el sistema ocupa este estado, una perturbación lo obligará a moverse a un punto estable arriba o abajo del pliegue. Otras combinaciones de valores de los factores de control llevan a caminos divergentes donde los cambios del sistema son lisos, sin cambios catastróficos, Es posible en algunos fenómenos que alguno de los factores de control aumente o disminuya alternativamente, el resultado es un ciclo de comportamiento con dos porciones lisas conectadas por catástrofes; este ciclo recibe el nombre de Histéresis.

Por tales motivos, el objetivo de esta investigación fue interpretar a nivel de laboratorio, el comportamiento cuantitativo y cualitativo, de los gráficos generados por la actividad entomopatígena de *B. brongniartii* (cepa LF-05) y de *B. bassiana* (cepa LF-08) en el tiempo y a diferentes dosis sobre *M. domestica*, mediante la contaminación individual por contacto con conidias en moscas inmovilizadas con éter etílico, con el comportamiento y las dinámicas generadas por el modelo en cúspide de la Teoría de Catástrofes, comparando los gráficos del modelo con los experimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y condiciones del ensayo

La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Parasitología del Instituto de Investigaciones Experimentales “José Witremundo Torrealba” Núcleo Universitario “Rafael Rangel”, de la Universidad de los Andes. Las conidias de *B. bassiana* se obtuvieron a partir de brocas del café (*Hypothenemus hampei*), las de *B. brongniartii*, (*Bb. Perú*) fueron traídas desde Lima, Perú, respetando todo el protocolo de manejo de especies biológicas. Para la obtención de moscas F1 a partir de moscas silvestres se empleó el dispositivo utilizado por Scorza y Cova, (2006) publicado de forma inédita. La anestesia de las moscas se realizó con éter etílico (BDH); práctica tradicionalmente utilizada para dormir insectos en experimentos in vitro. La aplicación de los hongos se realizó en moscas de la misma edad (3 días), colonizadas en el laboratorio y bajo anestesia. En lotes de 25 moscas, confinadas en cuatro frascos de 4,8 litros, para un total de 100 moscas, fueron contaminadas con 0,5 μ L de la suspensión de conidias, de todas las concentraciones de ambos hongos (0, 0.6, 6, 60, 600, 6000 y 0, 0.5, 5, 50, 500 y 5000 microsporas/moscas). Se preparó para cada experimento, cuatro frascos controles con 100 moscas no tratadas, sometidas únicamente a la anestesia. El recuento de las moscas caídas se hizo hasta el día 26 después de la aplicación. Se prestó

especial atención, a la aparición en los cadáveres de micelio blancuzco o rosado pálido. Para el análisis de los resultados se corrigió la mortalidad con respecto al control, utilizando la fórmula de Abbott (1925) y luego se aplicó la metodología Probit del paquete estadístico Minitab® (2003) Statistical Software, Release 14 Minitab. Inc. Calculando así los tiempos letales (TL50 y TL95) Scorza y Cova (2006) para *B. bassiana* y Cova et al, (2009a) para *B. brongniartii* (Tabla 1¹).

De acuerdo al comportamiento bimodal del fenómeno, moscas muertas naturalmente y moscas muertas inducidas por los entomopatógenos, se decide comparar las dinámicas del fenómeno con las propias del modelo en cúspide de la Teoría de Catástrofes, la más simple de las catástrofes con implicaciones en la morfogénesis, también conocida como la superficie de Riemann-Hugoniot (Thom, 1980), cuyo tratamiento matemático viene dado por las siguientes ecuaciones:

$$V = \frac{x^4}{4} + u \frac{x^2}{2} + vx$$

$$\frac{\partial V}{\partial x} = x^3 + ux + v$$

Los gráficos generados por el potencial del modelo en cúspide, son los que se muestran internamente en la Figura 2 del texto. (Thom 1977), la ubicación de la proyección plana semicúbica, se encuentra en la parte superior derecha de la misma figura, cuya ecuación es $4u^3 + 27v^2 = 0$

RESULTADOS

Los resultados del porcentaje de mortalidad de moscas fueron analizados cuantitativamente con la metodología Probit para el cálculo de los tiempos letales (TL50 y TL95) (Tabla 1) y cualitativamente graficando el comportamiento en función de la concentración de los hongos y el tiempo, siguiendo la idea de Waddington sobre el paisaje epigenético (Figura 4 y 5). También se observó, a las 48 horas, en una cámara húmeda, el porcentaje de moscas muertas naturalmente y las muertas inducidas por los hongos entomopatógenos, diferenciadas por estar unas cubiertas por el hongo con apariencia de cotufa y otras no (Tabla 2).

