

MODELACIÓN DE LA DESERTIFICACIÓN A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE INDICADORES BIOFÍSICOS Y SOCIALES

*Fernando Santibáñez**

*Raúl Aguilera***

INTRODUCCIÓN

Los impactos ambientales y socio-económicos del proceso de desertificación, son difíciles de evaluar debido a su gradualidad temporal y a su extensa repartición a través del territorio.

A pesar de la magnitud de este problema de facetas ambientales y sociales, no existen métodos claros de evaluación basados en variables físicas, biológicas y sociales que permitan describir la naturaleza, la intensidad y la extensión espacial del fenómeno. Existen numerosos esfuerzos cuyos resultados son extensos listados de indicadores, que no llegan a traducirse en productos de información sintéticos y comprensibles para quienes toman las decisiones.

La tarea de proponer modelos de integración de estos indicadores, que ordenen y jerarquicen la información en torno a diagnósticos claros y fácilmente interpretables, es una tarea pendiente. Muchas fuerzas *estresoras* provienen de un ámbito que va más allá de lo estrictamente local, por lo que la desertificación no puede ser interpretada restringiendo el análisis a los límites de un territorio pequeño. Es así como las políticas gubernamentales pueden transformarse en factores que favorecen, o al menos permiten contemplativamente, los procesos de desertificación del territorio sin mostrar efectividad en la detención o en la reversión del proceso.

Para simplificar toda esta complejidad, se hace necesario contar con un sistema de indicadores válidos que traduzcan en forma simple el qué, cuánto y dónde de los fenómenos vinculados a la desertificación, ellos deben permitir generar una radiografía que facilite la identificación de los factores *estresores*, de las variables de estado que revelan puntos críticos y de las posibles respuestas de los sistemas territoriales frente a la acción y a la inacción.

* Bio-climatólogo, Universidad de Chile, Santiago.

** Ingeniero Electrónico, Universidad de Chile, Santiago.

Para aprovechar la potencia de las tecnologías modernas de la información, las variables que describen el sistema territorial deben ser traducidas a escalas numéricas que representen el estado o la intensidad de un fenómeno. Las variables estadísticas o medidas, instrumentalmente se expresan en valores continuos, por lo que pueden fácilmente ser traducidas a un sistema de escala numérica de 5 a 7 valores. Las variables no instrumentales, provenientes de evaluaciones o calificaciones expertas, pueden igualmente ser transferidas a un sistema de escala de valores que las hace equivalentes a las primeras.

Un sistema de indicadores de la desertificación forzosamente lleva a la necesidad de integrar una gran cantidad de información, de modelos y de estándares (escalas de evaluación y líneas base cuando ellas se puedan establecer). Si se agrega a esta complejidad la necesidad de adicionar la visión espacial, es decir, la expresión cartográfica de la información original y de los resultados, es preciso contar con instrumentos que permitan manejar grandes volúmenes de datos y operadores de esta información. La ausencia de este tipo de herramientas de fácil manejo y operación ha limitado fuertemente el uso operacional de sistemas de indicadores. Apuntando a esta necesidad, el proyecto plantea desarrollar un sistema computacional ad hoc para manejar sistemas de indicadores ambientales.

El sistema que se propone desarrollar permitirá crear y manejar bases de datos, construir indicadores mediante protocolos creados por un usuario, crear modelos más complejos para agregar la información en torno a superíndices, mapear de una manera versátil la información original y los indicadores, y generar productos cartográficos georeferenciados de fácil comprensión para quienes toman decisiones o elaboren las políticas.

La desertificación en Chile es un proceso que ha adquirido dimensiones ambientales y sociales importantes durante el siglo recién pasado. Los impactos ambientales y socio-económicos de este proceso son difíciles de evaluar, debido a la gradualidad de éste y a su extensa repartición a través del territorio.

Los procesos de desertificación antrópica comenzaron en Chile durante la Colonia, cuando el territorio comenzó a poblarse y surgieron necesidades crecientes de alimentos y materias primas. El cultivo en pendientes, la deforestación, la introducción de la ganadería y las obras de riego comenzaron a proliferar en la región central, poniendo en riesgo la integridad de los recursos naturales, especialmente del suelo, y los recursos bióticos. Se agregó a esta transformación del paisaje una creciente actividad minera, primero salitrera y luego de cobre y hierro. Durante el siglo XIX y el primer tercio del siglo XX, gran parte de la cual tuvo como sustento energético a la biomasa extraída de la cubierta vegetal nativa.

