

SIMULACION DE UNA COLMENA DE ABEJAS CON EL SISTEMA EXPERTO STELLA

ING. CESAR JARAMILLO UCPR

CITAS

La Industria de un país no podrá conquistar una posición dirigente internacional ni podrá conservarla si ese país no se encuentra al mismo tiempo a la cabeza del progreso en el ámbito de las CIENCIAS NATURALES.
Werner Von-Siemens1883

No son los portadores de títulos y dignidades. que des fijan ante las candilejas de la escena publica los que garantizan el crecimiento económico y el progreso social, sino el genio de los físicos y los biólogos, de los químicos y de los ingenieros que trabajan en silencio.

O. H. Eglau 1983

INTRODUCCION

El presente informe contiene una descripción general del modelo de SIMULACION de una COLMENA DE ABEJAS usando la técnica llamada SISTEMAS DINAMICOS, y los resultados preliminares de la corrida de ese modelo con ayuda del SISTEMA EXPERTO STELLA de la Macintosh

Este informe es solo una breve presentación de la Investigación Total

LA SIMULACION Y ALGUNAS CLASES DE SIMULACION

Es reconocido el inmenso poder de la Simulación como herramienta de análisis para cualquier tipo de modelo, sea icónico, análogo o simbólico.

Con el advenimiento primero del computador, y luego del microcomputador, la Simulación pasó de ser una herramienta calera a un primer puesto dentro de las técnicas que componen el gran conjunto llamado Investigación de Operaciones.

Y actualmente ya se reconocen varias clases de Simulaciones. En la FIGURA 1 vemos los nombres de algunas de esas clases y los nombres de algunos de los lenguajes de computador más usados para programar cada clase.

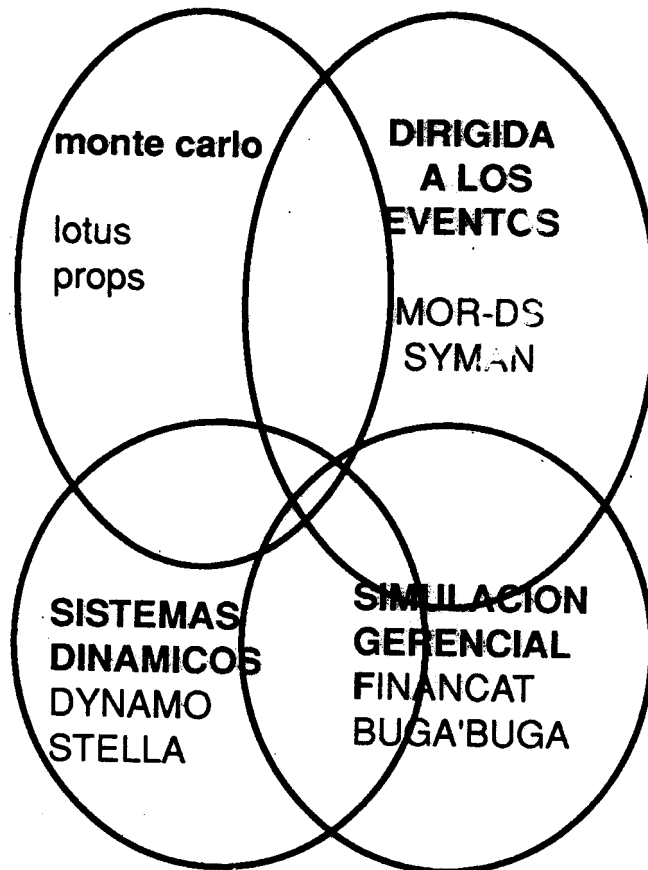
La Simulación bajo un ENFOQUE SISTEMICO fue la base de la técnica de Simulación llamada SISTEMAS DINAMICOS diseñada e impulsada por Jay W. Forrester del MIT.

De amplio uso, los modelos de SISTEMAS DINAMICOS ,son muy populares a nivel académico, industrial, económico, social y natural.

Ente ellos se pueden mencionar: World Dynamics, Industrial Dynamics y Urban Dynamics.