DISCUSIÓN

La interpretación mediante la metodología Probit, de la mortalidad de las moscas en función de la concentración de los entomopatógenos y el tiempo, indica simplemente que a medida que aumenta la concentración del entomopatógeno dentro de cierto rango, el tiempo de mortalidad de las moscas disminuye. Para el control, el TL95 va de 21 días para *B. Bassiana* y 22 días para *B. brongniartii*. En la medida que aumenta la concentración del entomopatógeno, 103, 104, 105, 106 y 107 esporas/ml disminuye el TL 95 para *B. bassiana* en 19, 17, 10, 9 y 6 días, y para *B. brongniartii* en 24, 17, 15, 11 y 9 días respectivamente.

Las curvas experimentales de la mortalidad de las moscas en función de dos parámetros de control: concentración del hongo entomopatógeno y el tiempo (Figura 4 y 5) presentan perturbaciones, en comparación con las curvas generadas por el potencial en Cúspide (Figura 2). Esta situación se debe probablemente al “ruido de fondo” introducido por las imperfecciones en las manipulaciones, observaciones, mediciones o al fenómeno en sí, mucho

¹ Las tablas, imágenes y figuras, se encuentran al final del artículo.

más complejo que el modelo aplicado; sin embargo, desde el punto de vista cualitativo, la semejanza es contundente, observándose fácilmente el basculamiento de los mínimos estables de un lado a otro, por ejemplo los diferentes (TL95); lo que implica que el modelo puede ser cuantificado, despejando dudas sobre una antigua controversia de esta posibilidad. En esta interpretación catastrófica, utilizamos los resultados de dos experimentos con hongos entomopatógenos: *Beauveria bassiana* y *Beauveria brongniartii*.

Cada uno de los potenciales generados por el modelo están representados en las Figuras de 0 a 7 dentro de la Figura 2 del texto, y corresponden al porcentaje de mortalidad de las moscas, siendo análogos a las curvas generadas por los factores de control: concentración del entomopatógeno y el tiempo. Para la figura 0 dentro de la Figura 2 del texto, sería la curva generada por la mortalidad del control y para el comportamiento bimodal mas evidente, corresponderían las figuras 3 y 4, cuyas curvas experimentales serían las generadas por las concentraciones de 104 y 105 esporas/ml, observadas en las curvas experimentales de las Figuras 4 y 5 del texto, que también corresponden a los porcentajes de 18 y 79 para *B. bassiana* y 22 y 78 para *B. brongniartii* de moscas muertas inducidas por los hongos entomopatógenos (Tabla 2).

Para el análisis cualitativo se utilizó el modelo en Cúspide (Figura 3) de Zeeman, (1976), en donde se muestra el fenómeno, el cual está controlado por dos factores de control: concentración del patógeno (*B. bassiana* o *B. brongniartii*) y el tiempo; estos se representan en la superficie de control, mientras que el comportamiento de las moscas: muerte natural y muerte inducida, se representan en la superficie de comportamiento. Para cada combinación de diferentes concentraciones del entomopatógeno y el tiempo, existe al menos una forma probable de comportamiento. En las concentraciones extremas del entomopatógeno (control y 107 esporas/ml), se obtiene una sola forma de comportamiento respectivamente: muerte natural o muerte inducida por el hongo, sin embargo en una zona intermedia se presentan las dos formas posibles muerte natural e inducida, ver Tabla 2. En la superficie de control, la Cúspide señala el umbral en que el comportamiento empieza a ser bimodal. Las figuras 4 y 5 muestran la mortalidad natural total a los 22 y 24 días y mortalidad inducida total a los 7 y 8 días, para *B. bassiana* y *B. brongniartii* respectivamente. En la Figura 3, los comportamientos parten de A y ocupan cada uno su respectiva superficie; muerte natural en E y muerte inducida en C. La dinámica del modelo en Cúspide muestra fluctuaciones intrínsecas, en donde aparece el comportamiento bimodal; catastrófico; es decir, el salto de mortalidad natural desde E a mortalidad inducida en C y viceversa (C --- E), D y F son los bordes catastróficos o puntos semiestables de inflexión; ahí ocurre el salto del comportamiento. No es posible en este caso el fenómeno de Histéresis, salvo en la percepción nuestra. Sin embargo, al colocar las moscas muertas sin distinción, natural e inducida en una cámara húmeda, y observarlas 48 horas más tarde, se diferencian las muertas inducidas por el entomopatógeno, dado que ellas muestran una apariencia de cotufas, como consecuencia de la proliferación del entomopatógeno; morfología que no presentan las muertas naturalmente.