En la segunda mitad del siglo XIX y principios del XX el país vivió una creciente presión por exportar cereales hacia toda la costa del Pacífico hasta California,

lo que estimuló el cultivo en los suelos graníticos de la costa, con topografías onduladas y extremadamente susceptibles a la erosión. Este hecho dejó una profunda herencia erosiva de alrededor de ocho millones de hectáreas entre Valparaíso y Osorno.

Se ha agregado a esto, durante los últimos 100 años, una marcada tendencia pluviométrica declinante que ha reducido la precipitación anual entre 20 y 25% en una extensa región entre Copiapó y Valdivia, esto presiona fuertemente tanto a los ecosistemas como a los recursos hídricos a cambiar hacia un estado más árido y menos productivo.

En la actualidad la desertificación del territorio ha avanzado profundamente hacia la zona central del país, afectando ecosistemas y asentamientos humanos, agravando los problemas de marginación y pobreza.

No obstante, la desertificación es un problema que afecta a un número significativo de países en el planeta, no existen métodos claros de evaluación basados en variables físicas, biológicas y sociales que permitan describir la naturaleza, la intensidad y la extensión espacial del fenómeno.

En varias regiones del mundo sujetas a procesos de desertificación, se han hecho intentos por proponer sistemas de indicadores para representar el estado de la degradación ambiental y social. A pesar de esto no se ha establecido un sistema que sea aplicable a distintas regiones y situaciones, esto se debe, en gran medida, a que a estos esfuerzos les ha faltado la capacidad de proponer modelos de integración de la información, quedando todo circunscrito a la confección de listados extensos de indicadores que no llegan a traducirse en productos de información sintéticos y comprensibles para quienes toman las decisiones.

Proponer modelos de integración no es fácil si se consideran las complejas interrelaciones que se establecen entre la población y los recursos naturales. Por lo general, el ser humano no busca deliberadamente hacer una explotación que agote los recursos, sino más bien ella resulta de carencias fundamentales tanto de tecnología como de capital, junto a una necesidad apremiante de obtener el sustento. En la medida que de la relación ser humano/recursos van apareciendo las externalidades negativas, las posibilidades de obtener tecnología y capital se van haciendo aun más remotas, iniciándose el ciclo pobreza/desertificación.

Lo anterior sugiere la imposibilidad de comprender la dinámica de la desertificación observando la sola perspectiva ambiental. La sociedad es origen y destino de los fenómenos que explican la degradación del territorio y de la calidad de vida de los habitantes, ni siquiera es posible explicar este fenómeno restringiendo el análisis a los límites de un territorio pequeño, por cuanto muchas fuerzas *estresoras* provienen de un ámbito que va más allá de lo estrictamente local.

Es así como las políticas gubernamentales pueden transformarse en factores que favorecen, o al menos permiten contemplativamente, los procesos de desertificación del territorio sin mostrar efectividad en la detención o en la reversión del proceso.

Muchas de las acciones para detener el proceso de desertificación ni siquiera tienen que ver directamente con la naturaleza biofísica de este fenómeno, sino más bien, con aliviar indirectamente los factores de presión sobre los recursos naturales. Es fundamental, por lo tanto, conocer hasta dónde el proceso debe ser intervenido apuntando a sus componentes y procesos intrínsecos, a través de acciones indirectas que creen condiciones favorables al uso sustentable de los recursos y, en casos extremos, para el *no uso* de estos.

La representación de un proceso natural mediante un modelo cuantitativo, requiere de un importante esfuerzo por poner en lenguaje numérico tanto las variables de estado como las variables auxiliares (presiones) del sistema. En muchos casos, especialmente dentro del ámbito social, las variables no pueden ser medidas por una unidad numérica, sino más bien, ellas deben ser calificadas a través de escalas conceptuales tales como: muy bueno, bueno, regular, malo y muy malo. Con fines puramente computacionales, estas calificaciones pueden ser traducidas a una escala de 1 a 5, lo que en esencia es lo mismo que lo anterior, pero ello permite su integración a modelos numéricos y un tratamiento automatizado compatible con SIG.