TIPO DE SIMULACION

FIGURA 1



Su elemental filosofía: " EN LA NATURALEZA TODO SON FLUJOS, NIVELES O VARIABLES AUXILIARES CONECTADAS ENTRE SI". nos permite fácilmente crear modelos para simular cualquier cosa.

En un principio solo contábamos con el FORTRAN, y llamando subrutinas desde un programa principal conformábamos los programas para simular.

Con la tercera generación de computadores, (los 360), vino el primer "Lenguaje" de simulación para Sistemas Dinámicos. Se llamó DYNAMO, (de DYNAMics MOdels), y era más un emulador que traducía de Sistemas Dinámicos a Fortran, que un lenguaje en sí.

Por el año de 1988 tuvimos la primera noticia (1) de un SISTEMA EXPERTO para simular SISTEMAS DINAMICOS. En 1990 (2) la segunda, una evaluación de dicho sistema. Y principios de 1991 contamos con él.

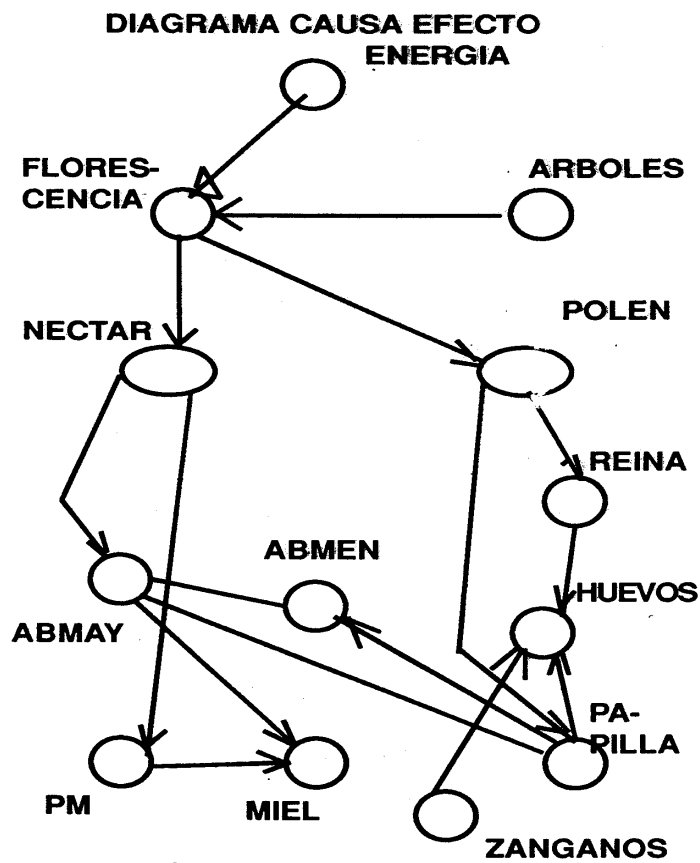
Se llama Stella, (Structural Thinking Experimental Learning Laboratorywith Animation), y con el estamos simulando una COLMENA DE ABEJAS.

DIAGRAMA CAUSA -EFECTO

Consideramos una COLMENA DE ABEJAS como un SISTEMA DINAMICO donde una familia de abejas. (reina, abejas y zánganos), sometidos a energía solar, rodeada de arbustos que florecen y con la ayuda de ciertos procesos naturales. termina produciendo y almacenando miel.

El comportamiento dinámico de ese sistema está regulado por unas relaciones CAUSA-EFECTO como las presentadas en la FIGURA 2.

Ese diagrama CAUSA-EFECTO nos ayuda a comprender el Modus Operandi del proceso, prácticamente nos define las variables y su naturaleza y nos ayuda grandemente a genial el modelo de SISTEMAS DINAMICOS de la COLMENA.



MODELO DE SISTEMAS DINAMICOS.

Una vez comprendidas las dinámicas de las causas y los efectos, procedemos a representar las variables identificadas, como flujos, niveles, relaciones y variables auxiliares, pudiendo conformar con ellas los diferentes subsistemas que componen el sistema total.

Cada subsistema se explicará brevemente más adelante.

En la FIGURA 3 tenemos el MODELO DE SISTEMAS DINAMICOS DE UNA COLMENA DE ABEJAS.

