

MODELO DECISIONAL PROACTIVO EN SISTEMAS ECOLÓGICOS (MODEPEC)[©]

PROACTIVE DECISIONAL MODEL IN ECOLOGICAL SYSTEMS (MODEPEC)[©]

PEDRO TOLÓN ESTARELLES ¹

JORGE E. SAGULA ²

Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Argentina
Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
Programa CASIA, Universidad Nacional de Luján, Argentina

RESUMEN

Los sistemas económicos y sociales son de tipo ecológico, y se pueden enmarcar en modelos de sistemas complejos de tipo DYSES (Dynamic Social and Economic Systems). No son explicables o predecibles satisfactoriamente con modelos determinísticos, pues, en general obedecen a procesos evolutivos de carácter estocástico, respondiendo en su interacción con el medio al segundo principio de la termodinámica en el sentido de la irreversibilidad (falta de simetría temporal) y aumento de la entropía.

MODEPEC © es un modelo que postula una metodología que asegura un proceso de formulación de criterios para mejorar continuamente la calidad en la toma de decisiones en sistemas ecológico-social-económicos.

Los conceptos esenciales del modelo se enuncian seguidamente:

1. Existencia de una Ecuación de Estado (EE)

Un sistema ecológico tiene un comportamiento dinámico posible de ser representado mediante una ecuación de estado en cualquier intervalo de tiempo dado.

2. Estimación de una política óptima (PO)

Es posible estimar un conjunto óptimo de decisiones (política óptima).

3. Contrato sobre estado deseable (CED)

En la comunidad social y económica de tipo ecológico, es posible acordar un diseño de estado ideal deseable, constituido a partir de un contrato sustentable a largo plazo entre las partes.

4. Genotipo Decisional Planificado (GDP)

Es posible establecer un proceso racional de toma de decisiones, en este caso, el Genotipo Decisional Planificado (GDP); capaz de asegurar niveles crecientes de calidad en la determinación de criterios para evaluación y adopción de cursos de acción en pos del logro de un estado deseado (ED) tomado como propósito o contrato.

Palabras Clave: Proceso estocástico. Ecuación de estado. Estabilidad de decisiones como genotipos y estados como fenotipos.

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

Programa CASIA, Universidad Nacional de Luján, Argentina.

² Programa CASIA, Universidad Nacional de Luján, Argentina.

e-mail: jsagula@infovia.com.ar

ABSTRACT

The economic and social systems are of ecological type, and they are possible to be framed in models of complex systems of type SDES (Social Dynamic and Economic Systems). They are not explicable or predictable satisfactorily with deterministic models, then, in general they obey to evolutionary processes of stochastic character, responding in its interaction with means to the second principle of the thermodynamics in the sense of the irreversible (lack of temporary symmetry) and increase of the entropy.

MODEPEC © is a model that postulates a methodology that assures a process formulation of criteria continuously to improve the quality in the decision making in ecological-social-economic systems.

The essential concepts of the model are enunciated next:

1. Existence of a State Equation (EE)

An ecological system has an able dynamic behavior of being represented by means of an equation of state in any given time interval.

2. Estimation of an optimal policy (PO)

It is possible to consider an optimal set of decisions (political optimal).

3. Contract on desirable state (CED)

In the social and economic community of ecological type, it is possible to decide a design desirable ideal state, constituted from a sustainable contract in the long term between the parts.

4. Planned Decisional Genotype (GDP)

It is possible to establish a rational process of decision making, in this case, Planned Genotype Decisional (GDP); able to assure increasing levels quality in the determination of criteria for evaluation and adoption of courses of action after the profit of a State Wished (ED) taken like intention or contract.

Key words: Stochastic Process. State Equation. Stability of decisions like genotypes and states like phenotypes.

1. INTRODUCCIÓN

El modelo se sustenta en supuestos sobre el comportamiento observable y representable del sistema complejo integral y en supuestos acerca del comportamiento deseable de los actores enmarcados en dicho sistema que intervienen en la toma de decisiones (el fundamento y las consecuencias sobre la construcción de condiciones favorables a los mismos se analizan en el apartado III).