En otras investigaciones de interés se observó e interpretó el comportamiento reproductor de la fresa (*Fragaria sp.*); se pudo constatar que tiene un comportamiento bimodal. A bajas temperaturas y fotoperíodo corto, reproducción sexual por semillas; a temperaturas altas y fotoperíodo largo, reproducción asexual por estolones (Cova y Liendo, 1988). Por otro lado, en un cultivo in vitro de crisantemo amarillo (*Crisantemum sp.*), se asoció el gráfico generado por un análisis estadístico de correspondencias múltiples al modelo mariposa de la teoría de catástrofes, corroborando un fenómeno a tres comportamientos (Cova y Márquez 2001). Finalmente, en la Androgénesis del maíz, observamos que los granos de polen in Vitro, pueden salir de su programa genético mitótico predeterminado: núcleo reproductor y vegetativo, hacia una división mitótica indiferenciada, explicada por el modelo mariposa, que lo lleva a la formación de un embrión y luego a una planta andrógina, es decir hija solamente de la célula germinal masculina. El fenómeno es fugaz a nivel de la mitosis (Cova, 1980). Estos

fenómenos tan distintos que involucran moscas, crisantemos, fresas, androgénesis y mitosis, demuestran el poder integrador y holístico de la Teoría de Catástrofes.

CONCLUSIÓN

Demostramos experimentalmente de forma inédita, que es posible cuantificar un fenómeno y utilizar la Teoría de Catástrofes para su interpretación, cuestión esta muy controversial desde su aparición, dado que muchos la consideraron como una Teoría netamente cualitativa. A pesar de su complejidad matemática, pero no filosófica, se pudo abordar con una didáctica más sencilla un fenómeno natural: mortalidad de la mosca doméstica sometida a la acción de diferentes concentraciones, tanto de *Beauveria bassiana* como de *Beauveria brongniartii* en el tiempo. Es necesario remarcar que a pesar de las pequeñas variaciones en los resultados cuantitativos de los dos experimentos, se conserva la estructura cualitativa, la cual puede ser analizada por el modelo en Cúspide. Resultados estos que por analogía pueden ser comparados o extrapolados a cualquier conflicto depredador-presa y otros, dado que no importa el tamaño, ni el funcionamiento interno o la naturaleza del proceso implicado; como se ha demostrado en otros fenómenos estudiados en esta línea de investigación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CDCHT de la Universidad de los Andes por el financiamiento de esta investigación a través del proyecto (NURR-C-329-03-09-A).

REFERENCIAS:

- PUCHETA M., FLORES A., RODRIGUEZ S., DE LA TORRE M. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. *Interciencia*. 31,12: 856-860, 2006.
- WRAIGHT S., CARRUTHERS R., BRADLEY C., JARONSKY S., LACEY L., WOOD P., GALAINI W. Pathogenicity of the entomopathogenic fungi *Paecilomyces* spp. and *Beauveria bassiana* against the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii*. *Biol. Control* 17: 203-217, 1998.
- MOON R., HINTON J., O' ROURKE S., SCHMIDT D. Nutritional value of fresh and composted poultry manure for house fly (Diptera: Muscidae) larvae. *J. Econ. Entomol.* 94: 1308-1317, 2001.
- AVANCINI R., SILVEIRA G. Age structure and abundance in populations of muscoid flies from a poultry facility in Southeast Brazil. *Mem. Inst. O. Cruz.* 95: 259-264, 2000.
- ASCHER K.R. Houseflies in Israel. III Some observations at breeding sites in rural areas, and considerations about the influence of Israeli mamusa handling methods of houseflies breeding. *Zchr. Angew. Entomol.* 48: 115-162, 1961
- CEDEÑO L., AÑEZ B. Breve reseña sobre beneficios e inconvenientes derivados del uso del estiércol en la agricultura. *Bol. Divulg. IIAP, Mérida (Venezuela)*, 26: 17-19, 2001.
- GEORGHIOU G., MELLON R. Pesticide resistance in time and space. En: *Pest resistance to pesticides*. Ed. Georghiou, G.P.& Saito T. (USA). Pp 1- 46, 1983.