La traducción de las escalas conceptuales a escalas numéricas abre un campo vasto de posibilidades para el uso de sistemas expertos de evaluación, aplicables aun a las variables ambientales cuando ellas no pueden ser evaluadas en tiempos y costos razonables mediante métodos instrumentales.

De esta forma, todas las variables que describen el sistema territorial pueden ser traducidas a escalas numéricas que representen el estado o la intensidad de un fenómeno. Las variables estadísticas o que son medidas instrumentalmente se expresan en valores continuos, por lo que pueden fácilmente ser traducidas a un sistema discreto o escala de 5 a 7 valores. Las variables no instrumentales, provenientes de evaluaciones o calificaciones expertas, pueden igualmente ser transferidas a un sistema de escalas de valores que las hace equivalentes a las primeras.

Dependiendo de la naturaleza de una variable, los conceptos asociados a cada grado numérico cambian. A modo de ejemplo, el cuadro siguiente resume algunas de las escalas conceptuales a ser utilizadas:

Indice	Intensidad	Abundancia	Calidad	Riqueza	Frecuencia
1	Muy bajo	Muy escaso	Muy malo	Muy pobre	Muy raro
2	Bajo	Escaso	Malo	Pobre	Raro
3	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
4	Alto	Abundante	Bueno	Rico	Frecuente
5	Muy alto	Muy abundante	Muy bueno	Muy rico	Muy frecuente

Las escalas para la evaluación experta son diversas, pero la escala numérica unifica todos los sistemas.

Los recursos naturales, al igual que los componentes sociales son las entidades constituyentes (subsistemas) de un sistema territorial. Cada una de las entidades (suelo, vegetación, agua, componentes sociales), recibe diversas presiones producto de la acción humana y de sus formas de producción y organización social. Estas presiones se traducen en fuerzas que inducen a las entidades hacia cambios que hasta cierta magnitud, pueden ser regenerados por la propia energía interna de los subsistemas. Cuando se sobrepasan los límites de resiliencia de los sistemas, los cambios se hacen permanentes y solo puede recuperarse el estado inicial agregando energías externas al sistema, es decir, mediante acciones orientadas específicamente a la restauración del medio o de los componentes sociales.

Los conceptos anteriormente descritos pueden simplificarse mediante el clásico esquema de **Presión – Estado – Respuesta**. En este esquema se entienden como respuestas a las acciones humanas como una reacción frente a la ocurrencia de los efectos indeseados de la degradación ambiental. A nuestro entender, esto lleva a una confusión entre lo que son las respuestas de los sistemas naturales como fenómenos biológicos y físicos, y las reacciones humanas tendientes a adaptarse, evitar, mitigar o reparar las situaciones que van creando la desertificación. Las respuestas de los sistemas naturales son estrictamente un efecto de la presión a que son sometidos, mientras que las respuestas sociales están interferidas por factores económicos, tecnológicos, políticos y culturales. Siendo estos dos grupos de respuesta de naturaleza completamente diferente, creemos conveniente separarlos de modo de modelarlos por separado.

En este proyecto proponemos continuar llamándoles *respuestas* a los primeros, por cuanto hay relaciones de causalidad más directas, mientras que a las reacciones humanas preferiremos llamarles *acciones*. Así, el esquema queda conformado por los conceptos **Presión – Estado – Respuesta – Acción**. El conjunto de acciones conformarán una estrategia y el conjunto de estrategias una política. Queda así establecido un ordenamiento conceptual más claro, fácil de modelar y comprender.

Una vez establecido el esquema de trabajo, definidas las entidades, encontrado el conjunto mínimo necesario de indicadores, elegidas las escalas de evaluación (de 5 ó 7 grados) para cada indicador y definida la metodología de evaluación, se hace necesario definir las formas de agrupar la información en torno a super-índices que, por una parte, simplifiquen la evaluación y, por otra, permitan una mejor comprensión de los fenómenos. Se entenderá como super-índices, a modo de ejemplo, a la pobreza, la calidad de vida, la salud, la integración social, la degradación física del suelo, la biodiversidad, la estructura de la cubierta vegetal, la calidad del agua y otros, cada uno de los cuales son función de varias variables. Cada super-índice puede ser, por lo tanto, considerado como un modelo cuyo contenido multivariado, expresa el estado, las presiones o las respuestas de cada subsistema.

