

MODELOS DE SIMULACION Y SU EMPLEO EN EL MANEJO FORESTAL

por

Benjamín Olivares *

C. D. Oxf.: (624.1)

RESUMEN

En los países desarrollados los modelos de simulación son usados con frecuencia como ayuda en el proceso de toma de decisiones dentro del manejo del recurso forestal. En Chile su uso no se ha extendido a esta actividad. El presente estudio pretende hacer una primera contribución al conocimiento de las técnicas de simulación con el propósito de lograr su aplicación en el manejo de las empresas forestales. En la primera parte se presentan las distintas acepciones que se le ha dado al concepto de simulación. A continuación se señalan los distintos tipos de modelos de simulación y luego se hace una breve revisión de su uso en el manejo forestal. Finalmente se describe un modelo para el análisis del proceso de regulación forestal, basado en una empresa hipotética.

SUMMARY

Simulation models are frequently used on the industrialized nation as important decision making tools in the area of forest management. These management tools are not used in Chile. This study represents an initial attempt to describe simulation modeling techniques in order that they may be used in the management of private forest lands.

The first part of the study outlines the definitions and concepts of simulation modeling. Subsequently, the distinct types of models and a brief review of their use in forest management is discussed. Finally a cutting regulation model, based on data from a hypothetical company, is described.

ZUSAMMENFASSUNG

In Industrieländern werden häufig Simulationsmodelle als eine wichtige Hilfe für Entscheidungsprzesse im Bereich der Forsteinrichtung angewandt. Dieser Methoden hatte

man sich bisher in Chile kaum bedient. Die vorliegende Arbeit ist infolgedessen ein erster Beitrag zur Einführung moderner Simulationstechniken in der Forsteinrichtung.

Der erste Teil befasst sich mit Definitionen und Begriffen der Simulation. Anschliessend werden die verschiedenen Modelltypen beschrieben und eine kurze Übersicht ihrer Anwendungsmöglichkeiten gegeben.

Ein Einschlagsregulationsmodell, auf Grund rein hypothetischer Unterlagen, bildet den Abschluss der Erläuterung.

DEFINICIONES Y CONCEPTOS

Aún cuando el primer trabajo de simulación se remonta a 1940, año en que Neumann y Ulam aplicaron una técnica llamada Monte Carlo para la solución de un problema matemático no probabilístico, el término simulación se presta aún hoy para múltiples interpretaciones. Se podría decir que existen tantas definiciones como trabajos publicados sobre el tema. Naturalmente, no siempre dichas definiciones son coincidentes entre sí, de allí que parezca en cierto sentido necesario iniciar este estudio con un análisis de las diferentes acepciones que se le ha dado al término.

En su sentido más amplio, cualquier construcción de un modelo físico o simbólico (*) podría llamarse simulación (27). Desde este punto de vista podríamos deducir que existen por lo menos dos tipos de simulación:

- **Simulación icónica**, que involucra la manipulación de un modelo icónico (**) bajo condiciones reales o bien bajo condiciones representadas icónicamente; y

(*) Por modelo simbólico se entiende una estructura lógica abstracta que opera de una manera similar al sistema en estudio o bien que en alguna forma representa la operación que se investiga (32).

(**) o análogo.

* Prof. Fac. Ing. Forestal. Casilla 567. Valdivia-Chile.

— **Simulación simbólica** que está caracterizada por la construcción de un modelo matemático de un sistema real y el procesamiento de dicho modelo a través de una secuencia de intervalos de tiempo (27).

Respecto a lo que se entiende por simulación icónica no hay discusión. El problema surge al referirse a la llamada simulación simbólica analítica o simulación por computadoras digitales como aparece en muchos trabajos.

Para algunos autores el proceso de construcción de modelos llega a ser simulación cuando el estado final que se alcanza mediante el procesamiento del modelo puede ser computado paso a paso a partir del estado inicial pasando por todas las etapas o estados intermedios.

Para otros, la existencia de elementos estocásticos dentro del modelo constituye la condición fundamental de la simulación simbólica (10). Ackoff et al (1) considera el muestreo al azar de valores de una variable a partir de una cierta distribución de ella como la base de la simulación.

Si bien es cierto que la mayoría de los sistemas reales que normalmente se estudian contienen elementos estocásticos, hay consenso en afirmar, en oposición a la opinión de Ackoff, que los elementos estocásticos no son necesariamente una parte de toda simulación.