- NAZNI W., URSULA M., LEE H., SADIYAH L. Susceptibility of *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) from various breeding sites to community used insecticides. *J. Vect. Ecol.* 23: 54-60, 1998.
- SCORZA D. J., COVA L. Acción patógena de una cepa venezolana de *Beauveria bassiana* para *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Bol. Malariol. Salud Amb.* 46: 119-130, 2006.
- COVA L., SCORZA D. J., GARCÍA D., CAÑIZALES L., GUEDEZ C., MAFFEY M., MEDINA M. Patogenicidad "in Vitro" de *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch en *Musca domestica* (Linn.) como posible estrategia de control biológico en áreas ganaderas. *Zootecnia Trop.* 27(2):113 -120, 2009a.
- COVA L., SCORZA D. J. Control temporal de moscas caseras (*Musca domestica*) en galpones avícolas mediante nebulizaciones con conidias de *Beauveria bassiana*. *Bol. Malariol. Salud Amb.* 46: 131-136, 2006.
- COVA L., SCORZA D. J., GARCÍA D., CAÑIZALES L., GUEDEZ C., AVENDAÑO M., MEDINA G. Efecto de *Beauveria bassiana*, *Beauveria brongniartii* y la aplicación de gasoil en el control de moscas caseras en galpones avícolas. *AIA.* 13(2):41-53, 2009b.
- COVA L., SCORZA D. J., GARCÍA D., CAÑIZALES L., GUEDEZ C., AVENDAÑO M., MEDINA G. Efecto de *Beauveria bassiana* y *Beauveria brongniartii* en el control de moscas (*Musca domestica*) en condiciones de laboratorio y en galpones avícolas. *Bol. Malariol. Salud Amb.* Vol. 49 (1):151-160, 2009c.
- COVA L., SCORZA D. J., GARCÍA D., CAÑIZALES L., GUEDEZ C., MAFFEY M., MEDINA G. Control temporal de moscas caseras (*Musca domestica*) en galpones avícolas mediante nebulizaciones Con conidias de *Beauveria brongniartii*. *Zootecnia Trop.* 28(1):1-7, 2010.
- THOM R. *Stabilité Structurale et Morphogénèse.* Deuxième Edition. InterEditions, Paris(France). Pp 63-65, 1977.
- WADDINGTON C. *Towards a theoretical Biology.* Essay an IUBS Symposium editor by Waddington Edinburg. Univ. Press. Scotland (GB). Pp 18-35, 1972.
- ZEEMAN E. *Catastrophe Theory.* Scientific American, 234, (4). Pp 65-83, 1976.
- WOODCOCK A., DAVIS M. *La Theorie des Catastrophes. L'Age d'Homme.* Lausanne (Suisse). Pp 18-29, 1984.
- ABBOTT W.S. A method computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol* 18: 265-267, 1925.
- THOM R. *Modèles mathématiques de la morphogénèse.* Christian Burgois editeur, 8 rue Garanciere, Paris (France), pp 9-35, 1980.
- 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.

COVA L., MÁRQUEZ J. Interpretación catastrófica de un análisis de Correspondencias múltiples aplicado a un cultivo “in vitro” de *Crysanthemum* sp. *Ciencia* 9 (2): 184-195, 2001.

COVA L; Stude de L'Androgènes “in Vitro” chez le maiz (*Zea mays*). Apport de la modelisation a la comprensión de phenomenes biológicas. (Thèse Doctorat D'Etat). Paris XI, Orsay (France), Pp130, 1980.