Tres subsistemas: Florescencia, Néctar y Polen existen alrededor de la Colmena,

Mientras que los otros: Reina, Abejas, Miel, Papilla y Zánganos son subsistemas internos de la colmena.

Subsistemas internos y externos se comunican por las abejas mayores o pecoreras que llevan el néctar y el polen desde las flores hasta la colmena.

En total tenemos 10 variables de Nivel, que son reguladas por 18 variables de Flujo. y tenemos 5 variables Auxiliares.

y ahora describamos con cierto detalle cada uno de los subsistemas.

SUBSISTEMA ENERGIA-FLORESCENCIA

La figura 4 nos muestra el subsistema Energía-Florescencia.

Las Flores aparecen como consecuencia de la energía que los árboles reciben del sol.

Existe una relación no lineal pero directa entre la cantidad de Energía Solar y la Aparición de la Floración.

MODELO DE SISTEMAS DINAMICOS

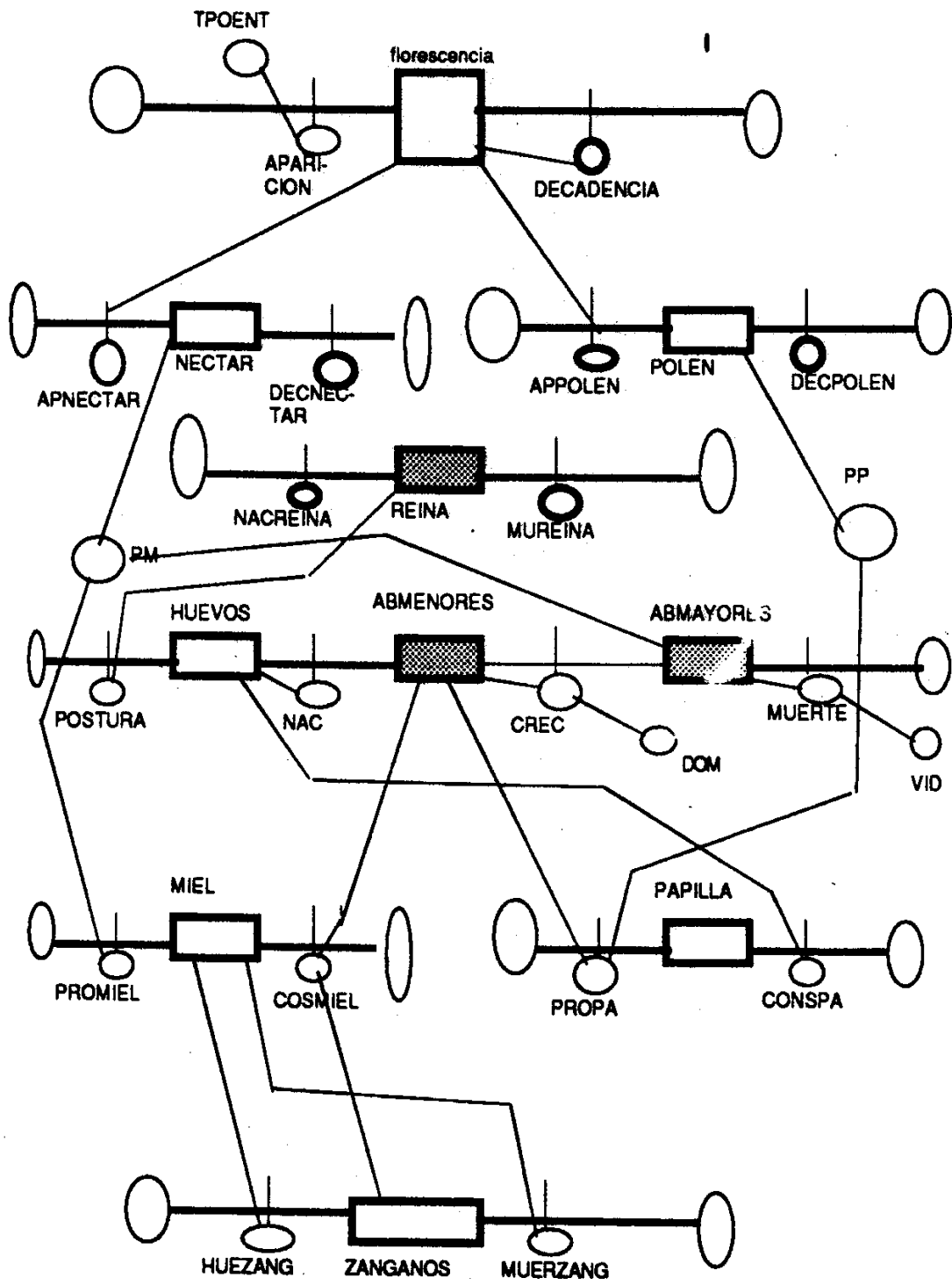


FIGURA 3

Esa cantidad de Energía se puede medir con las curvas de Precipitación Pluviométrica o con curvas de temperatura.

En las regiones cafeteras se expresa de manera muy sencilla: después de un verano muy fuerte se produce una gran floración y ;una gran cosecha.

De todas maneras eso define el ciclo de 180 días escogido para simular el modelo, lo que puede ser un invierno y un verano

consecutivos. Las flores tienen una vida corta. Las del cafetero 3 ó 4 días, de manera que su decadencia es únicamente función de su edad.

SUBSISTEMA NECTAR

En la figura 5 podemos ver el subsistema Nectar. Las flores producen néctar y polen.