Otros autores ponen énfasis en las características atomísticas que tiene todo modelo de simulación (5). Un sistema complejo puede ser objeto de una simulación en la medida que él pueda ser descompuesto en un set de elementos cuyas reglas de operación son conocidas. Como a menudo el comportamiento de un elemento individual dentro de un sistema no será determinístico, será posible en dichos casos asociar en cada una de las operaciones o acciones de dichos elementos una probabilidad de ocurrencia. Así, en estos casos se incorporaría la distribución de probabilidad junto con un mecanismo pseudoestocástico de forma de determinar una acción específica para cada instante del tiempo en que dicha acción es requerida. Si las acciones de los elementos más pequeños en los cuales se puede descomponer un sistema no son posibles de predecir —aún en sentido probabilístico— la simulación digital no sería factible.

Asociada con esta característica atomística del sistema, ciertos autores (5) plantean también como condición dentro de un modelo de simulación el hecho de que siempre hay una referencia al tiempo. Tal es así que a menudo se describe la simulación como un medio de ín-

corporar una cuarta dimensión —tiempo— al análisis de sistemas que han sido investigados mediante métodos estáticos. Ya en 1960 K.J. Cohen (4) planteaba que simular es usar un computador digital o análogo para describir numérica o gráficamente la trayectoria en el tiempo de todas las variables endógenas generadas por un modelo.

A principios de la década del 60, en que existe una verdadera euforia por la simulación, se asocia con bastante frecuencia la simulación con los computadores digitales, llegando a hablar de simulación digital en contraposición a la simulación análoga. El volumen de operaciones lógicas, numéricas y contables que requiere cualquier estudio de simulación es tan extraordinariamente grande, que aparece este procedimiento como una aplicación natural para un computador digital.

Morgenthaler (19) visualiza una simulación digital en la siguiente forma:

- I) Colección de elementos X_i j ($j=1,2,\dots$) cuyos movimientos en el espacio-tiempo dentro del sistema se desean observar.
- II) Definición de submodelos M_k cuya función es mostrar la interacción de los elementos X_i j con el sistema total y entre sí.
- III) Los submodelos M_k son conectados en forma específica mediante líneas de realimentación. En cada momento del tiempo en que M_k tiene que actuar, recibe éste datos de diversas fuentes: desde fuera o dentro del sistema, de los X_i j o de los resultados de los otros submodelos M_k .
- IV) En cada momento del tiempo se emplea la secuencia de submodelos en un orden específico y sujeta a reglas lógicas específicas.
- V) Al final del ciclo todos los resultados de los submodelos son transferidos a los puntos siguientes como datos, los elementos X_{ij} son transferidos hacia adelante de acuerdo a las reglas de pasaje propias al sistema, los registros del sistema son puestos al día y el ciclo es repetido. Este proceso continúa hasta que se recibe una señal preestablecida de STOP.

Para Naylor et al (21) la simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en un computador digital, que incluye ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de un determinado sistema (o parte de él) sobre largos períodos de tiempo efectivo.

Como se ha visto, las definiciones aquí señaladas son de carácter unívoco, es decir, ca-

da una pone el énfasis en uno u otro elemento, que condicionaría el que un modelo sea o no de simulación. Estaríamos más por aceptar una definición de carácter general, que incluya todos los casos especiales a que se han referido los autores de las definiciones particulares dadas en esta primera parte del trabajo.

Koller (11) define la simulación simplemente como el cálculo de posibles casos alternativos de un modelo de decisión.

CLASIFICACION DE LOS MODELOS DE SIMULACION

Los modelos de simulación pueden ser clasificados desde diferentes puntos de vista:

De acuerdo a los medios de cálculo asociados al modelo se puede distinguir entre la **simulación análoga** y la **simulación digital**. La simulación análoga está basada en mediciones continuas de un modelo a escala del sistema en estudio. En el caso de la simulación digital se efectúan mediciones discretas dentro de un modelo matemático.

De acuerdo a la elección de los casos que se pretende calcular, es posible distinguir tres tipos de simulación: la **simulación combinatoria**, la **simulación muestral** y la **simulación heurística**. En la primera se calculan en forma sistemática todas las posibles combinaciones numéricas de las variables independientes de un modelo de decisión. En la simulación muestral obviamente los cálculos se hacen sólo para un determinado número de los posibles casos particulares del modelo de decisión. Finalmente, en la heurística la elección de los casos particulares a calcular no es efectuado a través de un proceso técnico (como por ejemplo la técnica Monte Carlo), sino que es hecha directamente por el experimentador de acuerdo a su conocimiento y experiencia (11).

De acuerdo a que se permitan o no variables al azar dentro del proceso de simulación, se distingue entre **modelos determinísticos de simulación**, en los cuales ni las variables endógenas ni exógenas del modelo están condicionadas a funciones de probabilidad, y los **modelos estocásticos de simulación**, en los cuales al menos una de las variables del modelo se comporta de acuerdo a una función de probabilidades. En el primer caso, para un valor dado de las variables independientes, el modelo entrega en repetidos cálculos un resultado unívoco y permanente. Por el contrario, en los modelos estocásticos de simulación, una repetición del cálculo del modelo con las mismas variables

independientes puede conducir a resultados diferentes (11).