En este modelo, el objeto de estudio considerado en el sistema complejo es el conjunto ecológico integrado por las organizaciones humanas micro y macroeconómicas y sus respectivas dotaciones de bienes de capital y tecnología, interactuando en un espacio determinado durante el tiempo. Este conjunto se denomina *Sistema ME* (Ecológico/Social/Económico).

2. ECUACIÓN DE ESTADO E HIPÓTESIS DE EXISTENCIA DE ESTADO ESTACIONARIO

1. Se define la variable, Y_t , para analizar el comportamiento de ME durante el tiempo. La variable Y_t es de naturaleza aleatoria y puede tomar finitos o infinitos valores posibles en cada punto t del intervalo temporal que se estudia.
El estado del sistema ME queda definido por el valor correspondiente a Y_t en un punto t del intervalo temporal.
2. El sistema ME evoluciona tomando distintos estados posibles a lo largo del tiempo según un proceso aleatorio e irreversible, tal que el tiempo es un parámetro T en el sentido de *una continua sucesión de acontecimientos* (Georgescu-Roegen, 1971).
3. Dentro del sistema ME, existen n subsistemas de toma de decisión (organizaciones humanas micro y macroeconómicas), que denominaremos STD.
4. Observaciones a intervalos regulares y de la misma magnitud de tiempo permitirán obtener una historia de sus estados. La historia de estados puede interpretarse como una sucesión de Decisiones tomadas por los STD y de estados adoptados por el sistema ME, a posteriori en cada decisión.
5. Hipótesis de Estado Estacionario del Sistema ME
Asumiendo la posibilidad de existencia de un estado estacionario, puede postularse que el sistema ME llegaría, luego de cierto tiempo, a un estado cuasi-estacionario al cabo de cierto intervalo temporal sin importar el estado inicial.

Esto implica, a su vez suponer que la historia o trayectoria de estados posibles que puede tomar el sistema ME en un número suficientemente grande de transiciones se aproximaría a un conjunto de estados cuya frecuencia de ocurrencia converge en probabilidad hacia una magnitud aleatoria p , tal que este valor p es la probabilidad de cada estado final (Sagula, 2004).

Así, queda definido un vector de probabilidades de estado final (Ve), que no depende del estado inicial y tampoco de las transiciones ocurridas.

Sin embargo, asumir la posibilidad de existencia de un estado estacionario implica suponer que cualquier estado del sistema ME depende por lo menos de un estado inmediatamente anterior, y además, que todos o un número significativo de los estados posibles pueden volver a ocurrir luego de cierto número de transiciones (Proceso Markoviano total o parcialmente ergódico) [Markov et al, 1971].

Consecuencias. Corroboración empírica necesaria

La verificación empírica de la posibilidad de un estado estacionario del sistema ME implica:

1. Elección de una variable o conjunto de variables Y_t que represente el estado de ME en cualquier punto t del intervalo temporal estudiado.
2. Elección de la tecnología necesaria para medir Y_t y registrar su historia luego de un número significativo de transiciones. Desarrollar proceso de simulación.
3. Constitución del acervo de datos y construcción de los algoritmos específicos para la elaboración de la información requerida como salida.
4. Diseñar experimentos – ex ante – para verificar la consistencia de la hipótesis de dependencia de cada estado de por lo menos el último estado anterior.
5. Verificación de consistencia de la hipótesis de accesibilidad de estados cualesquiera entre sí a través de distintas transiciones (Regresión multivariable y correlación).
6. Generación de un proceso de simulación por eventos o por tiempo homogéneo, a gran escala de datos y con un tamaño de muestra acorde con los niveles de significación deseados para el contraste.

