

**ENSEÑANZA Y PRACTICA DE LA DINAMICA  
DE SISTEMAS EN GEOGRAFIA: EL  
PROGRAMA STELLA™.**

**Joseba JUARISTI**

**Departamento de Geografía, Prehistoria y  
Arqueología  
Universidad del País Vasco  
Marqués de Urquijo s/n  
E-01006 Vitoria-Gasteiz**

**INTRODUCCION**

Es muy popular entre los geógrafos la idea de que nuestra disciplina trata con una gran variedad de sistemas, en particular con aquellos que relacionan las actividades humanas con el ambiente, buscando explicaciones a las distribuciones y los procesos espaciales. Siendo así, un componente fundamental en la preparación de los geógrafos debería ser el conocimiento del pensamiento de sistemas, y las posibilidades prácticas que éste ofrece.

El planteamiento sistémico no es, en este sentido, una materia más a añadir a una lista que puede ir creciendo de forma desmesurada al tratar de incorporar todas las novedades que se crean en diferentes rincones del ámbito científico, o en las tecnologías de apoyo a la enseñanza e investigación, sino un planteamiento que ayuda a renovar materias y campos de estudio tradicionales, partiendo de una renovación de nuestros propios esquemas mentales en cuanto a la comprensión de las relaciones entre los elementos en el espacio y en el tiempo.

Frente a los métodos analíticos , que han ocupado durante mucho tiempo gran parte del territorio de la Geografía Cuantitativa, los métodos de sistemas han ido avanzando, presentándose como un complemento interesante en los métodos de la geografía moderna, tal como resalta Bosque Sendra (1988).

Sin embargo, la enseñanza de los conceptos de sistemas ha estado muchas veces limitada por problemas de operatividad. Algunas monografías trataron de resaltar el interés del planteamiento aportando definiciones interesantes, como Chorley y Kennedy (1971), o Huggett (1980). En nuestro país, Murcia Navarro (1979) realizó una lectura sistémica de la Geografía Urbana. No obstante, como innovaciones que llegan a un medio que es incapaz de acogerlas, tanto por falta de preparación de los geógrafos, como por falta de medios materiales en las universidades y departamentos, es posible que las corrientes sistémicas manifestaran ciertos rasgos de premadurez: empleo indiscriminado de la terminología de sistemas dentro de análisis mas o menos tradicionales. No es de extrañar, a este respecto, que en 1969 Harvey escribiera: "... parece que el uso de los conceptos de sistemas y el análisis de sistemas no han alcanzado un status operativo poderoso en geografía. En parte se debe a la complejidad del propio método, que si se emplea a fondo, lleva consigo técnicas matemáticas fuera del alcance de la mayoría de los geógrafos."( HARVEY, 1983 p. 466).

El tema de esta comunicación, dirigida a una ponencia sobre apoyo informático a la enseñanza e investigación en Geografía, trata de una herramienta que salva muchas dificultades operativas en la enseñanza y práctica de la Dinámica de Sistemas (DS). Como ya es bien conocido, la Dinámica de Sistemas es un subconjunto del pensamiento sistémico desarrollado como técnica para representar y simular el

comportamiento de sistemas complejos en el tiempo, permitiendo obtener conclusiones respecto a la explicación de comportamientos dinámicos, en los diferentes aspectos de proyección, previsión y simulación (Martínez y Requena, 1986, p. 33).

Aunque existen modelos matemáticos dinámicos desde hace muchos años, la DS, como lenguaje estructural para representar sistemas fue creada por Forrester a finales de los años sesenta. Desde entonces ha demostrado su versatilidad y aplicabilidad a numerosos campos. Su popularización en España ha sido impulsada por Aracil (1979), y más recientemente por Martínez y Requena (1986), a cuyos textos nos remitimos para un conocimiento más detallado de esta metodología. En el campo de la geografía y las ciencias sociales, el trabajo de Bosque Sendra (1988) puede considerarse un buen resumen de la misma.

El producto informático que comentamos aquí, el programa STELLA™, ha sido diseñado especialmente para acercar esta técnica a la enseñanza e investigación, permitiendo un aprendizaje intuitivo del lenguaje estructural, sin un recurso a las matemáticas complejas.

### **1. Características del programa STELLA.**

STELLA es un producto de software desarrollado por HPS ( High Performance Systems) que funciona en ordenadores Macintosh. La versión 2.01, que es la que aquí comentamos, existe tanto para el Macintosh Plus como para el Mac II. Según afirman los fabricantes, en la versión para el Mac II, la velocidad de ejecución de los modelos es del orden de 15 a 20 veces más rápida que la versión para el Macintosh Plus o para el Mac SE.

La versión para el Macintosh Plus ocupa 204 k de memoria, y viene acompañada por algunos modelos que

sirven para el aprendizaje de procesos dinámicos simples, subsistemas genéricos, y un conjunto de modelos listos para su ejecución en economía, biología, psicología, medicina, historia, etc., que dan cuenta de la amplia aplicabilidad de esta técnica.