ANEXOS:

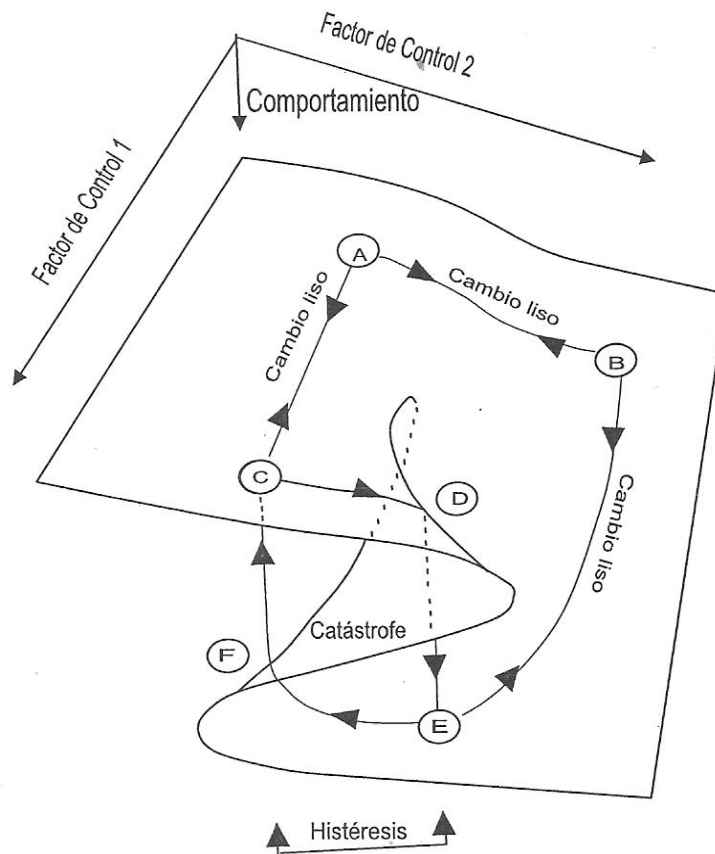


Figura 1. Superficie de Riemann-Hugoniot, utilizada como modelo en cúspide por Zeeman E. 1976.

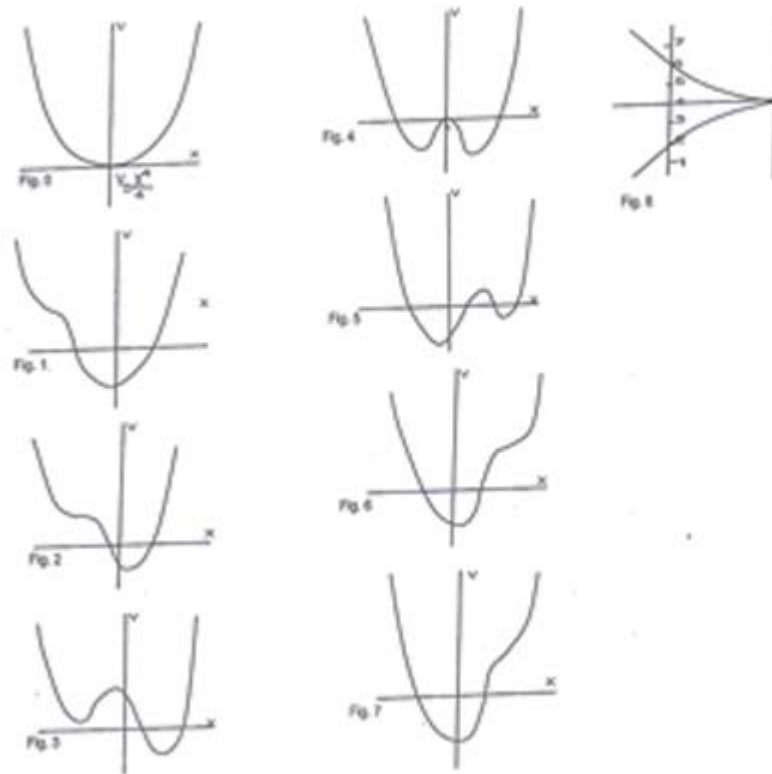


Figura 2. (Figuras Internas de 0-7): diversas formas del potencial $V = \frac{x^4}{4} + u x^2 + v$ en relación con las 7 regiones en que se ha descompuesto el plano control y su proyección plana (Figura 8) de ecuación $4u^3 + 27v^2 = 0$

Tabla 1. Tiempos letales (TL₅₀ y TL₉₅) en función de la mortalidad de *M. domestica* (Probit), producida por distintas concentraciones de esporas de *B. bassiana* y *B. brongniartii*.