Otra clasificación posible de los modelos de simulación es de acuerdo a la forma de uso del modelo. Spencer (31) plantea la existencia de dos tipos característicos de procedimientos de simulación. Uno que se refiere a una situación en que se desea observar la operación de un sistema complejo mediante la duplicación del comportamiento de los elementos del sistema y las relaciones entre ellos, y que es llamada **simulación sintética**, y otro procedimiento que involucra una situación en que los elementos del sistema y sus interrelaciones son desconocidas y sólo es posible determinar algunas de las características del sistema a través de la observación de él como un todo. Es lo que se llama **simulación analítica**.

Por último, si se considera o no la variable tiempo dentro del modelo, es posible hablar de **modelos estáticos o dinámicos de simulación**.

MODELOS DE SIMULACION EN CAMPO FORESTAL

La simulación es empleada fundamentalmente como una herramienta de ayuda para el análisis del comportamiento de sistemas conocidos. Al pretender analizar cómo se comporta un determinado sistema ante diversos estímulos surgen una serie de problemas, tales como:

- I) Puede ser imposible o extremadamente costoso observar o experimentar con ciertos procesos en el mundo real.
- II) El sistema en estudio puede ser tan complejo que es imposible describirlo en términos de un set de ecuaciones.
- III) Otras veces, aún cuando es posible describir el sistema mediante un modelo matemático, resulta sólo en contados casos posible obtener una solución mediante técnicas analíticas directas (21) (23).

En todos estos casos aparece la simulación como una excelente herramienta exploratoria, la que ha sido empleada para propósitos de experimentación o evaluación, como medio de aprendizaje de nuevos sistemas, ideas o aproximaciones y como herramienta de planificación (11).

Buenas presentaciones de las distintas aplicaciones de modelos de simulación en la actividad forestal han sido proporcionados por Newnham (22) y Thiry (23). En el campo forestal, el primer trabajo que emplea simulación se remonta al año 1961, en que Palley y

O'Regan (25) compararon la eficiencia del muestreo puntual con el muestreo por línea. Es evidente que en el campo del muestreo la simulación presenta una gran utilidad, por el ahorro de tiempo y dinero que se logra al permitir que un computador efectúe dichas labores.

En el campo del manejo forestal, el trabajo quizás pionero en el uso de simuladores para estudiar distintas alternativas de manejo lo constituye el de Gould y O'Regan (19). En la misma línea pueden ser considerados los modelos desarrollados por Clutter y Bamping (3) en que la base es considerar ciertas unidades boscosas a las que se les asigna un determinado comportamiento, o bien, dicho comportamiento se asocia a ciertas funciones de probabilidad y luego se hace correr el modelo y analizan los efectos que tienen distintas estrategias de manejo.

Asimismo, en el campo de la Protección Forestal han sido desarrollados modelos interesantes. Por ejemplo Kourtz (12) desarrolló un modelo para determinar un sistema efectivo de control de incendios mediante torres de control y patrullas. El emplea datos de incendios ocurridos en los bosques de Canadá, lo que le permite calcular mediante computación los tiempos requeridos de acuerdo a las condiciones especiales para detectar y controlar un incendio.

Igualmente han sido empleados simuladores para el crecimiento de rodales. El trabajo quizás más importante es el de Keneth Mitchell (17) quien desarrolló un modelo para el crecimiento de rodales coetáneos de Abeto blanco en relación del desarrollo de la copa en árboles individuales. En cierto sentido, este modelo reemplazaría las tablas tradicionales de rendimiento y sería una herramienta fundamental para evaluar distintos métodos de tratamiento silvícola y planes de manejo en general.

En los últimos años han sido desarrollados modelos de simulación completísimos para ser utilizados en juegos de manejo del recurso forestal. Entre ellos conviene destacar el SNAFOR, desarrollado por Countryman (6).

DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACION EN UNA EMPRESA FORESTAL.

Como un ejemplo de utilización de las técnicas de simulación al proceso de toma de decisiones dentro de la empresa forestal, se desarrolló un modelo bastante simple con el fin de analizar el período de conversión de un bosque irregular que se pretende llevar a un cierto es-

tado de normalidad. En términos concretos se trata aquí de analizar el comportamiento de una determinada empresa forestal a la aplicación de distintas fórmulas de cálculo de la posibilidad (fórmulas de Gerhardt, Heyer, Paulsen-Hundeshagen, Baden-Würtemberg y Empírica). Los elementos de control que se consideraron de interés en el desarrollo de la empresa fueron la distribución de edades, las existencias y crecimiento durante el período de control, los volúmenes de corta clasificados según destino, número de unidades explotadas e ingresos brutos generados.