Las siglas STELLA corresponden al nombre "Structural Thinking Experimental Learning Laboratory with Animation", aunque como sucede con muchos nombres comerciales eufónicos, puede verse una interpretación a posteriori de las siglas. Por otra parte, el nombre comercial "STELLA for Education" puede llevar al equívoco de que se trata de una aplicación limitada a su uso didáctico, limitada en la complejidad de los modelos, cuando en realidad no es así: el tamaño de los modelos, construídos sobre un diagrama gráfico, sólo está limitado por la capacidad de memoria del ordenador, y como es lógico, el tamaño del modelo sólo afecta a la velocidad de ejecución del mismo.

## **2. Aspectos didácticos.**

Las ventajas del programa STELLA no sólo residen en el fácil aprendizaje del manejo del programa. Cualquier usuario que conozca el sistema operativo del Macintosh podrá familiarizarse en pocas horas con el funcionamiento del programa. Sin embargo, es mucho más importante una preparación conceptual y un ejercicio en el desarrollo de diagramas causales lo que permitirá hacer mas eficaz la tarea de crear modelos. En este sentido, el manual del programa, desarrollado por B. RICHMOND, es un buen instrumento para tal preparación: en él se insiste en la necesidad de expresar nuestros modelos mentales causales en términos de pensamiento circular, establecer los conceptos de forma clara, distinguir los bucles de realimentación positiva y negativa, así como en sugerir las diferentes estrategias para la creación de modelos, partiendo de una alta

simplicación y añadiendo posteriormente un mayor grado de complejidad.

Todo ello constituye un primer paso antes de comenzar a construir el diagrama estructural en el ordenador. Este aspecto es la base del pensamiento de sistemas - el pensamiento antiintuitivo - sobre el que se puede apoyar una renovación curricular. Como técnica, la DS es tan ubicua que existen ya algunos proyectos educativos en segunda enseñanza basados en la misma: el proyecto STACI (Structural Thinking and Curriculum Innovation), es una muestra de ello. Apoyado en los conceptos de sistemas y en la utilización del programa STELLA, este proyecto, dirigido por la profesora Ellen Mandinach del Educational Testing Service de Princetown, tiene como finalidad el comprobar los efectos y potencialidades de la utilización del método de sistemas en los currícula actuales de las escuelas secundarias, tanto para la enseñanza de asignaturas de contenido específico, como en las habilidades para resolver problemas generales. Este proyecto se lleva a cabo en la Brattleboro Union High School de Vermont, y consiste en la implantación de la DS en un programa de dos años en el que se cursan las materias de Ciencias Físicas, Biología y Química, además de un curso experimental denominado "Guerra y Revolución". (MANDINACH, 1989).

La facilidad del manejo de STELLA por parte de los estudiantes reside, en primer lugar, en que se minimizan las habilidades matemáticas y de programación. Efectivamente, hasta hace poco tiempo, la construcción de modelos de este tipo estaba limitada por la necesidad del aprendizaje de un lenguaje informático (Basic, Fortran, etc.). Aun en el supuesto de que el programador conociera las subrutinas básicas para establecer las ecuaciones diferenciales - y en este sentido hay algunas publicaciones que introducen a ello,

por ejemplo, MASON y STOCKS (1987) - gran parte del esfuerzo dedicado a ello se utilizaba en los aspectos "cosméticos" de la programación: obtener salidas tabuladas, subrutinas gráficas, etc. Otra solución era el disponer de programas desarrollados sobre la base del lenguaje DYNAMO, ya comentado por Bosque Sendra (1988). Una segunda ventaja del programa STELLA consiste en que el usuario se centra en especificar la lógica de los modelos partiendo directamente del diagrama estructural, y desde el menú principal obtener listados de las ecuaciones, tablas con los datos de interés y salidas gráficas, así como cambiar el tiempo de simulación, la escala de representación o el método de cálculo, aspecto este último para el cual el programa permite el método de Euler, o los de Runge-Kutta de orden 2 y 4.

La diagramación estructural se realiza utilizando únicamente cuatro elementos estructurales, basados en una simplificación de los elementos de Forrester: Nivel, Flujo, Convertidor y Conector. Los autores del programa han obviado la distinción entre "canal de material" y "canal de información", debido a que muchas cantidades no materiales se pueden representar por Flujos y Niveles, y por el hecho de que un conector (representado por una flecha simple) puede transmitir cantidades materiales.

Las variables de estado se representan mediante niveles (rectángulos), mientras que las variables auxiliares se representan mediante convertidores (un círculo simple). El convertidor se utiliza indistintamente para representar variables exógenas y endógenas, tasas y funciones gráficas o de tabla. Los flujos que llenan o vacían los niveles se representan con una flecha de trazo doble, que lleva asociado un convertidor y las "nubes" que establecen los límites del sistema.