Las abejas pecoreadoras recogen ese néctar en su primer estomago, y dejan pasar al segundo la cantidad que necesitan para alimentarse y vivir.

y el que no necesitan lo "vomitan" en celdas especiales dentro de la colmena, y ese es el que posteriormente queda convertido en miel.

Se pudiese pensar en un solo subsistema NECT AA-MIEL, pero no se hace puesto que un producto, (el néctar), es externo a la colmena, y el otro, (la miel), es interno.

Muchos animales de la naturaleza compiten por el néctar de las flores. El pájaro llamado colibrí está entre ellos.

El flujo de decadencia del néctar lo consideramos una función temporal

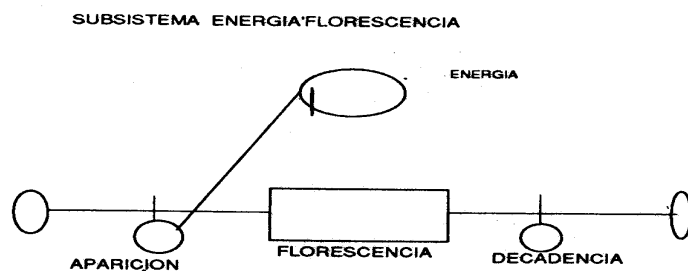
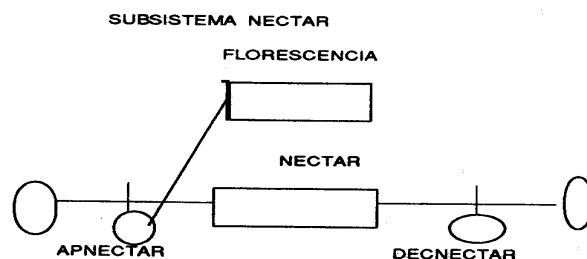


FIGURA 4



su vida como Abeja Mayor, recolectando néctar y polen en las flores, y llevando los hasta la colmena.

La muerte de esas Abejas Mayores es una función temporal.

SUBSISTEMA REINA.

En la figura 8 vemos el subsistema Reina.

Durante el período simulado de 180 días, se considerará que no hay cambio en la cantidad de reinas de la colmena, será una sola y no morirá.

Es motivo de futuras hipótesis considerar las apariciones de otras reinas, generalmente ante un aumento de la población de Abejas Mayores en la colmena.

Por éste motivo, en el modelo, los dos flujos; que controlan el nivel Reina, carecen de valor.

SUBSISTEMA MIEL-PAPIIIA

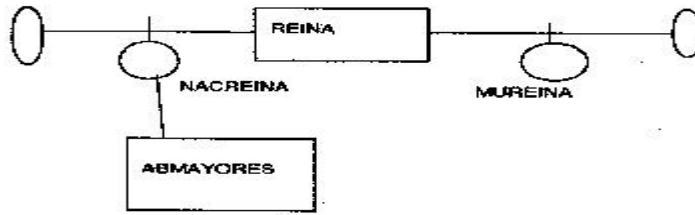
En la figura 9 podemos ver los niveles y los flujos de éste subsistema.