Se consideran tres empresas hipotéticas diferenciadas entre sí sólo por la distribución de edades en su etapa inicial. En las tres empresas, el bosque se compone de una superficie de 500 hectáreas de *Picea*. La empresa **A** se caracteriza por tener un bosque en que predominan las edades inferiores; la empresa **B** tiene predominio de las clases intermedias de edad; la empresa **C** se caracteriza por poseer un bosque cercano a la madurez.

El componente básico del modelo lo constituye la unidad de superficie. Esta unidad se caracteriza por medio de los siguientes elementos: índice de sitio - Especie - Superficie - Edad del rodal - Grado de cobertura.

De acuerdo a los valores que toman estos elementos en cada unidad se le asigna un determinado comportamiento: El bosque crece a una determinada tasa anual en relación a la edad, en determinados momentos son efectuadas ciertas prácticas silvícolas, a una cierta edad se realiza la explotación final y mediante plantación se le reemplaza por un nuevo rodal.

Las características de operación del modelo son de naturaleza determinística. Dentro del modelo y por razones de simplicidad se supuso un sólo índice de sitio para todas las unidades, así como una sola especie, y como práctica silvícola se consideró sólo el raleo. Naturalmente es posible introducir variaciones dentro de estos elementos, así como también incluir ciertos elementos adicionales que presenten un comportamiento aleatorio. Tal sería el caso, por ejemplo, de daños causados por incendios, tormentas o insectos cuya ocurrencia está asociada a funciones de probabilidad.

Por razones de simplicidad, también se supuso en el modelo que cada unidad correspondía a una superficie de una hectárea.

Se fijó un horizonte de planificación de 200 años, así como un período de corta de un año. Cada diez años se realiza un inventario. Finalmente se considera que sobre una determinada edad todos los árboles deben ser cortados, y

que bajo una cierta edad no puede realizarse ninguna corta final

Los datos básicos de comportamiento del bosque hipotético que se utilizaron son los dados por las Tablas auxiliares para el manejo forestal de Baden-Württemberg (14). Los datos empleados se refieren fundamentalmente al rendimiento en madera de acuerdo a la edad, rendimientos por raleos igualmente en función de la edad, diámetro medio del rodal y diámetro medio de lo extraído por raleos y corta final. La valoración de los productos extraídos se hizo también de acuerdo a los datos que aparecen en las Tablas antes nombradas.

Los cálculos se llevan a cabo fundamentalmente en 4 etapas:

- 1) El cálculo de las existencias reales y crecimientos, con el fin de calcular la posibilidad.
- 2) El cálculo del volumen de todas las unidades que tienen una edad superior a la edad considerada como máxima y que por lo tanto deben ser explotadas.
- 3) Cálculo del volumen resultante de prácticas de raleo en todas las unidades.
- 4) El cálculo del volumen de las unidades de mayor edad que deben ser explotadas con el fin de alcanzar la posibilidad en el caso que la suma de los volúmenes anteriores sea inferior a la posibilidad calculada.

El primer cálculo se efectúa en el primer año y luego se repite cada diez años. El proceso de cálculo consiste en hacer correr un índice I (que indica el número de cada unidad) desde 1 a 500, y calcular para cada unidad el volumen y crecimiento según edad. Los valores individuales son sumados y junto con los valores correspondientes que fueron almacenados al principio, se procede a calcular la posibilidad.

Una vez que se ha calculado el monto de la posibilidad, se debe ver si existen unidades con edades superiores a la edad máxima fijada. Para ello es sólo necesario un loop. En este loop el índice I recorre todas las unidades y para las correspondientes calcula las existencias (ZSUJ) y los ingresos brutos, y el índice correspondiente a la edad toma un valor cero. Las unidades explotadas son contabilizadas mediante un contador.

A continuación son raleadas todas las unidades. Se deja correr el índice I para cada unidad y se llama según la edad los volúmenes (anuales) extraídos por raleos y posteriormente se les calcula el ingreso bruto, clasificado de acuerdo a tipos o dimensiones de madera.

Para ello se recupera el correspondiente diámetro de lo raleado y mediante un subprograma se calcula la proporción de madera aserrada, madera para pulpa y leña, así como el valor de la madera en pie (PREIS) y las cifras de valor (LWERT1, LWERT2, LWERT3). Todos los valores individuales (DSUJ) se suman y se guardan en la memoria.

En este momento, nosotros hemos alcanzado la parte del programa donde por vez primera se pregunta si ha sido alcanzada la posibilidad. Si éste no es el caso, debemos explotar aún más unidades hasta que la posibilidad se haya alcanzado.