Para la creación de diagramas estructurales es preciso un cierto ejercicio sobre las normas "gramaticales" del lenguaje estructural: así, las cantidades representadas por niveles o acumulaciones sólo pueden cambiar mediante flujos, y las variables auxiliares pueden cambiar, aunque no acumulan, por las cantidades representadas por otros niveles u otras variables. Estas a su vez no se pueden colocar de forma circular, ya que no se permite un cambio instantáneo dentro de un bucle. El programa envía mensajes de error cuando no se siguen estas normas gramaticales.

### **3. Utilización del Programa.**

Como hemos señalado anteriormente, la construcción de modelos dinámicos es una tarea en la cual la fase de conceptualización es decisiva para el establecimiento de la lógica de las relaciones causales entre los elementos del sistema. En el ejemplo que mostramos ahora seguiremos estos pasos previos antes de construir el diagrama estructural en el ordenador. Este ejemplo se refiere a la creación de un modelo dinámico simple de base económica urbana o regional.

La presentación de la teoría de base económica en muchos manuales introductorios se limita, por lo general, a los aspectos estáticos. La teoría establece, en resumen, que el empleo de una ciudad o una región puede considerarse dividido en dos sectores: un sector básico o exportador, que obtiene rentas del "exterior", y un sector servicios dedicado a la población residente en el que se "quemán" las rentas obtenidas desde fuera. La principal variable exógena es, por tanto, el empleo básico del que dependerán otras cantidades como el empleo en servicios o la población total. Una forma habitual de presentación es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Empleo básico} + \text{Empleo servicios} &= \text{Empleo total} \\ \text{Población} / \text{Empleo Total} &= \text{Multiplicador del empleo} \\ \text{Servicios} / \text{Población} &= \text{Nivel de servicios per cápita} \end{aligned}$$

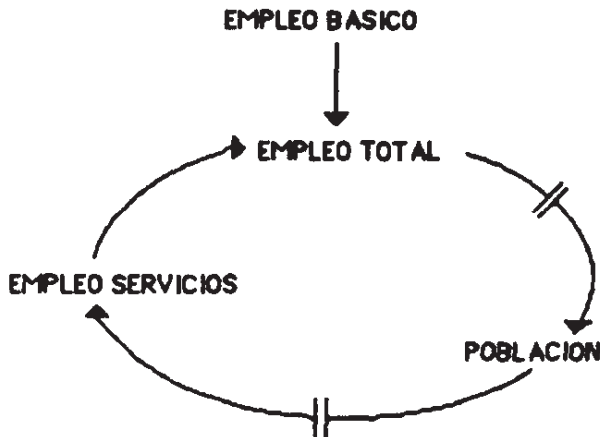
A la hora de presentar esta teoría, sobre la que se apoyan muchos modelos urbanos - desde el modelo de Lowry al modelo de Allen - los cambios en el empleo total y la población como respuesta a los cambios en el empleo básico se suelen basar en el supuesto de que ciertas relaciones permanecen constantes en el tiempo: así el multiplicador del empleo, o el nivel de servicios per cápita. Además, al no especificar la dimensión temporal, puede parecer que los cambios suceden instantáneamente.

Una modelización dinámica de esta teoría nos permite cambiar estos supuestos, añadir algunos nuevos, observar como responde el sistema a los diferentes formas de cambio del empleo básico, o introducir este modelo como parte o subsistema de un sistema más complejo.

El punto de partida para ello lo constituye un diagrama causal en el que se relacionan los principales conceptos en el tiempo ( gráfico 1).

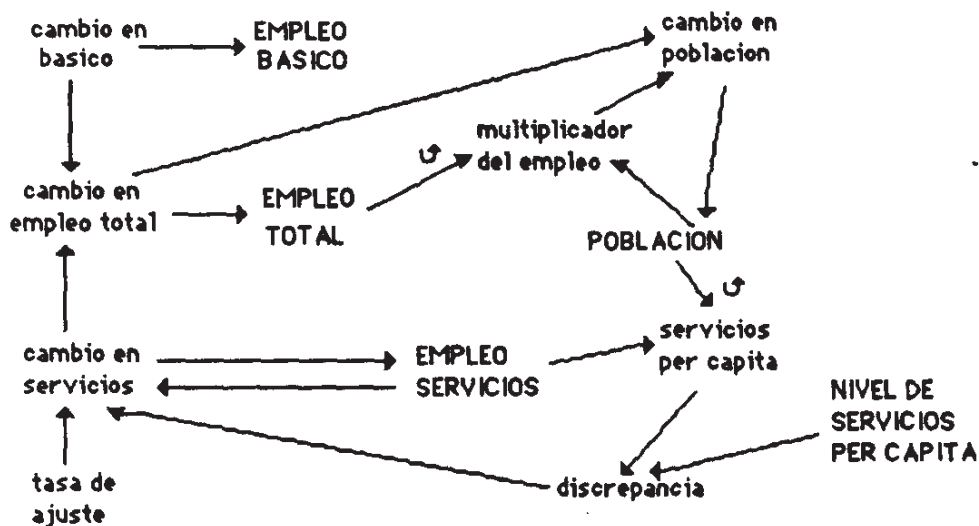


Gráfico 1.