De la colmena se pueden extraer muchos productos finales: Propóleos, Ceras, Jalea Real, Miel, Polen, Reinas, etc. De éstos solamente dos son de interés en el modelo.

La producción de Miel es directamente proporcional a la floración y a la cantidad de Abejas Mayores vivas en la colmena, pecoreando en los alrededores.

y el consumo de Miel depende de la cantidad de Zánganos y de Abejas Menores que habitan en la colmena.

SUBSISTEMA REINA



SUBSISTEMA ZANGANOS



FIGURA 10

SUBSISTEMA MIEL PAPILLA

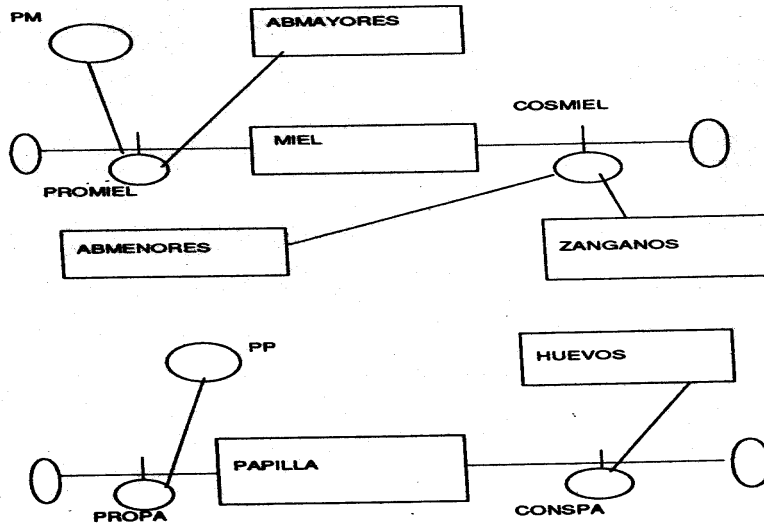


FIGURA 9

La producción de Papilla depende de la Floración y de las Abejas Menores y el consumo de Papilla depende de la cantidad de Huevos, pues el uso principal de la Papilla dentro de la colmena es servir de alimento a los huevos y a las larvas.

SUBSISTEMA ZANGANOS

En la figura 10 vemos el subsistema Zanganos.

Nacen de huevos puestos por la Reina en celdas especiales y se mueren de hambre o de viejos.

La abundancia de Zánganos en la colmena puede llegar a afectar muy significativamente el consumo de la miel.

Pero esa abundancia está estrechamente ligada con el próximo nacimiento de una nueva Reina.

Todos éstos subsistemas son representativos de lo que se conoce como organización Partenogenética. Ese tipo de organización es muy popular en muchos insectos.

En la descripción de los subsistemas se han omitido, buscando claridad, las variables auxiliares y los conectores que comunican las variables de unos subsistemas con las de otros.

USO DEL MODELO

El modelo se considera la representación aproximada de la colmena popular compuesta inicialmente por una Reina fecundada y unas 10000 abejas viviendo en una cámara de cría y dos medias alzas.

Con éstas condiciones iniciales se valida el comportamiento del modelo. Una vez satisfechos se pueden probar varias hipótesis:

1. Diferentes curvas de Floración. Equivale a situar la misma colmena en otros subsistemas de Florecencia como puede ser un Marañal o un Maizal.
2. Viviendas más grandes. Por ejemplo la misma familia en dos cámaras de cría y tres medias alzas. Esto afecta el subsistema Abejas.
3. Colmenas con dos Reina, lo que hace cambiar el subsistema Reina con grandes aumentos de valores en el subsistema Abejas.
4. Cambio periódico de Reina. Hay apicultores que recomiendan MATE LA REINA TODOS LOS AÑOS, lo que genera nuevos patrones de comportamiento de la postura.

EJEMPLOS DE LAS SALIDAS.

En las FIGURAS 11,12,13, Y 14, podemos observar ejemplos de las salidas gráficas de la simulación producidas por STELLA.