Estas unidades deben ser las de mayor edad. Para ello tomamos un valor auxiliar (llamado IAKR), que lo igualamos con la altura máxima (MAXALT). Hacemos correr nuevamente el índice I e introducimos en este momento la pregunta de si la edad de la unidad I (I) es distinta de IAKR. Si éste sucede, se eleva el índice I en uno y se repite la pregunta. Puede ser perfectamente posible que todas las unidades sean distintas a nuestro primer IAKR (en nuestro ejemplo 119). En este caso el límite de edad IAKR es reducido en una unidad y se pregunta si se ha alcanzado la edad mínima (MINALT). Si éste no es el caso se repite el ciclo hasta que la edad de una unidad es igual a IAKR. Dicha unidad será explotada y por consiguiente su edad será cero, calculado su volumen correspondiente y se sumará al anterior ZSUJ. Los ingresos brutos son calculados de la misma manera que en el paso anterior.

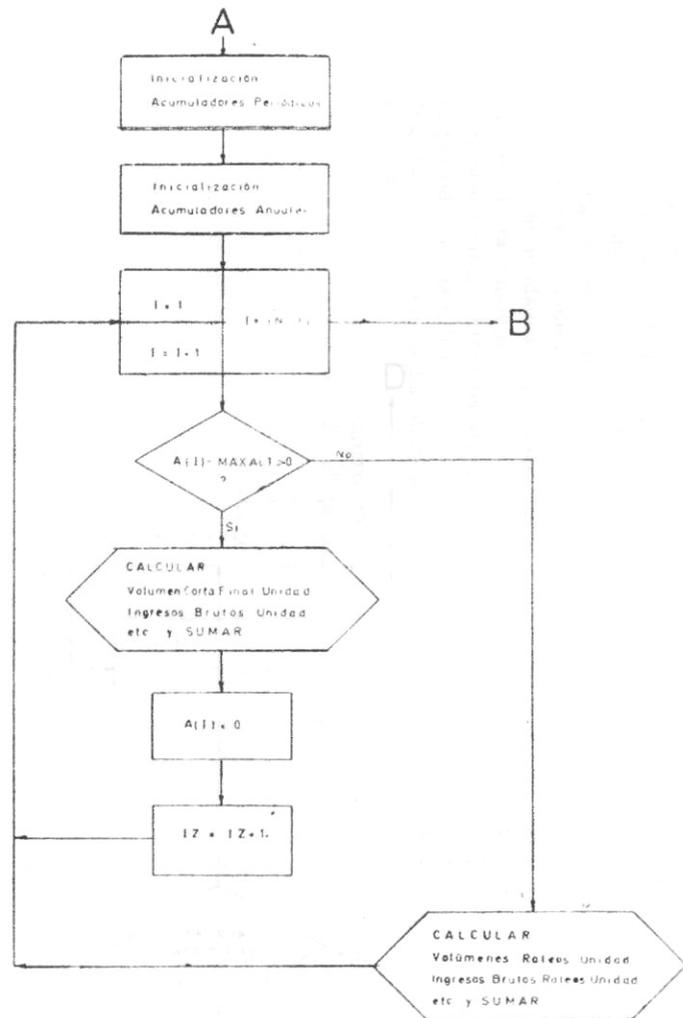
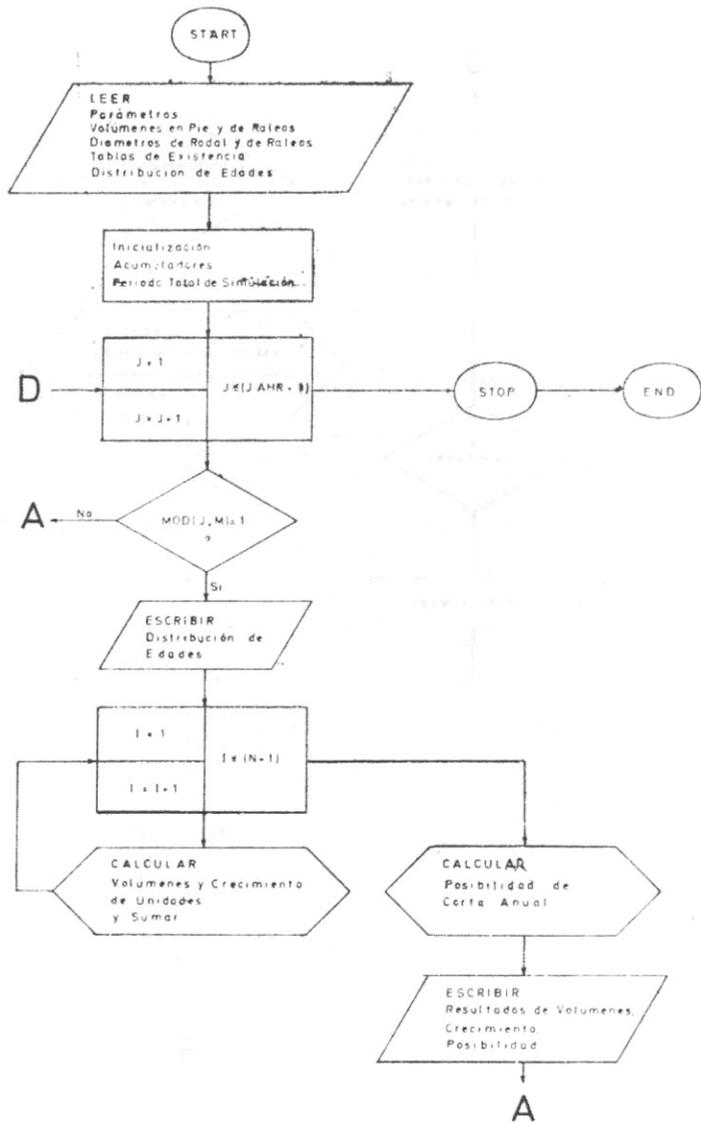
A continuación se hace nuevamente el test de si fue alcanzada la posibilidad. El proceso de cálculo se repite tantas veces como sea necesario para alcanzar el valor dado por la posibilidad. Si se logró alcanzar la posibilidad, se pregunta si fue alcanzado el fin del período de manejo y por tanto si es necesario hacer un nuevo inventario, y al mismo tiempo, si se ha alcanzado el fin del período de planificación, en caso que no sea así, el índice se eleva nuevamente en uno y el proceso de cálculo sigue para el próximo año. Esto sucede de tal manera que todas las unidades A (I) y también el índice J se elevan en una unidad más.