3. COMPORTAMIENTO DESEABLE DE LOS ACTORES QUE INTERVIENEN EN LA TOMA DE DECISIÓN EN EL MARCO DEL SISTEMA COMPLEJO ME

1. Dentro del sistema ME existen n subsistemas de toma de decisión (organizaciones humanas micro y macroeconómicas), denominados STD en este análisis. Cada decisión genera acciones sobre el sistema en un punto t del intervalo temporal, que inciden en el estado del mismo en el punto $t+1$. Los resultados observables responderán a la influencia de esas acciones (producidas por un sistema de criterios decisionales que responden al concepto Genotipo Decisional Existente, GDE) y a variables y relaciones propias del sistema ecológico. La representación del proceso es posible considerando probabilidades condicionales y un árbol Bayesiano correspondiente a eventos posibles. El estado del sistema constituye el fenotipo evolutivo de ME.
2. Considerando la teoría de la utilidad, es posible asociar a cada decisión en t una función de valor económico $V(t)$, a efectos de medir el valor del resultado de esa decisión.
3. No se asume la existencia de un estado óptimo. En el Modelo se plantea como más apropiado seguir el Criterio de Haken y Knyazeva, *considerando el futuro como abierto, existiendo, sin embargo, un número no arbitrario de posibles formas de evolución* (Haken y Knyazeva, 2000).
4. Supuestos de comportamiento de los actores (STD) que deciden conforme a un conjunto de criterios de decisión (Genotipo Decisional Planeado, GDP).

4.1 Los actores que toman decisiones son racionales y, si pudieran, adoptarían una política óptima entre el estado inicial y un estado final cualquiera.

Se denominará **política** al conjunto sucesivo de decisiones **D_i** , tomadas a lo largo del tiempo, cuando la variable **Y_t** toma el valor **i** .

En un conjunto de decisiones sucesivas (**política**) suficientemente extendido, existirá por lo menos una política óptima entre el estado inicial y el estado final, que alcance el óptimo de la Función, conforme al Teorema de Optimalidad de Bellmann (Bellmann, 1957; Prawda, 1971):

$$F = F \{V (D_i)\}$$

4.2 Los actores STD que toman decisiones pueden acordar un compromiso (contrato) sobre cuál sería el estado estacionario deseado (en caso de existir) por todos respecto del Sistema ME.

Se denominará **VED** al vector de probabilidades de estado correspondiente a ese estado estacionario deseado final (**EFD**).

La información previa implica asumir la convergencia bajo la consideración “extendida” de teoremas de convergencia en Teoría de la Probabilidad (Sagula, 2004).

Sin embargo, también es posible que el sistema pueda alcanzar un estado estacionario *no deseado*, representado por un vector de probabilidades que se denotará **VEND**.

4.3 Los actores STD son racionales y acuerdan la conveniencia de aplicar metodologías que aseguren la calidad en el proceso de toma de decisiones respecto de ME, definiendo un propósito a futuro, del cual debieran surgir objetivos y metas de gestión para orientar y verificar las acciones efectivas.

4. SITUACIÓN POTENCIAL (CASO FOREST)

Se plantea una situación potencial para la aplicación del modelo en estudio:

Se requiere realizar un proyecto de ingeniería cuyo objetivo es explotar los recursos forestales renovables de una región X, y utilizar una vía navegable cercana a X para transportar madera y pasta de celulosa a una región Y. El proyecto contempla la construcción de una planta industrial en X, de un puerto en X, y de una carretera paralela a la vía navegable entre X e Y. Dada la topografía de la región, la empresa de ingeniería Obras Civiles SA (OCSA), responsable de ejecutar el proyecto integral, determina la traza que *asegure el costo mínimo de ejecución en tiempo y forma*. (Optimización del problema para la empresa OCSA).

Se espera que luego de finalizar el proyecto, mejore considerablemente la calidad de vida de poblaciones cercanas al nodo distribuidor Y, asegurando además importantes beneficios a las dos economías regionales, que poseen importantes poblaciones con alto nivel de desempleo.

Sin embargo, la traza que asegura el costo mínimo no contempla una restricción potencial impuesta por autoridades responsables de un Área Protegida (Parque Nacional), que advierte sobre el daño irreversible que puede causar el proyecto a *la sustentabilidad de los “corredores biológicos del parque”*.

Además, existe una organización no gubernamental en la región X que se opone a la instalación de la Planta industrial, pues asegura que provocaría contaminación ambiental irreversible y a más de ello, eliminaría la explotación del negocio turístico, base de un alto porcentaje de la población.