Dosis (esporas/ml)	TL ₅₀ (días)		TL ₉₅ (días)	
	<i>B. bassiana</i>	<i>B. brongniartii</i>	<i>B. bassiana</i>	<i>B. brongniartii</i>
Control	13,88	16,15	20,84	22,52
1.2 y 1,0 X 10 ³	14,71	17,05	19,07	24,06
1.2 y 1,0 X 10 ⁴	12,04	12,89	16,71	16,87
1.2 y 1,0 X 10 ⁵	7,98	11,15	10,19	14,79
1.2 y 1,0 X 10 ⁶	7,26	8,06	8,88	11,41
1.2 y 1,0 X 10 ⁷	4,60	5,07	6,23	9,27

Tabla 2. Porcentaje de contaminación en el tiempo de las moscas, en función de la concentración de los hongos entomopatógenos *B. brongniartii* y *B. bassiana*.

Concentración esporas/ml	Concentración	
	<i>B. bassiana</i> %	<i>B. brongniartii</i> %
Control	0	0
<i>Bassiana</i> y <i>brongniartii</i>		
1.2 x 10 ³ y 1.0 x 10 ³	4	2
1.2 x 10 ⁴ y 1.0 x 10 ⁴	18	22
1.2 x 10 ⁵ y 1.0 x 10 ⁵	79	78
1.2 x 10 ⁶ y 1.0 x 10 ⁶	100	100
1.2 x 10 ⁷ y 1.0 x 10 ⁷	100	100

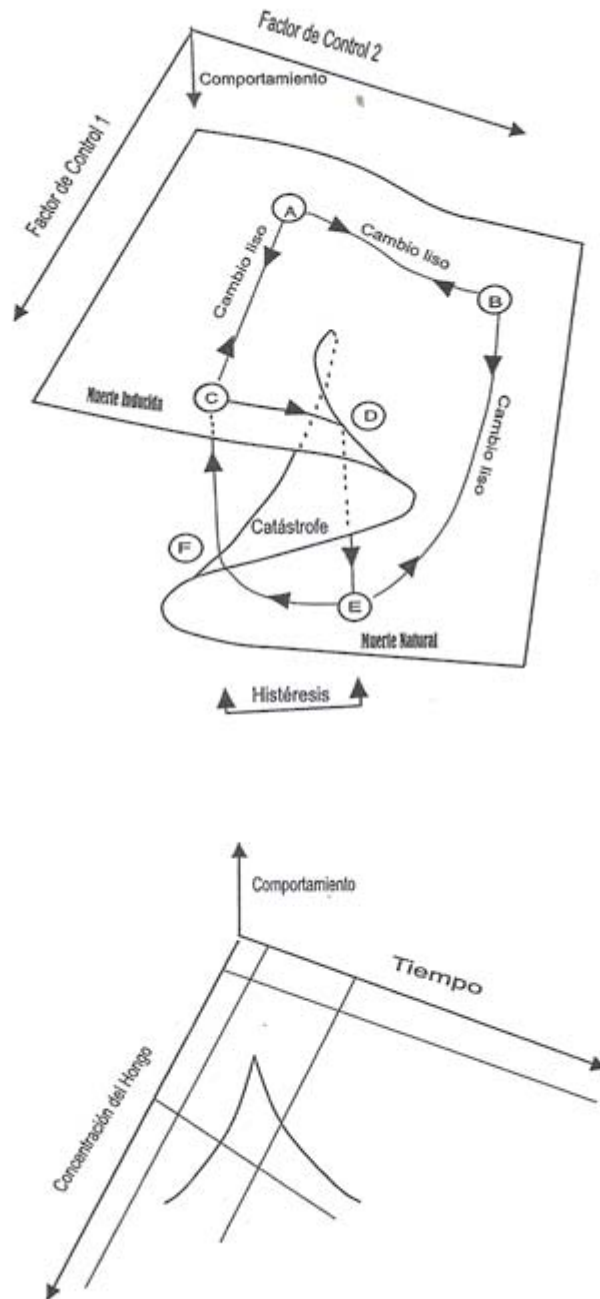


Figura 3. Interpretación Catastrófica del comportamiento de la mosca doméstica frente a los hongos entomopatógenos.