En este diagrama las líneas apuntan de la causa al efecto, y las líneas que interrumpen las flechas indican retrasos en el tiempo, i.e., los cambios no suceden instantáneamente. Sin embargo, este diagrama es una gran simplificación: representa una variable exógena (el empleo básico), que incide en un sistema de causación acumulativa, aparentemente, un bucle de realimentación positiva. Si tratamos de desagregar este diagrama en conceptos que suponen flujos, y conceptos que suponen acumulaciones (niveles), obtendremos el diagrama representado en el gráfico 2.

Gráfico 2.



En este nuevo diagrama, además de la desagregación indicada hemos considerado un factor regulador: el crecimiento que el empleo básico induce en la población hace que el nivel de servicios per cápita disminuya. La percepción de esta disminución por parte de los agentes económicos ( empresarios, sector público, etc ) llevará a la creación de nuevos empleos en el sector servicios hasta alcanzar el nivel de servicios inicial. Ciertamente, el nivel de servicios per cápita puede variar de acuerdo con otros factores exógenos, lo que apunta a posibles ampliaciones del modelo. Este factor regulador es un proceso simple que puede denominarse "ajuste de nivel": implica un bucle de realimentación negativa que impide que el sector servicios aumente o disminuya por encima de un determinado valor. La tasa de ajuste nos indica la velocidad con la que el sistema reacciona para mantener el nivel de servicios.

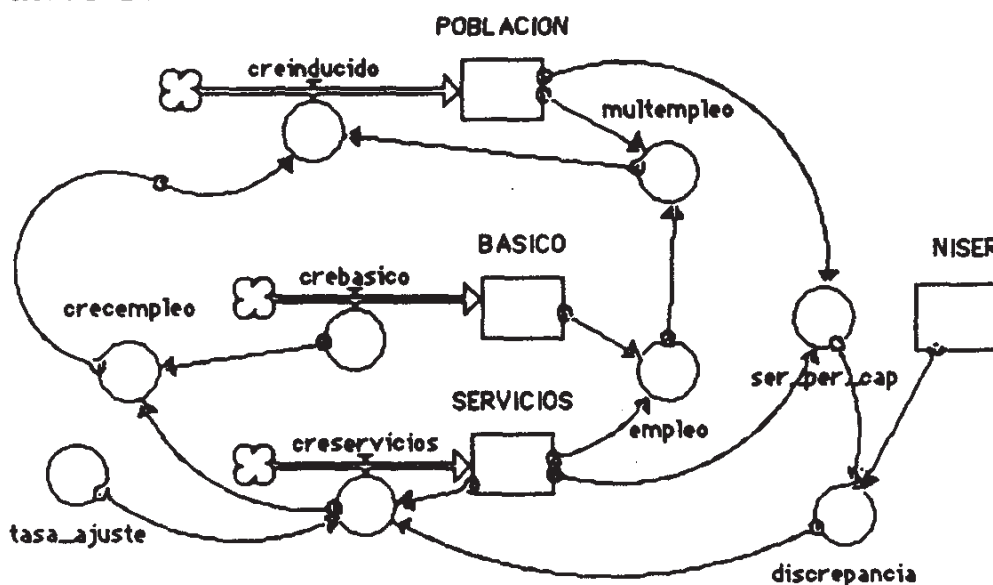
Una vez establecido el marco lógico del modelo, el siguiente paso es la creación del diagrama estructural

sobre la ventana "diagrama" del STELLA. Esta ventana contiene, sobre el margen izquierdo, los cuatro elementos estructurales: Nivel, Flujo, Convertidor y Conector, y por debajo de ellos tres herramientas que permiten colocar estos elementos en forma de diagrama, seleccionar, borrar, dar nombres a las variables, o copiar cualquier variable en otra parte del diagrama. La ventana permite efectos "zoom", y también añadir nuevas "hojas" al diagrama de forma ilimitada.

El gráfico 3 representa el diagrama estructural creado con STELLA, correspondiente al modelo de base económica. Como puede observarse, se ha modelado el multiplicador del empleo como una variable, a diferencia de la consideración estática del modelo. El nivel de servicios per cápita se ha modelado como un nivel - aunque podría haberse realizado como un convertidor - debido a dos razones: la primera, porque este nivel toma la forma algebraica de la relación de los valores iniciales de servicios/población, y esto sólo puede hacerse con un nivel, y en segundo lugar, porque este nivel nos permitiría conectar un flujo y hacer que este varíe de acuerdo con otros factores exógenos.