La modificación de traza para no atravesar el Área Protegida provoca un incremento de costo del proyecto que hace inviable su factibilidad económica.

Esta situación plantea un típico conflicto de intereses entre varios subsistemas de los agentes (STD) tomadores de decisión que intervienen: 1) Autoridades de Parques Nacionales; 2) Ciudadanos de las poblaciones en el entorno de Y que no recibirían los beneficios de la ejecución del proyecto; 3) Autoridades locales que apoyan el proyecto y aprobaron la licitación; 4) La empresa OCSA.

La posible solución a esta situación problemática no admite un proceso de optimización parcial para cada subsistema de toma de decisión, y no se tiene certeza que existe en tales condiciones.

5. CONSECUENCIAS

Situaciones como las planteadas en el ejemplo propuesto, dan lugar a la necesidad de crear, en primer lugar, condiciones adecuadas para generar un comportamiento acordado entre los actores que deberán tomar decisiones (STD). Esto implica, como primera etapa, alcanzar un estado de consenso para revisar la situación de partida y definir un *propósito común* a futuro.

Al efecto, es adecuado aplicar los procesos de enfoque estratégicos basados en la definición del conjunto de logros deseables, el marco de criterios de decisión referentes y el diseño del *genotipo generador de decisiones* planeado (GDP).

En segundo lugar, es necesario alcanzar un acuerdo (contrato) sobre el estado final deseable (EFD) del sistema global ME. Esto es posible si se asegura un proceso de decisiones basado en la garantía de calidad de análisis de los *criterios* definidos por los involucrados (STD) en los resultados de las decisiones tomadas respecto de ME.

Sin embargo, para lograr ese nivel de acuerdo y asegurar el control de calidad del proceso de decisiones secuenciales, es apropiado asegurar el Desarrollo Organizacional de los grupos STD involucrados, mediante cuatro etapas esenciales, a saber:

1. Un programa de generación de consenso y capacitación entre los tomadores de decisión que afecten directa o indirectamente al sistema complejo ME (ecológico/social/económico).
2. Un proceso de revisión y formulación estratégica de carácter periódico.
3. Un diseño de criterios de decisión y genotipo decisional adecuado para lograr el propósito (**GDP**).
4. La determinación del costo del desvío respecto al estado estacionario deseable acordado.

Como se ha visto, determinada una alternativa cualquiera, existiría por lo menos una política óptima en el sentido de Bellman que permitiría optimizar $F = F \{V (Di)\}$. Toda política distinta de este óptimo incurriría en un costo de desvío de trayectoria.

6. CONCLUSIONES DEL MODELO GENERAL

1. Estimación prospectiva del desvío potencial

Dado que el proceso evolutivo de ME en T es aleatorio y obedece a la irreversibilidad planteada por el segundo principio de la termodinámica, con entropía siempre creciente para el conjunto, cada decisión D_i responde a un genotipo evolutivo cuasiconstante en el proceso cultural decisorio de los STD, dentro de un lapso generacional cultural de tiempo dado.

Los fenotipos generados que pueden asociarse a los estados posibles del sistema son impredecibles, aleatorios, sin simetría temporal y acordes a sendas evolutivas no lineales.

2. Estimación de impacto en términos de valor asociado a la calidad de la economía ecológica

Desde la ocurrencia de ciertos D_i pueden generarse estados no determinados (cuasi-caóticos), pero si el proceso es Markoviano y ergódico (total o parcialmente), es factible simular la trayectoria hacia un estado estacionario (espacio de atractores con distinta probabilidad) hacia el cual el sistema evolucionaría como consecuencia de un número suficientemente grande de transiciones, si no se modifica la estructura generadora de los D_i (genotipo decisonal o GD).

El estado estacionario no deseable VEND (al cual se llegaría) permite medir el desvío potencial límite, como así también el costo involucrado en términos de valor asociado a opciones alejadas de la mínima entropía posible (Georgescu-Roegen, 1971; Agulla, 1994).