En este ordenamiento de información se abre un campo infinito de creación intelectual, por cuanto los modelos pueden ser entendidos como simples operaciones booleanas entre dos o más variables, o complejas simulaciones dinámicas cuyo resultado final contiene el estado de un subsistema. Este último caso es, por ejemplo, el de los modelos de productividad primaria donde la producción anual de materia seca por un sistema reúne la interacción de un gran número de variables.

Este proyecto plantea profundizar en el uso de sistemas de agregación de variables en torno a modelos, privilegiando los simples, pero sin descartar el uso de modelos más complejos si ellos se estiman importantes.

Así concebido, el sistema se constituye en un SIG liviano, de fácil manejo, claramente orientado hacia la modelación de información ambiental. Un software de este tipo, desarrollado en Chile, facilitará el uso de técnicas de SIG por otros investigadores que trabajen en este tema y para quienes el uso de los SIG comerciales puede ser caro y técnicamente difícil de mantener al día.

En síntesis el proyecto se propone como metas las de hacer un esfuerzo significativo en la selección de indicadores de la desertificación válidos para la realidad chilena, en el establecimiento de los modelos de integración que ayuden a estructurar estos indicadores, en el desarrollo de metodologías de campo para la evaluación de indicadores ambientales y, en el desarrollo de un software nacional para la gestión de sistemas de monitoreo de la desertificación.

OBJETIVO GENERAL

Establecer un modelo de indicadores biofísicos y sociales válidos para la realidad chilena, que permita evaluar la presión a que están siendo sometidos los recursos naturales, el estado de los mismos y las condiciones de vida de la población, así como las tendencias de los procesos de la degradación ambiental y de la calidad de vida de los asentamientos humanos en zonas áridas y semiáridas de Chile.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Seleccionar y probar indicadores mediante un sistema participativo, que representen adecuadamente a los fenómenos y procesos de la desertificación en Chile.

Evaluar la degradación ambiental y los fenómenos que afectan a la calidad de vida de la población, mediante un lenguaje explícito basado en índices numéricos, en una área piloto de la región árida de Chile.

Desarrollar sistemas cartográficos para la representación de la naturaleza, intensidad y repartición espacial de la desertificación.

Desarrollar un software nacional para la administración de sistemas de indicadores, la modelación de estos en torno a los procesos constituyentes de la degradación ambiental y mapeo automatizado de la desertificación.

HIPÓTESIS

La degradación ambiental asociada a la desertificación, así como los impactos que ésta provoca en las poblaciones humanas, puede ser adecuadamente evaluada a través de variables cuantificables mediante métodos expertos, estadísticos e instrumentales.

La integración de estas variables en un modelo conceptual permite representar en un sistema georeferenciado, la naturaleza de sus componentes, la intensidad de la desertificación y la localización de los problemas que este proceso está creando, de modo de mejorar la comprensión de éste.

Acerca de la primera hipótesis

El lenguaje numérico normaliza las escalas de evaluación, lo que permitirá manejar en un lenguaje común, variables de distinta naturaleza, posibilitando su tratamiento mediante Sistemas de Información Geográficos. El uso de este lenguaje numérico normalizado permitirá, además, dar un tratamiento homogéneo a las variables medidas instrumentalmente y a las evaluadas por valoración experta.

Acerca de la segunda hipótesis

El ordenamiento de las variables que intervienen en la desertificación, mediante un modelo analítico, ayudará a hacer explícito el modelo mental que cada uno tiene de este proceso, sirviendo de matriz para unificar conceptos e intercambiar experiencias entre las personas que trabajan en el tema, quienes dispondrán de un sistema explícito y, por lo tanto, perfectible.

La desertificación es uno de los fenómenos globales más dramáticos debido a que sus impactos recaen mayormente sobre las poblaciones más pobres del planeta (Stilles 1995). El empobrecimiento de las tierras de cultivo ha sido la causa de migraciones masivas de *refugiados ambientales* desde las áreas afectadas hacia Europa principalmente (Enne et al 1998).