Así presentado, el modelo se encuentra en estado estacionario: no existirían cambios sino se producen cambios en el empleo básico, y los valores de las variables no son dados "desde fuera", sino que se definen por las relaciones entre los valores de los niveles. Estos valores de niveles pueden obtenerse a partir de datos reales, o simplemente dar valores inventados para observar el comportamiento del sistema. Únicamente la tasa de ajuste es un valor dado. Su significación es algún valor inverso al tiempo de ajuste. Si esta tasa es la unidad, el ajuste del nivel de servicios per cápita es instantáneo.

Gráfico 3.



En el proceso de construcción del diagrama aparecen unas interrogaciones sobre los símbolos de las variables, que exigen una definición algebraica de las mismas, por ejemplo,  $\text{empleo} = \text{BASICO} + \text{SERVICIOS}$ , o que se den unos valores iniciales a los niveles. Una vez que han desaparecido todas las interrogaciones, el modelo está listo para su ejecución. El listado de las ecuaciones se obtiene a partir del menú "window". En este caso las ecuaciones son las siguientes:

```
{Initialization equations}
INIT(BASICO) = 200
INIT(SERVICIOS) = 200
INIT(POBLACION) = 1000
INIT(NISER) = INIT(SERVICIOS)/INIT(POBLACION)
crebasico = PULSE(50,10,1000)
ser_per_cap = SERVICIOS/POBLACION
discrepancia = (NISER-ser_per_cap)/NISER
tasa_ajuste = 1/2{inversa al tiempo de ajuste}
creservicios = SERVICIOS*tasa_ajuste*discrepancia
creempleo = crebasico+creservicios
```

empleo = BASICO+SERVICIOS  
multempleo = POBLACION/empleo  
creinducido = SMTH1(crecempleo\*multempleo,5)  
{Structure equations}  
BASICO = BASICO + dt \* ( crebasico )  
NISER = NISER {nivel inicial de servicios per cápita}  
POBLACION = POBLACION + dt \* ( creinducido )  
SERVICIOS = SERVICIOS + dt \* ( creservicios )

Conviene explicar, en este punto, el significado de algunas relaciones algebraicas. La variable "discrepancia" establece una comparación entre el nivel inicial de servicios per cápita y los servicios per cápita existentes, de tal forma que esta variable puede tomar valores entre cero y la unidad, de tal forma que cuando la discrepancia es muy grande, el crecimiento del sector servicios es también grande para poder ajustarse a él.

La principal variable exógena, el crecimiento del sector básico, se ha modelado de acuerdo con una función "prefabricada" (builtin), incluida en el menú de definición de variables. En este caso la función PULSE(50,10,1000), trata de simular la creación de 50 empleos en el sector básico, en el instante 10 ( años, si el tiempo de simulación es en estas unidades), con un intervalo de repetición de 1000 años( en este caso se ha dado este valor para que la repetición del PULSE quede fuera del tiempo de simulación del modelo).

Otra función "builtin", incluida aquí es SMTH1, referida a que el crecimiento inducido en la población por el crecimiento del empleo no es instantánea, sino que se "suaviza" ( del inglés smooth ), en este caso en un período de cinco años. Las funciones builtin del programa incluyen funciones de entrada (PULSE,RAMP, STEP), funciones matemáticas ( incluyendo máximos, mínimos, módulos ), funciones lógicas, funciones financieras, y funciones especiales, como la función DELAY para simular retrasos.

Al igual que en MICRODYNAMO existe en STELLA la función gráfica o "función tabla", a la que se accede desde la ventana de definición de variables. La función puede dibujarse directamente con el cursor, o también definirla a través de valores numéricos. Como ya han señalado otros autores, este tipo de función sirve tanto para introducir no-linealidades en el modelo que expresen hipótesis sobre relaciones entre dos variables, como para representar los cambios en una variable de acuerdo con datos históricos. En el modelo del ejemplo se podría sustituir la función PULSE, si conociéramos los cambios históricos en el sector básico. El gráfico 4 muestra esta nueva estructura, y el gráfico 5, la ventana de definición de la función gráfica.

Gráfico 4.