3. Necesidad de un contrato sustentable consensuado

Como conclusión se afirma la importancia de aplicar metodologías que aseguren la calidad en el proceso decisonal de los STD con respecto al sistema ME definiendo un propósito a mediano o largo plazo, a partir del cual deberían surgir objetivos y metas de gestión para orientar y verificar las acciones efectivas.

En este sentido, resulta adecuada la metodología APC (Aproximación pro-activa al cambio) desarrollada en este y otros trabajos de características similares (Tolón Estarellés, 2003).

7. APLICACIÓN DEL MODELO EN INGENIERÍA

INTRODUCCIÓN

Las organizaciones, en su proceso de desarrollo, maduración y muerte, interactúan entre sí en un contexto en el cual - por lo general - no existen formas cooperativas, sino de búsqueda del óptimo individual (Sistemas de libre concurrencia de capitales).

A su vez, los cambios de paradigma y el surgimiento de nuevos espacios conceptuales sostenidos por formas crecientes de poder, plantean nuevas restricciones en el modelo (ecología, respeto por comunidades y culturas). Un ejemplo palpable es el surgimiento de la RSE (Responsabilidad Social Empresaria) en toda definición o revisión de Propósito Organizacional empresario.

Una situación problemática frecuente se plantea en proyectos de ingeniería (vialidad, transporte de fluidos, plantas de procesamiento de celulosa, etc.) en los cuales los objetivos planteados desde el sistema-empresa, en procesos de optimización lineal o no lineal, deben replantearse de hecho en sistemas más amplios, integrando nuevas restricciones impuestas con distinto grado de poder por agentes con capacidad de tomar decisiones en el contexto externo.

En situaciones similares a las del ejemplo se afirma la importancia de aplicar metodologías que aseguren la calidad en el proceso decisional de los STD con respecto al sistema ME, definiendo:

1. Un propósito a futuro, del cual debieran surgir objetivos y metas de gestión para orientar y verificar las acciones efectivas.
 2. Instalando en el contexto de los STD una cultura y gestión de conocimiento que asegure calidad del proceso decisional.
- ***Los proyectos de ingeniería se basan en un fuerte componente de ciencia aplicada en su definición, pero es en la ejecución de los mismos donde es imperativo el arte de conformar contratos sustentables de acción (que además sean ejecutables).***
 - ***Este proceso es, en sí mismo, un proceso heurístico de generación de conocimiento.***

8. DESARROLLO DEL MODELO SOBRE LA SITUACIÓN POTENCIAL (CASO FOREST)

La aplicación del Modelo se sintetiza seguidamente:

Como primera etapa, alcanzar un estado de consenso para revisar la situación de partida y definir un propósito común a futuro entre los distintos grupos STD de toma de decisión que se hallan involucrados. (Definición de logros deseables, criterios obligatorios y deseables de decisión y diseño del "genotipo" planeado capaz de generar decisiones en cada etapa (GDP)).

En segundo lugar, es necesario alcanzar un acuerdo (contrato) sobre el estado final deseable (EFD) del sistema que comprende a poblaciones y autoridades de gobierno de X e Y, autoridades de Parques Nacionales, empresa OCSA.

Para asegurar lo anterior, es necesario ejecutar un programa de generación de consenso y capacitación entre los tomadores de decisión que afecten directa o indirectamente al sistema complejo ecológico/social/económico, un proceso de revisión y formulación estratégica periódica vinculada al problema y diseñar criterios de decisión y genotipo decisional adecuado para lograr el propósito (GDP).

Por último, es necesario medir el costo del desvío respecto al estado estacionario deseable acordado.

Seguidamente, se describe un ejemplo de cómo puede medirse el estado de partida de uno de los subsistemas bajo la autoridad de Parques Nacionales y la determinación del estado EFD.

9. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE MODEPEC ©

A partir del Año 2005, se constituyó en la ciudad de Mar del Plata (Argentina) un equipo de investigación, a cargo del Dr. Adrián Monjeau (Director del Departamento de Investigación y Desarrollo de la Universidad Atlántida Argentina) con el propósito de estudiar la factibilidad de aplicación de Modepec © (Hale, 1997; Marín, 1977, Tolón Estarellés, 2003) al análisis de áreas protegidas (Monjeau, 2006). En las Figuras 1 y 4 se sintetizan la metodología general del modelo y su aplicación específica respectivamente.

La primera experiencia, a nivel de un taller de análisis de situación con integrantes de parques nacionales, aplicando parcialmente el modelo (Análisis Situacional, Criterios de Decisión), logró legitimidad de consenso en el grupo STD de decisión y alentó a seguir el estudio.

El modelo Modepec © permitió facilitar, a partir del conocimiento técnico específico, un Análisis de Situación de la gestión del punto de partida y un proceso de construcción del EFD (Estado final deseado) legitimado entre el conjunto de los tomadores de decisión.

Sin embargo, está en desarrollo la construcción del modelo matemático más adecuado para evaluar la política (o camino decisional más adecuado).

El Dr. Monjeau ha desarrollado el modelo para definir, mediante apoyo de lectura satelital, el estado de una determinada región, a partir de las variables ecológicas relevantes en su zona de interés.

En la Figura 2 puede observarse el proceso para medir el estado de la zona en el instante de observación y su evolución ante posibles variables que actúen. Monjeau et al. Han desarrollado índices que miden el impacto y la sensibilidad de respuesta de la zona protegida a la eventual acción de esas variables; así, se permite definir un vector de estado $V(t)$.

Por otro lado, la Figura 3 sintetiza que mediante un proceso de construcción de Estado Final Deseable (EFD), entre los grupos de decisiones responsables del resguardo de la zona protegida, es posible determinar la imagen ideal que debería presentar el parque en el futuro (t_3).

10. CONCLUSIONES GENERALES SOBRE EL MODELO

El modelo propuesto, que se ha desarrollado estructuralmente en este artículo, vincula tres niveles de construcción del conocimiento.

En primer lugar, se procede a determinar un estado de situación en cualquier instante t de observación del fenómeno referido al sistema complejo en estudio. Al efecto, es necesario asegurar la mejor selección de criterios, variables y relaciones que definirán la consistencia de la observación.

En segundo lugar, se plantea la determinación de un estado final deseable, como construcción, en un contexto social con poder de decisión, con el propósito de definir, conforme a los mismos criterios del análisis de situación, el punto de referencia que *debería* alcanzarse. Esto requiere explicitar y legitimar en dicho contexto social el “convexo” de soluciones factibles admitidas.

En tercer lugar, se pasa al “kernel” del modelo postulado, pues corresponde al nivel esencial de la operación efectiva que debiera hacerse sobre el sistema complejo, con el propósito que los estados asociados a t , $t+1$, $t+2$,..., $t+r$ tendieran al estado final deseado legitimado. En este nivel, la criticidad y por ende, el hecho decisivo, se traduce en el diseño del modelo matemático que mejor explique, en un proceso heurístico de construcción del conocimiento, el camino que en forma lo suficientemente plausible y con menor costo aproxime al estado final deseado.

11. CONCLUSIONES DE EXPECTATIVAS DE APLICACIÓN A FUTURO

La creciente preocupación sobre el estudio y tratamiento de los sistemas complejos, induce a pensar que los estudios y modelos que permitan integrar en un proceso de gestión, los distintos niveles cognitivos disponibles serán cada vez más requeridos para actuar sobre la complejidad con mayor calidad de proceso, sin dejar de atender su proyección en dichos términos a lo largo del tiempo que dure la aplicación.

En el marco de esa creciente demanda de respuestas, pero adicionalmente en el estado de viabilidad, el modelo Modepec© propone un curso posible de acción, basado en una metodología de gestión de conocimiento cuyo objetivo esencial se centra en asegurar la calidad de las decisiones de la estrategia de intervención sobre el sistema complejo.