Se pueden obtener de manera gráfica y de manera tabular.

Aunque los valores representados en las gráficas están siendo sometidos a procesos de validación, si se pueden ya interpretar algunas cosas sobresalientes.

1. En la FIGURA 12 se puede observar claramente el efecto de DEMORA que sufre un huevo de abeja para volverse ABEJA MENOR y luego para volverse ABEJA MAYOR.

2. En la FIGURA 11 también podemos ver ese efecto de DEMORA que se presenta en la flor. Primero viene la flor y días después vienen el néctar y el polen.

3. La FIGURA 13 nos ilustra el fenómeno conocido en la Apicultura con el nombre de REINA ZANGANERA, caracterizado por un gran incremento de zanganos en la colmena.

4. En la FIGURA 13 podemos observar una oscilación de la cantidad de MIEL almacenada en la colmena, posible consecuencia de una modificación en el comportamiento de la floración

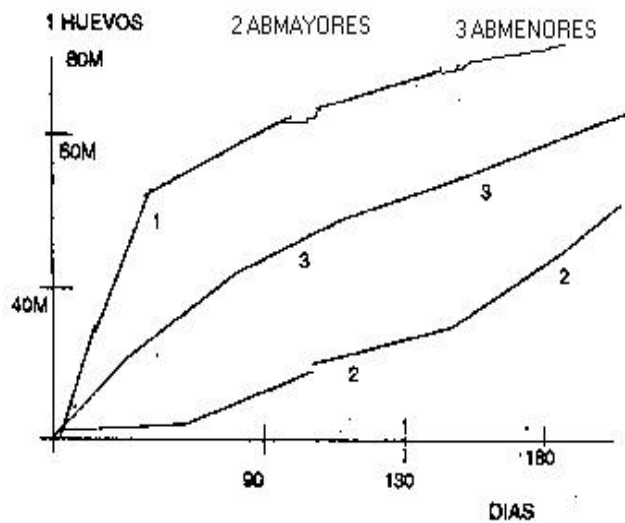


FIGURA 12

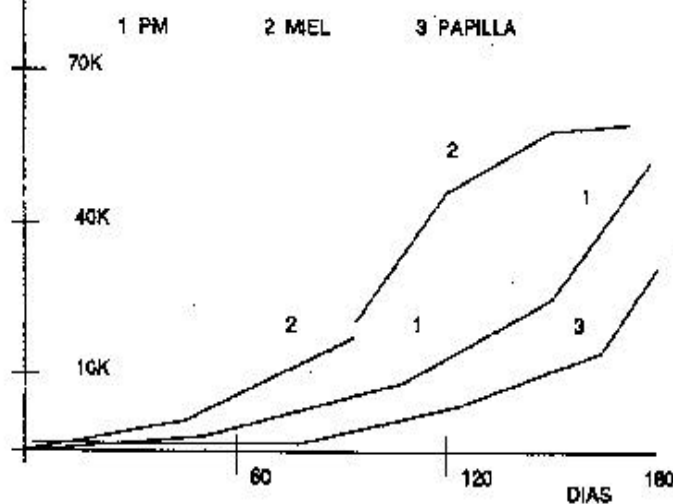


FIGURA 13

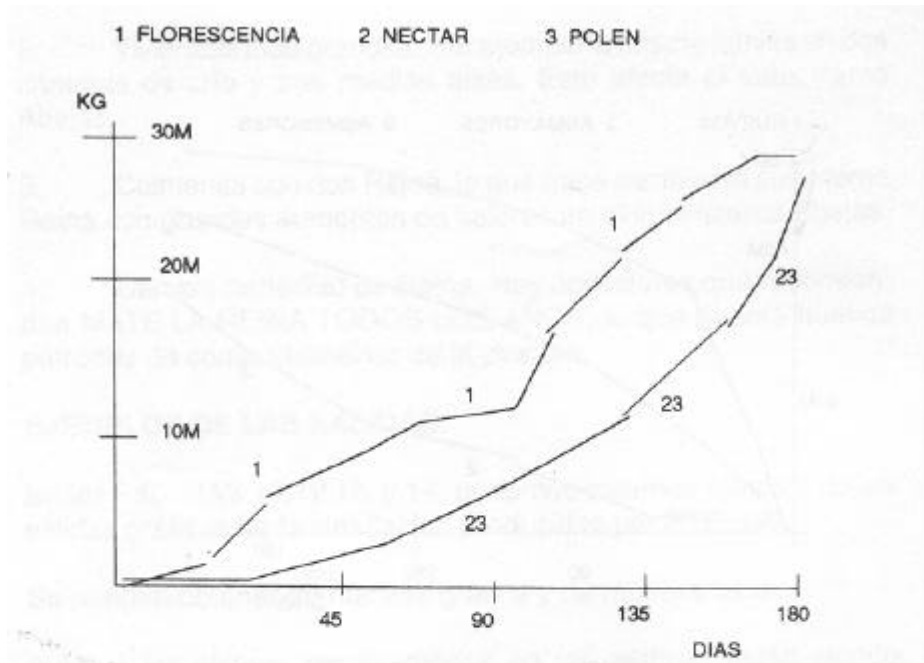


FIGURA 11

Y la FIGURA 14 nos muestra un ejemplo de una tabla de los valores de salida de algunas de las variables del modelo.

Time	Huevos	Florescencia	Miel	Nectar	Abmayores
137.000	39964.504	28871.371	2.76e-16	18570.715	70440.688
138.000	39966.000	29024.000	5.3e-16	18859.000	70970.000
139.000	39996.000	29176.000	5.3e-16	19149.000	70400.000

EL PROGRAMA

En la FIGURA 15 podemos ver el listado del programa que el SISTEMA EXPERTO STELLA genera a partir del "diagrama de SISTEMAS DINAMICOS.

En el primer segmento encontramos en orden alfabético las ecuaciones y los valores iniciales de las variables de Nivel.

En el segundo segmento, y también en orden alfabético aparecen las ecuaciones de las variables de FLUJO y de las variables auxiliares.