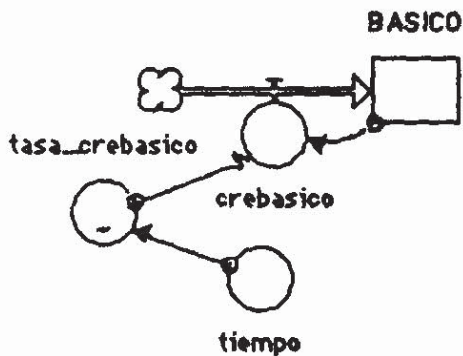
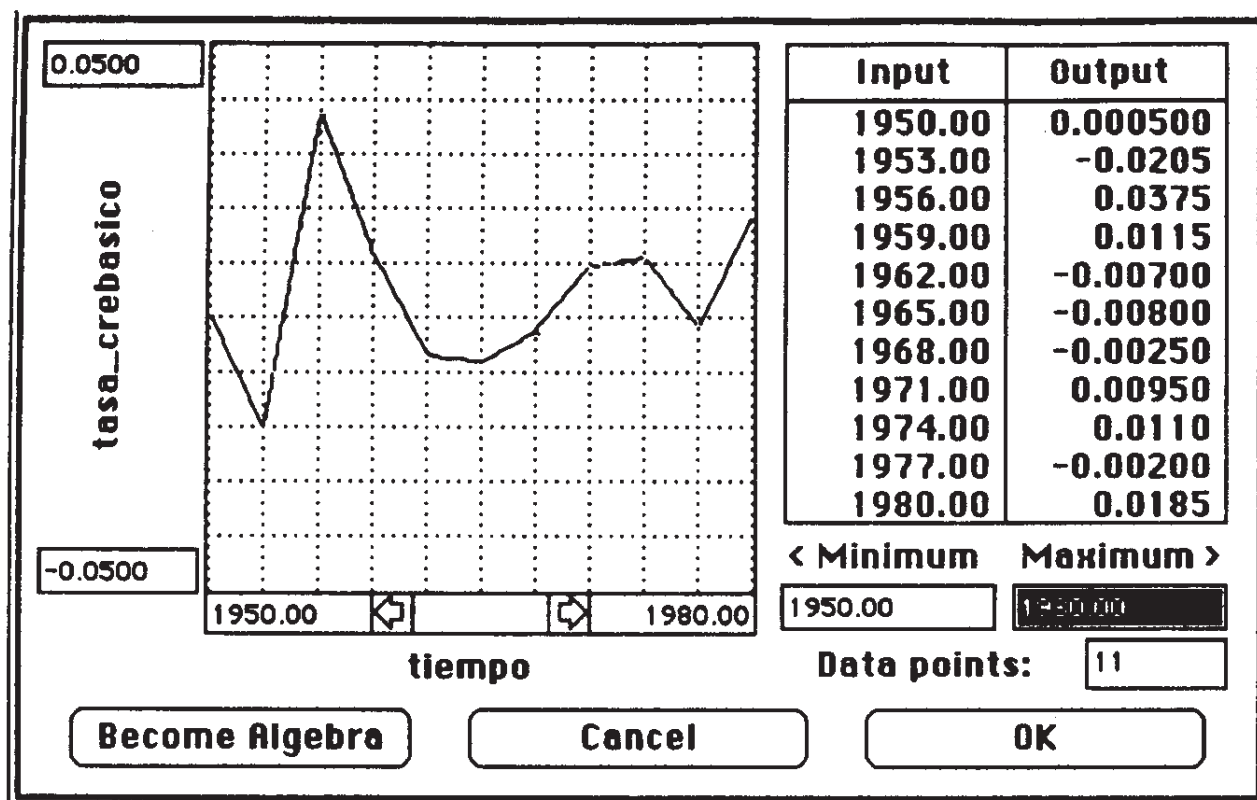