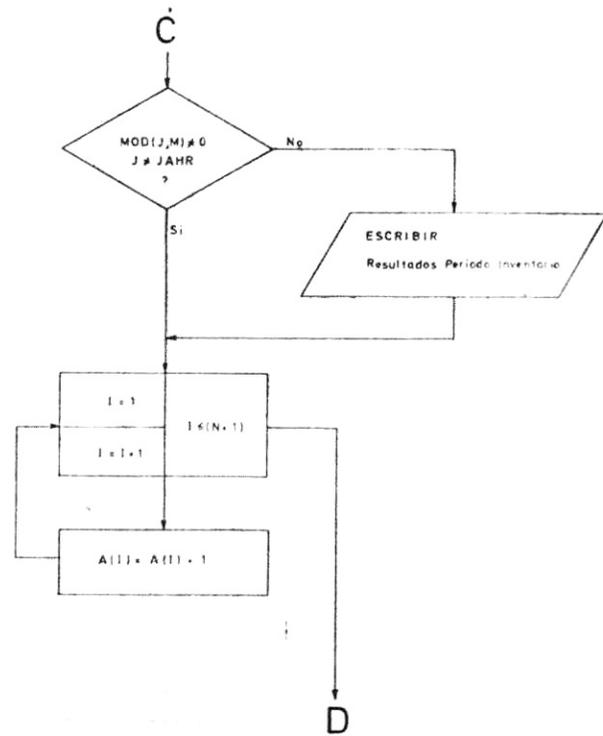
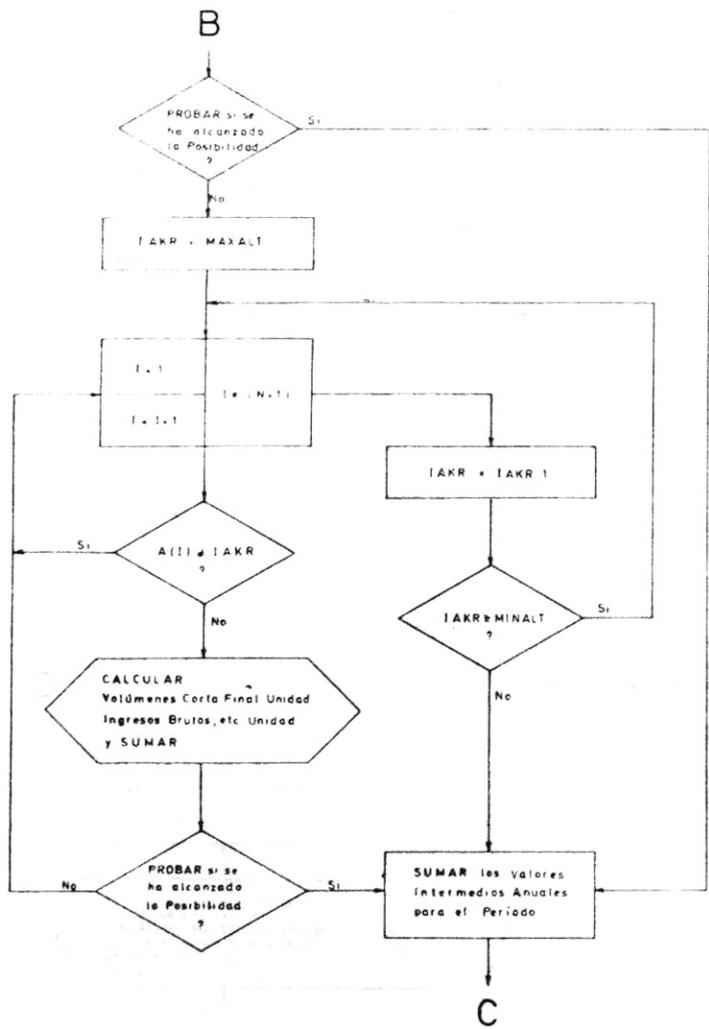
El proceso total de cálculo se repite hasta que todo el período de simulación se haya terminado (Ver Diagrama de Flujo).