Debe destacarse que la expectativa de aplicación está sujeta fuertemente a la capacidad de asegurar la definición y sustentabilidad de un “contrato” o “estado final deseable” a largo plazo, en un contexto social en el cual definimos el sistema complejo en estudio. Por otro lado, la toma de conciencia de la necesidad de definir el “convexo” de soluciones factibles y la elección legitimada de los criterios de análisis de situación son cuestiones determinantes.

Por último, si esos niveles están asegurados, el problema y su resolución heurística estarán circunscritos a la propia calidad de la gestión, como así también a la calidad inherente al conocimiento involucrado, nuclear en la construcción a modelar.

12. SEGUIMIENTO PROSPECTIVO DEL PROGRAMA A MEDIANO PLAZO

Esta introducción propone un plan de trabajo para avanzar en los tres niveles citados:

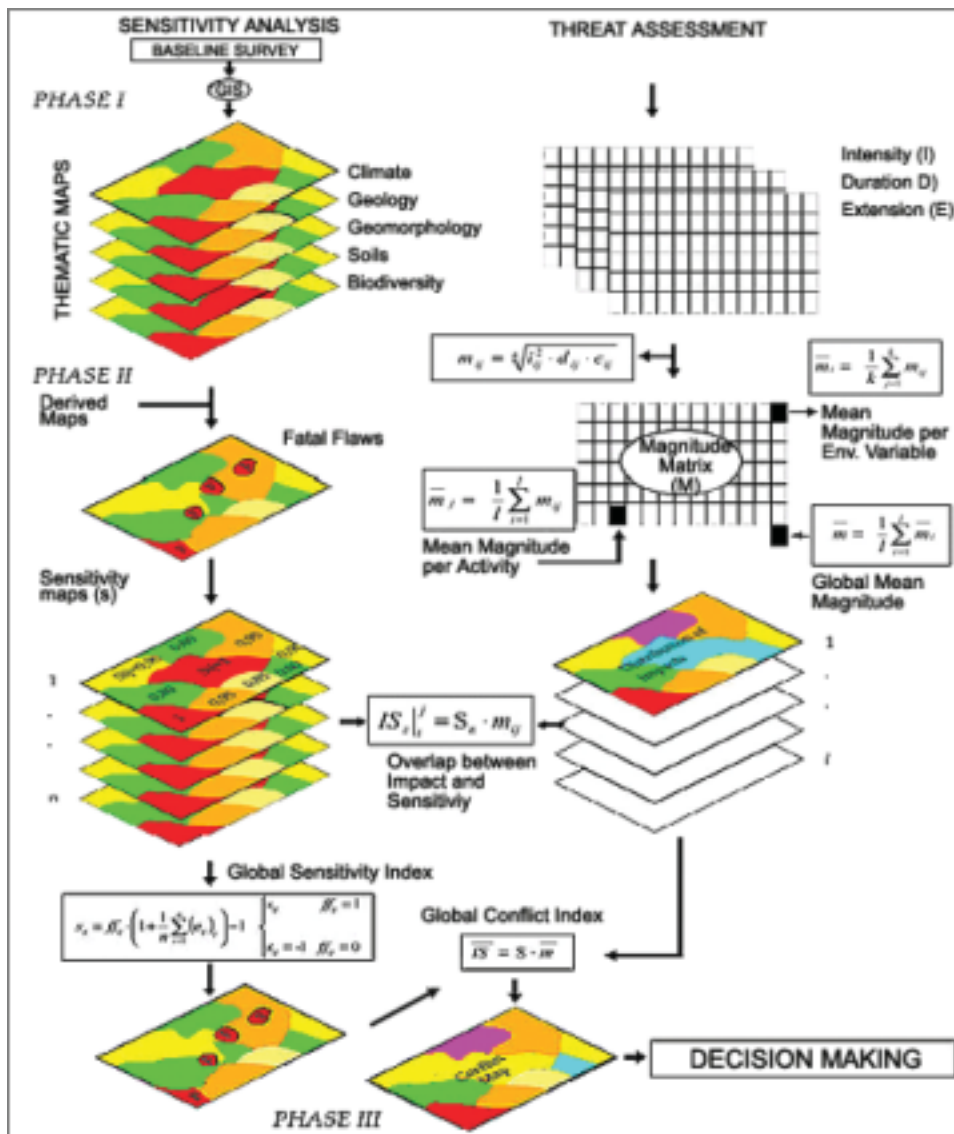
1. Desarrollar una biblioteca paralela de casos de estudio, correspondientes a la determinación de cada Estado Final Deseado (EFD), particularmente, en distintos ámbitos vinculados a los sistemas de áreas protegidas de Recursos Naturales.
2. Asegurar la consistencia de los criterios y la medición de las variables que determinen el análisis de situación en cada instante de observación.
3. Definir y desarrollar el modelo matemático más adecuado que permita guiar la estrategia de operación efectiva sobre el sistema complejo real.