y por último, la distribución tabular de las funciones definidas gráficamente.

FIGURA 15

abmayores=abmayores+CRECIMIENTO- MUERTE
INIT (abmayores)=8000
Abmenores=abmenores+nac-CRECIMIENTO
INIT (abmenores)=2000 Florecencia=florecencia-decadencia+APARICION
INIT (florecencia)=0
huevos=huevos+postura-nac.
INIT (huevos)=0
miel=miel+promiel-cosmiel
INIT (miel)=0
Nectar=n ectar +apn ectar -decnectar
INIT(nectar)=0
papilla=papi lla+propa-conspa
INIT(papilla)=0
paje n =po len +appolen -decpolen
INIT (polen)=0
reina=reina +nacreina-mureina
INIT(reina)=1
zanganos=zanganos+herzang-muerzang INIT(zanganos)=10
decadencia=florecencia *0.001
decnectar=0.001
decpolen=0.0001
hezangh=0.0001 *miel
MUERTE=3000
muerzang=0.00001 *miel
mureina=0.0
nac=0.9*huevos
nacreina=0.00
P M=n ectar* o .5abm a yo res
promiel=0.1 *PM
propa=0.5*PP*0.4 * abmenores
TPOENT = TIME
APARIC ION=graph(TPOENT)
0.0-160.000
18.000-140.000

CONCLUSIONES

1. La generación de un programa a partir de un diagrama revoluciona el concepto de PROGRAMACION.
2. Existiendo ya Sistemas Expertos de Simulación como el STELLA, no se justifica el estudio de lenguajes de Simulación.
3. El Sistema Experto STELLA, con la ayuda del ratón, reduce el trabajo manual a cantidades mínimas, permitiendo que el analista dedique más tiempo a labores intelectuales.
4. Con el sistema Experto STELLA, el uso de técnicas de Simulación como los SISTEMAS DINAMICOS, queda al alcance de cualquier analista.
5. La Simulación de Sistemas Biológicos es óptima con los SISTEMAS DINAMICOS y el STELLA.
6. El STELLA sobresale sobre las demás herramientas de simulación cuando se trata de una comparación de salidas.
7. La ANIMACION de la corrida de SIMULACION brindada por el STELLA nos permite VER y ENTENDER lo que está pasando con las variables simuladas.