Mediante este programa se pretende computar los siguientes elementos:

- I) Distribución de edades en cada inventario.

DIAGRAMA DE FLUJO





- | | |
|---|---|
| <p>II) Existencias totales y crecimientos totales en cada inventario.</p> <p>III) Posibilidad anual.</p> <p>IV) Volúmenes de madera cortados durante el periodo de manejo (10 años), clasificando según corta final y raleos y madera aserrada, madera para pulpa y leña.</p> <p>V) Número de unidades explotadas durante el período de manejo.</p> <p>VI) Ingresos brutos obtenidos durante todo el período de planificación.</p> <p>VII) Ingresos brutos obtenidos durante el período de manejo.</p> <p>VIII) Volúmenes de madera y número de unidades cortadas durante todo el período de planificación.</p> | <p>(70) no puede realizarse ninguna corta final.</p> <p>1.5 Longitud del campo de Existencias y raleos (IGRENZ=121).</p> <p>2. Tablas de rendimiento</p> <p>2.1 Rendimiento anual total de madera en pie.</p> <p>2.2 Rendimiento anual al practicar raleos según edad del rodal.</p> <p>2.3 Diámetro medio del rodal.</p> <p>2.4 Diámetro del producto de los raleos.</p> <p>3. Tablas de existencias y financieras.</p> <p>3.1 Proporción de madera aserrada en el volumen de corta final (KSTH).</p> <p>3.2 Proporción en madera para pulpa en el volumen de corta final (KFSH).</p> <p>3.3 Proporción de leña en el volumen de corta final (KBRH).</p> <p>3.4 Cifras de valor (LWERT1, LWERT2, LWERT3).</p> <p>3.5 Valor promedio de la madera en pie (PRESS).</p> |
|---|---|

Los siguientes datos deben ser proporcionados al principio del Programa:

1. Parámetros

- 1.1 Número de las unidades de manejo (N= 500).
- 1.2 Longitud del horizonte de planificación (JAHR = 200).
- 1.3 Ciclo de inventario (M = 10 años).
- 1.4 Edades máxima y mínima (MAXALT) y MINALT). Se supone que sobre una determinada edad (119) todos los árboles deben ser cortados y que bajo una cierta edad

El procesamiento de este modelo de simulación permitió estudiar los efectos de la aplicación de las distintas formas de cálculo, de la posibilidad sobre el período de conversión para diferentes condiciones de la empresa forestal (30) (31).

R E F E R E N C I A S

- 1.— ACKOFF, R. and SASIENI, M. 1968. Fundamentals of Operations Research. John Wiley and Sons, Inc. New York-London Sydney.
- 2.— ARVANITIS, L.G. and O'REGAN, W.G. 1967. Computer Simulation of Economic Efficiency in Forest Sampling. Hilgardia 38.
- 3.— CLUTTER, J.L. and BAMPING, J.H. 1965. Computer simulation of an industrial forestry enterprise. Proceeding Soc. of American Foresters. p. 180-185.
- 4.— COHEN, KALMAN, J. 1960. Simulation of the firm. Amer. Econ. Revue Vol. N° 2, p. 534-548.
- 5.— CONWAY, R.W., JOHNSON, B.M. and MAXWELL, W.L. 1959. Some Problems of digital Systems simulation. Management Science, Vol. 6 N° 1. p. 92-110.
- 6.— COUNTRYMAN, DAVID W. 1973. SNAFOR: A computer simulation for use in Forest Resource Management games. U.S. Forest Service, University of Michigan.
- 7.— CHURCHMAN, WEST C. 1963. An Analysis of the concept of Simulation. En: Symposium on Simulation Models: Methodology and Applications to the Behavioral Sciences. Ed. Austin. C. Hoggatt y Frederick E. Balderston, South-Western Publishing Co. Ohio.
- 8.— GARCIA V., OSCAR. 1968. Problemas y modelos en el manejo de las plantaciones forestales. Tesis de Grado Ing. Forestal, Universidad de Chile.
- 9.— GOULD, E.M. and O'REGAN, W.G. 1965. Simulation, a step toward better forest planning. Harvard Forest Papers 1965, 13, 86 pp.
- 10.— HARLING, JOHN. 1958. Simulation Techniques in Operation Research. A Review. Operation Research, Vol. 6 N° 3, 307-319.
- 11.— KOLLER, HORST. 1966. Simulation als Methode in der Betriebswirtschaft. Zeitschrift für Betriebswirtschaft. N° 2, p. 95-110.
- 12.— KOURTZ, P.H. 1968. Computers and Forest Fire Detection. The Forestry Chronicle 2.