Eventos catastróficos de erosión del suelo, inundaciones, sedimentaciones y ciclos de sequía ocurrieron antes de que la acción humana comenzara a intervenir la naturaleza. La desertificación de origen antrópico comenzó con la formación de las primeras concentraciones humanas y la intensificación de la agricultura hace unos 8.000 años. El proceso se hizo más notorio hace unos 4.000 años, con la prosperidad de algunas civilizaciones antiguas que comenzaron a extender la agricultura hacia tierras vulnerables, a talar bosques costeros para la construcción de barcos, para la fundición de metales y hornos para la alfarería (Yassoglou, 1998). Las primeras civilizaciones importantes se asentaron precisamente en climas áridos con ecosistemas frágiles (Gastó, 1991). El avance de la era industrial durante el siglo XVIII contribuyó fuertemente a acelerar la desertificación de los territorios cercanos a las industrias y las fundiciones. En Chile, la industria del salitre y la minería fueron los factores que más gravitaron sobre la pérdida de la cubierta vegetal de las regiones al norte del río Aconcagua.

La Cumbre de la Tierra, en junio de 1992, reconoció la desertificación como uno de los fenómenos que merecen la concentración de esfuerzos para detener su avance y mitigar sus efectos sobre la población. La Agenda 21 reservó un capítulo especial a la temática (capítulo 12), recomendando la creación de sistemas de indicadores para el monitoreo de la degradación de la tierra. En ese mismo año, el PNUMA (1992) publicó el "World Atlas of Desertification", conteniendo una compilación de antecedentes sobre el estado del fenómeno en distintos continentes. En Junio de 1994 el Comité Intergubernamental dio origen a la Convención Internacional para el Combate de la Desertificación, la cual ha sido firmada por más de 100 países en el mundo.

La desertificación integra un complejo sistema con dimensiones ambientales y sociales. Cuando un territorio es afectado por la desertificación, algunos componentes resultan más afectados que otros, dependiendo de la vulnerabilidad de estos y de la naturaleza de los factores que la están causando.

Para facilitar la comprensión global del proceso de desertificación y sus efectos sobre el suelo, la vegetación, los recursos hídricos y la calidad de vida de la población, es de gran utilidad el uso de indicadores que representen propiedades y síntomas cuantificables, así como sus cambios en el espacio y el tiempo (Mendizábal, 1998).

Los sistemas de indicadores deben estar concebidos para algo más que un simple diagnóstico del proceso, ellos deben ayudar a definir las acciones y estrategias de control y de mitigación de la desertificación. La evaluación de las presiones ejercidas sobre los recursos y de la vulnerabilidad de estos, permite dimensionar los riesgos de desertificación, que pueden ser de gran utilidad en el diseño de las políticas de prevención (López-Ocaña, 1991).

La acción humana sobre los ecosistemas, cuando se hace sin un cabal conocimiento de las propiedades de estos, introduce un cierto nivel de desorganización o *incoherencias* que los hace inestables, impulsándolos hacia la degradación. Según la teoría ecológica de Gastó (1991), un sistema degradado ha perdido permanentemente información que le es esencial para su recuperación. Los indicadores podrían mostrar con cierto fundamento, donde se ha producido el mayor desgaste de información en un sistema natural, entregando pautas para su recuperación. Se debe tener presente que las zonas áridas constituyen un rico reservorio de genes que permiten a las plantas adaptarse a condiciones de estrés ambiental, la desertificación puede acabar para siempre con este patrimonio genético (Hassan and Dregne, 1997; Applin et al, 1995).

En el mundo moderno los Estados se desenvuelven en la paradoja de crear sistemas políticos respetuosos de las libertades individuales, pero con limitaciones cuando se trata de regular las relaciones entre la población y su medio ambiente. La no intervención de los Estados en esta materia puede llevar a la sociedad a un colapso ambiental de proporciones, tal como la historia en repetidas ocasiones lo ha demostrado. Para que las regulaciones impuestas por el Estado vayan en la dirección y la medida correctas, se requiere de un modelo de evaluación para dimensionar la situación presente y los cursos futuros que puede tomar la desertificación en distintos escenarios. De aquí emana la importancia de los sistemas de indicadores y los modelos de integración que reflejen lo esencial del problema, tanto en sus dimensiones ambientales como sociales (Hegazy, 1997).