FIGURA 1: Síntesis del diagrama global del modelo



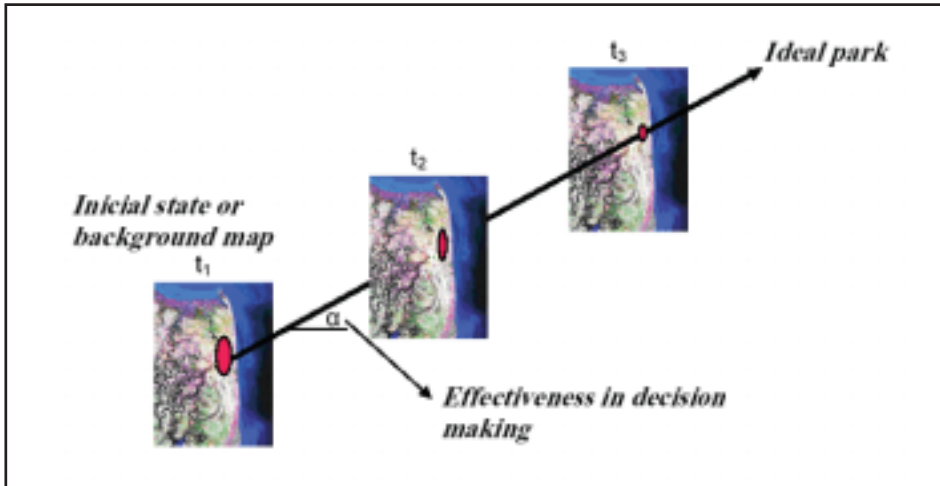
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 2: Proceso de Medición de estado



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 3: Proceso de construcción de Estado Final Deseable



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 4: Diagrama general de la aplicación desarrollada



Fuente: Elaboración propia.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Agulla, Jorge Carlos (1994): *Reflexiones sobre un Nuevo orden científico (A propósito de un trabajo de Ilya Prigogine)*, Separata de Anales de la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires.
- Bellmann, R. (1957): *Dynamic Programming*, Princeton University Press.
- Georgescu-Roegen (1971): *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Haken, H. y Knyazeva, H. (2000): *Arbitrariness in nature: Synergetics and evolutionary laws of prohibition*. Journal for General Philosophy of Science 31: 57-73.
- Markov, Chapman y Kolmogorov (1961): *Procesos Estocásticos. Investigación de Operaciones*, Kaufmann, CECSA.
- Marín, Isidoro (1977): *La Programación Lineal en el Proceso de Decisión*. Macchi Ediciones.
- Hale, Guy A., (1996): *The Leader's Edge*, Irwin Professional Publishing, New York.
- Monjeau, Adrián, (2006) Criterios Ecológicos para la toma de decisión en Áreas Protegidas, Universidad Atlántida Argentina
- Prawda, J. (1971) *Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones*, Limusa.
- Sagula, Jorge E. (2004): *Fundamentos de Estadística y Probabilidad*, Universidad Americana, Asunción, Paraguay.
- Tolón Estarellés, Pedro (2003): *Los sistemas complejos, la ingeniería industrial y los paradigmas de enfoque estratégico*, Rev. Nº 69 del Consejo Profesional de Ingeniería Industrial, pp. 27-30.
- Ukihiro Nonata - Hirotaka Takeuchi (1999): *La organización creadora de Conocimiento* - Oxford University Press.