Gráfico 5



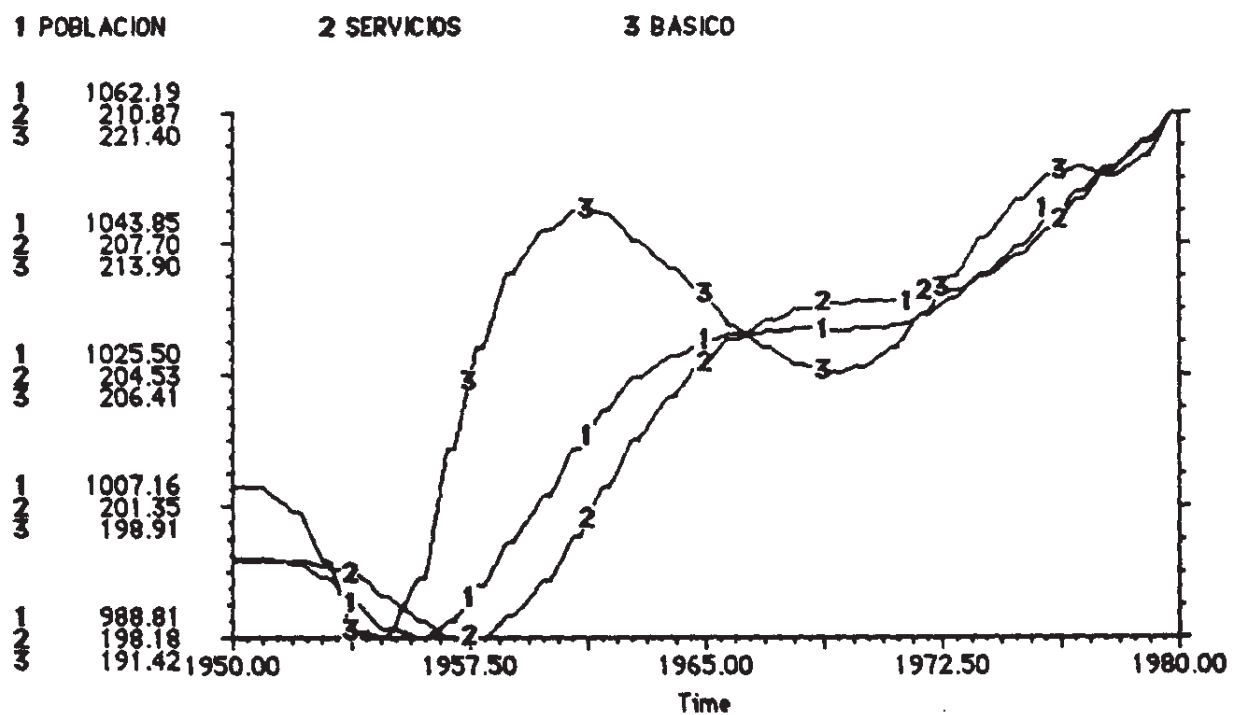
Los resultados de la simulación pueden obtenerse, bien en forma gráfica o en forma de tabla con los valores numéricos de las variables. Tanto los gráficos como las tablas deben ser definidas por el usuario, y pueden aparecer en pantalla mientras dura la simulación. En el caso de tener en pantalla el diagrama estructural éste puede presentar una "animación": los símbolos de los niveles se llenan o se vacían como si se tratara de depósitos, y sobre las variables auxiliares aparecen unas pequeñas flechas que nos van indicando el sentido del cambio que éstas experimentan. Los gráficos adquieren dos formas básicas: bien colocando las variables en el eje de las ordenadas, y el tiempo en el eje de las abscisas, o bien representando el espacio de fase de dos variables, una frente a otra. Este tipo de gráficos es particularmente interesante para observar cuando los modelos presentan comportamientos caóticos, en relación con bifurcaciones, catástrofes o

estructuras disipativas.

La escala de los valores de las variables, para su representación ,puede ser definida por el usuario, así como el tiempo de simulación y el intervalo del mismo, cuestión que afecta, indudablemente, a la exactitud de las proyecciones: a menor intervalo, mayor exactitud. El tiempo de simulación por defecto es de 24 horas, con intervalos de 0,125 horas. Otra ayuda interesante es un registro (journal), en el que podemos ir observando los últimos cambios realizados en el modelo.

El gráfico nº 6 presenta una salida gráfica de nuestro modelo de base económica una vez que hemos realizado el cambio representado en los gráficos 4 y 5. Las escalas verticales son diferentes para cada variable a fin de obtener un mayor detalle en los cambios en estas variables.

Gráfico 6.





#### **4. Algunas consideraciones sobre la utilización de STELLA en la enseñanza de la Geografía.**

Queremos cerrar esta comunicación apuntando algunas posibilidades para la utilización de este programa en la enseñanza de la Geografía. Por las características del mismo, se puede adaptar para la ilustración de conceptos sistémicos en los primeros cursos de la carrera, y puede ser idóneo para un tipo de alumnos que teme enfrentarse con integrales, derivadas, ecuaciones diferenciales, etc.

Los contenidos de los manuales dirigidos a los primeros cursos presentan la introducción a ciertos sistemas de interés geográfico: modelos de poblaciones, como el crecimiento exponencial, logístico, poblaciones en competencia por recursos, supervivencia de cohortes, etc, pueden ilustrarse utilizando este programa. Una vez comprendidas las dinámicas más simples se puede ir añadiendo complejidad a los modelos.

Otros sistemas de interés pueden ser los de geografía económica, como el modelo aquí presentado, modelos de difusión, de migraciones, de sistemas de lugares centrales, o de organización urbana, que son cada vez mas frecuentes en la literatura geográfica, incluyendo además el amplio abanico de sistemas considerado por la geografía física.

Los sistemas y modelos que acabamos de nombrar no son "específicamente" geográficos, es decir son sistemas y modelos de interés para la Geografía, pero compartidos con otras disciplinas. Puede suceder que , como señala Huggett (1980), sólo se pueda hablar de "sistemas de interés geográfico" ya que es una característica del pensamiento de sistemas la interrelación entre diferentes disciplinas, y la Geografía

se debe mostrar - o al menos así nos gustaría que sucediera - como una materia que facilite el diálogo interdisciplinar.