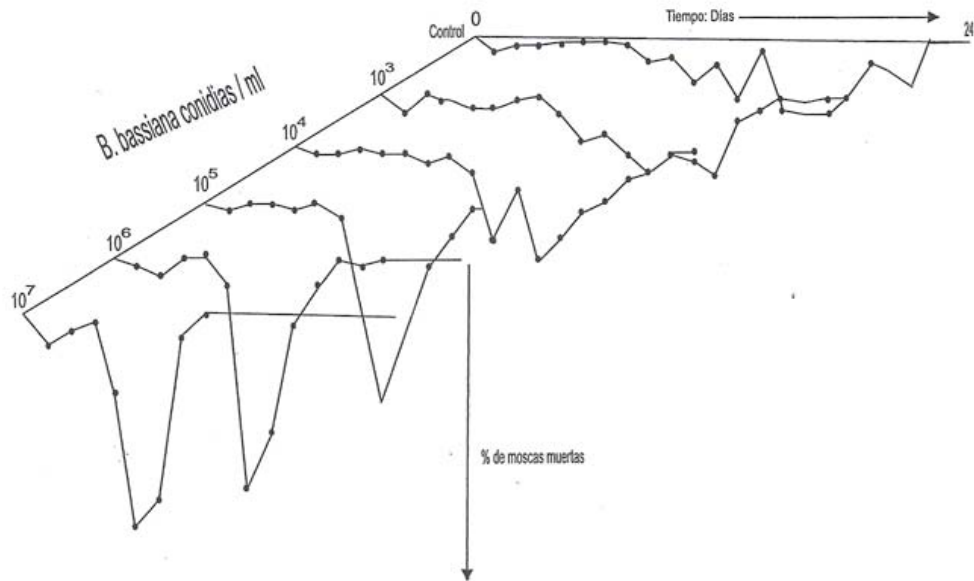


Figura 4. Paisaje epigenético análogo a la interpretación según Waddington, de la mortalidad de moscas en función de la concentración del hongo entomopatógeno, *Beauveria bassiana* y el tiempo.

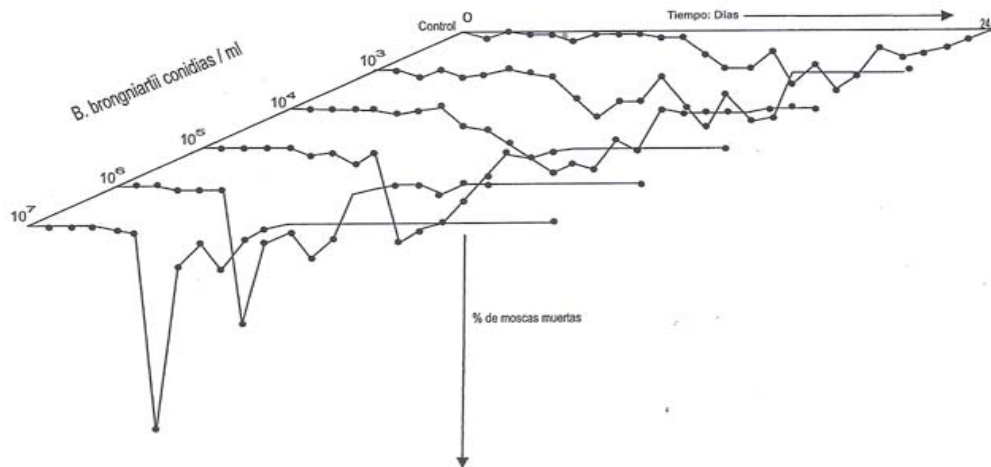


Figura 5. Paisaje epigenético análogo a la interpretación según Waddington, de la mortalidad de moscas en función de la concentración del hongo entomopatógeno, *Beauveria brongniartii* y el tiempo.