- 13.— KOURTZ P.H., O'REGAN, W.G. 1971: A Model for a Small Forest Fire... to Simulate Burned and Burning Areas for use in a Detection Model. *For. Science* 17: 163-169.
- 14.— LA BASTIDE, J.G.A. y M. BOL. 1969: Die Simulation als Hilfsmittel for forstliche Forschungsarbeiten. *Forstarchiv* 40. J. Heft 1 p. 7-11.
- 15.— LANDESFORSTVERWALTUNG BADEN-WURTEMBERG. 1966: Hilfstabellen für die Forsteinrichtung. Teil I u. II. Stuttgart.
- 16.— MC LEOD, J. (ed.) 1968. *Simulation, the Dynamic Modeling of Ideas and Systems with Computers*. McGraw-Hill, New York.
- 17.— MITCHELL, K.J. 1969: Simulation of the growth of even-aged stands of White spruce. *Bull. Sch. For. Yale Univ.* 75, 48 pp.
- 18.— MITTRA, SID. 1968. La Theorie de la simulation econométrique et ses applications. *Revue Economique* N° 2, p. 202-235.
- 19.— MORGENTHALER, GEORGE W. 1961. The Theory and application of Simulation in Operations Research. Ackoff, R. (Ed.) *Progress in O.R.*, Vol. I Chapter 9, p. 364-419. John Wiley & Sons, Inc. N.Y.-London-Sydney.
- 20.— MYERS, C.A. 1968. Simulating the management of even-aged Timber Stands. USDA. Forest Service Research Paper, RM 42.
- 21.— NAYLOR, TH., BALINTFY, J., BURDICK, D. y CHU, K. 1966. *Computer Simulation Technique*. John Wiley & Sons, Inc. N.Y.-London-Sydney.
- 22.— NEWHAM, R.M. 1968. Simulation models in forest management and Harvesting. *The Forestry Chronicle* 1.
- 23.— ORCUTT, GUY H. 1960. Simulation of Economic Systems. *Amer. Econ. Revue.* Vol. L, N° 5. p. 894-907.
- 24.— O'REGAN, W.G., ARVANITIS, L. and GOULD, E. 1965. Systems, Simulation and Forest management. En; *Proceedings Soc. of Am. For.* Detroit, Michigan.
- 25.— PALLEY, M.N. y O'REGAN, W.G. 1961: A computer technique for the study of Forest Sampling Methods. I. Point Sampling compared with line Sampling. *Forest Science* 7.
- 26.— PATTEN, BERNARD C. 1971. *Systems Analysis and Simulation in Ecology*. Vol. 1. Academic Press. N. York and London.
- 27.— SCHODERBECK, PETER (Ed.) 1967. *Management Systems*. John Wiley & Sons, Inc. N.Y.-London-Sydney.
- 28.— SHUBIK, MARTIN. 1960. Simulation of the industry and the firm. *Amer. Econ. Revue*, Vol. L. p. 908-919.
- 29.— SJUNNESSON, S. 1970. Simulation, a tool for evaluating mechanized thinning systems. IUFRO Meeting. Royal College of Forestry. Stockholm, Sweden. *Thinning and Mechanisation*. (Sept. 1969) p. 204-266.
- 30.— SPEIDEL, G. 1966. Die Auswirkung von Formelhiebsweisern auf die Ertragsentwicklung von Betriebsklassenmodellen. *Der Forst u. Holzwirt*, 21 Jahrgang 3.
- 31.— _____, 1972. *Planung im Forstbetrieb*. Verlag Paul Parey-Hamburg.
- 32.— SPENCER, MILTON. 1968. *Managerial Economics*. The Irwin Series in Economics. 3 Ed. Richard D. Irwin Inc. Homewood, Illinois.
- 33.— THIRY, WOLF H. 1971. Simulation als neue Arbeitsmethode für Forschung und Praxis. *Allgemeine Forstzeitschrift*. 26 Jahrgang N° 6. p. 100-103.