Tanto los Estados como las personas no siempre tienen total comprensión de toda la gama de impactos que provocaran sus acciones (Hudson, 1999), por lo que la implementación de políticas de acción se ve facilitada con la ayuda de sistemas de indicadores que le ponen dimensión a los problemas.

La aproximación clásica a la definición de indicadores ha sido el esquema de Presión-Estado-Respuesta –PER– (Adrianase 1994). Este esquema ha servido para ordenar la definición y el rol de los indicadores, pero en la actualidad ha sido complementado con nuevos conceptos que incluyen la eficiencia del sistema institucional para reaccionar y prevenir la problemática de la desertificación (Moldan, 1995).

Cualquiera sea la aproximación adoptada, los indicadores deben representar a la dinámica de un sistema territorial complejo, que puede ser asimilado a un organismo y que, como todo organismo, es más fácil entender su comportamiento cuando se comprende el ambiente en que se desenvuelve. Conceptos inherentes a la *complejidad* son la *flexibilidad* o capacidad adaptativa frente a las presiones ambientales, la *jerarquía*, es decir, todo sistema, por complejo que sea es parte de una jerarquía mayor (Imeson et al., 1995); la *inestabilidad* o propiedad evolutiva que puede crear modificaciones permanentes y, la *creatividad* o capacidad de explorar conductas adaptativas nuevas (Clark y Perez-Trejo, 1995). Estos conceptos dan una adecuada dimensión del tipo de complejidades a abordar cuando se crean indicadores, por cuanto no existen límites claros entre lo que es *presión, estado y respuesta*. Aquello que llamamos presión puede ser el reflejo de un estado de tensión entre los individuos y su ambiente. Por otra parte, el estado de un recurso natural puede ser en sí una presión para la sociedad. Por esta razón, algunos autores proponen llamar a los cambios que sufre el ambiente como *impactos* y respuestas a los cambios conductuales (desde simples actitudes hasta complejas políticas) de la sociedad (Prescott-Allen, 1997). Algunos autores denominan a las presiones como factores forzantes, *driving forces* (OSS,1997).

Sin importar el nivel jerárquico de un indicador, este puede ir desde una simple información cuantificable instrumentalmente, hasta complejos juicios cualitativos (como por ejemplo, nivel de felicidad de las personas) (Prescott-Allen, 1997; Kosmas,1998). La ventaja de un sistema de indicadores radica justamente en la posibilidad de reunir en un solo sistema, informaciones o datos numéricos instrumentales, con aquellos provenientes de juicios expertos (a veces llamados subjetivos) traducidos a un lenguaje numérico, lo que permite un tratamiento homogéneo mediante modelos de integración.

La unificación de los indicadores y de los criterios de interpretación para las distintas regiones, tiende a crear resistencias por cuanto se invocan las diferencias ambientales y sociales que hace no comparables los procesos de desertificación en dos lugares. Esta posición está probablemente magnificando las diferencias que, por supuesto, existen, sin dar crédito a los puntos en común que siempre subyacen al problema. Se requiere, por lo tanto, de un esfuerzo orientado hacia la unificación de metodologías e indicadores (CCD Secretariat, 1997).

Uno de los primeros esfuerzos sistemáticos en la creación de matrices de indicadores lo constituyó el realizado por FAO/UNEP (1983), quienes propusieron no solo una matriz de indicadores, sino que hicieron un avance concreto hacia la construcción de índices numéricos calculados mediante operaciones booleanas entre indicadores. Esta metodología careció de sentido práctico incorporando una gran cantidad de información de difícil acceso.

Sobre la base de las propuestas metodológicas obtenidas de esta acción, en 1992 se publicó el primer mapa de la desertificación a nivel mundial (FAO/UNEP, 1992).