Sin embargo, hay algunos rasgos característicos en los sistemas y modelos geográficos, que podrían resumirse en el interés por la desagregación espacial, la consideración de las diferentes escalas espaciales, y el carácter jerárquico que manifiestan muchas relaciones espaciales. La pregunta que surge en este punto es si un instrumento del tipo que acabamos de considerar es capaz de reproducir modelos con tales características. La respuesta, desde el punto de vista técnico, es afirmativa, ya que el programa permite, a través del menú "Edición", el copiar una misma estructura en diferentes partes del diagrama, y el propio programa atribuye subíndices a las variables desagregadas espacialmente. El modelizador sólo tiene que establecer las conexiones necesarias entre las diferentes estructuras. De forma similar, cuando se trata de estructuras "anidadas" - por ejemplo, con jerarquías urbanas - un recurso práctico puede ser el dar el valor inicial a una variable de nivel con relaciones algebraicas de valores de otro nivel. Así, por ejemplo la población del área de mercado de un determinado nivel de la jerarquía urbana será la suma de las poblaciones de las áreas de mercado del nivel jerárquico inmediatamente inferior.

Existen sin embargo algunas pegas que la propia habilidad del creador de modelos debe ir solucionando: si el tamaño del diagrama estructural es excesivamente grande, puede resultar tedioso de manejar a través de la ventana, realizando búsquedas o estableciendo conexiones. Una solución parcial puede ser el tratar de "comprimir" los diagramas. Para ello, pueden establecerse primero las estructuras con gran detalle y posteriormente reducir el número de elementos del

diagrama incluyendo, por ejemplo las tasas y variables exógenas en las fórmulas de otras variables, o el reducir algunos procesos conocidos a su forma algebraica más simple: así algunos procesos de "ajuste de nivel" pueden reemplazarse por funciones SMOOTH, o reducir el número de elementos en una fórmula logística.

Finalmente, queremos subrayar un aspecto importante de esta técnica, en la que prima la lógica, los esquemas lógicos de los procesos, frente a los datos empíricos, y que puede chocar con otras formas más o menos establecidas en la enseñanza de la Geografía.

Puede que el parentesco académico que los geógrafos de nuestro país tenemos con los historiadores haya enfocado nuestro interés durante mucho tiempo hacia las "fuentes" de información, y las investigaciones se hayan valorado muy frecuentemente sobre el número y calidad de estas fuentes más que por la brillantez de las conclusiones. Adoptar esta técnica - u otras similares - no supone en modo alguno un desprecio a la tarea de recogida de datos, a no ser que queramos retroceder en lo ya avanzado. Efectivamente, cualquier modelo matemático que quiera representar la realidad deberá contar con una buena documentación, y la calidad de los datos afectará a la calidad de las conclusiones. No obstante, la técnica añade la posibilidad de experimentación, la investigación de los diferentes "posibles" dentro de cualquier proceso, y ésto supone muchas veces invención, incluso de datos ficticios.

Por último queda referirnos - dentro del contexto del Coloquio - a la necesidad de establecer relaciones entre las técnicas de simulación dinámica y los Sistemas de Información Geográfica. Haciendo futuribles cabe pensar que los SIGs de las próximas décadas cuenten con herramientas de simulación dinámica, y que podamos observar directamente los procesos en algún

tipo de "mapas animados". Para poder trabajar con estas técnicas será necesario un conocimiento amplio de las posibilidades que ofrece la simulación de sistemas dinámicos.

## REFERENCIAS.

ARACIL, J. (1986): "Introducción a la Dinámica de Sistemas". Alianza Ed. Madrid

BOSQUE SENDRA, J. (1988): "Simulación por ordenador de los procesos sociales", en AA.VV.: "Aplicaciones de la Informática a la Geografía y las Ciencias Sociales". Ed. Síntesis. Madrid. pp. 237-268.

CHORLEY, R.J. y KENNEDY, B.A. (1971): "Physical Geography. A systems approach". Prentice Hall International. Londres.

HARVEY, D. (1983): "Teorías, leyes y modelos en Geografía". Alianza Ed. Madrid.

HUGGETT, R. (1980) : "Systems analysis in Geography". OUP. Oxford.

MANDINACH, E. (1989): "Model Building and the use of Computer Symulation of Dynamic Systems". Journal of Educational Computing Research. En curso de publicación.

MARTINEZ, S. y REQUENA, A. (1986): "Dinámica de sistemas" 2 vols. Alianza Ed. Madrid.

MASON, J.C. y STOCKS, D.C. (1988): "Ecuaciones diferenciales. Teoría, problemas y aplicaciones en BASIC". Anaya Multimedia. Madrid.

MURCIA NAVARRO, E. (1979): "Geografía Urbana. Una introducción sistémica". Servicio de Publicaciones. Universidad de Oviedo. Oviedo.

RICHMOND, B. (1987): "An Academic User's Guide to STELLA". High Performance Systems, Inc. Lyme, New Hampshire.

STELLA es una marca registrada de High Performance Systems. 13 Dartmouth College Highway. Lyme. New Hampshire 03768. Estados Unidos.