Existen varios proyectos realizados con cooperación internacional cuyo principal objetivo es el de elaborar sistemas de monitoreo de la desertificación utilizando indicadores. Algunos de ellos, por razones de cobertura espacial, ponen énfasis en los índices espectrales obtenidos con técnicas satelitales, entre los cuales cabe mencionar los proyectos ASMODE (Región mediterránea); CAMELEO (Changes in Arid Mediterranean Ecosystems); MEDALLUS (Mediterranean Desertification and Land Use); DeMon I y II (Integrated Approach to Desertification Mapping and Monitoring in Mediterranean Basin); RESMEDES (Remote Sensing of Mediterranean Desertification and Environmental Changes); RESYSMED (Synthesis of Change Detection Parameters into a Land Surface Change Indicator for Long Term Desertification Studies); ROSSELT (Reseaux d'Observatoires de la Région SubSahelienne); SUDDAN (Suivi de la Dynamique de la Désertification en Afrique du Nord) (Enne et al, 1998). Una de las iniciativas de mayor envergadura internacional la constituye el proyecto SCOPE (Scientific Committee On Problems of the Environment) para la creación de un Sistema de indicadores de Desarrollo Sustentable (SCOPE, 1995). Este es probablemente el proyecto con mayor nivel de estructuración orientado a crear modelos de agregación de la información, integrando variables biofísicas y sociales. Este proyecto no está orientado específicamente hacia la desertificación sino a los problemas de la sustentabilidad en general.

Un esfuerzo orientado hacia la unificación de metodologías en Latino América fue hecho a través de un proyecto de cooperación entre Chile, Brasil, Perú, Bolivia y Argentina, el cual contó con el auspicio del PNUMA. Mediante talleres participativos en cada país se logró establecer un conjunto de indicadores significativos para los cinco países (FAO/PNUMA/AGRIMED, 1997).

Si bien fue un esfuerzo significativo, no existió la posibilidad de probar las propuestas mediante aplicaciones a realidades concretas, tampoco fue posible definir modelos concretos en la dirección de los conceptos de PER, ni la vinculación de ellos con las acciones, proyectos y estrategias de detención o reversión de la desertificación.

Algunos avances en materia de modelamiento de la desertificación en Chile fueron hechos con ocasión de un proyecto sobre aplicaciones de técnicas computacionales al estudio de este fenómeno (Santibáñez y Marín, 1998). No obstante ser este un avance metodológico significativo, no se llegó al punto de generar modelos operacionales integrando indicadores, modelos y software de gestión.

Casi simultáneamente con el trabajo anterior, una cooperación entre Chile y Francia contribuyó con el desarrollo de un estudio importante en el cual se propuso una metodología para la evaluación del complejo suelo-vegetación y las respuestas sociales a la degradación en la IV Región de Chile (Universidad de Chile/ORSTOM, 1996).

Habiendo evolucionado grandemente las tecnologías de la información, uno de los desafíos actuales de los Estados es el de desarrollar sistemas de recolección y evaluación de indicadores que orienten al desarrollo en una senda sustentable, integrando la información ambiental y social (Tschirley, 1996; Bartelmus, 1995).

En Chile esta preocupación ha motivado a diversas instituciones a iniciar grupos de trabajo o promover programas, cuyo objetivo es ganar experiencia en el manejo de sistemas de indicadores ambientales y sociales: (CONAF-Implementación del Proceso de Montreal; ODEPA-Oficina de Estudios y Política Agraria; Banco Central-Proyecto de cuentas ambientales; INE-Subdepartamento de energía y medio ambiente) (CONAF,1997). El 5 de junio de 1998, mediante el Decreto Supremo 90 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, y como parte de los compromisos adquiridos en Río 92, se creó el Consejo de Desarrollo Sustentable (CDS). Esta acción responde a una preocupación mundial por retomar una senda sustentable de desarrollo. El CDS, integrado por miembros representativos de toda la sociedad, definió a los indicadores como “una herramienta imprescindible para dar seguimiento y hacer operativa la aplicación de los valores y principios contenidos en el concepto de desarrollo sustentable” (CDS, 2000). Acto seguido reconoce que en Chile no hay un avance significativo en la materia a pesar de existir algunos esfuerzos, requiriéndose un esfuerzo importante en investigación en los próximos años.

Existe otros trabajos que podrían ser citados. A pesar de los numerosos esfuerzos para crear sistemas de indicadores para evaluar y monitorear la desertificación, no existen aun modelos operacionales probados y aplicables en Chile. El acopio de experiencia actual es un buen punto de partida para el desarrollo de sistemas aplicables a la realidad chilena. Se requiere de un ordenamiento y validación de propuestas, junto con la elaboración de modelos de agregación de la información que provea índices integrados que traduzcan de manera comprensible el estado de la desertificación, los aspectos más críticos y las tendencias espacio temporales de ésta.

BIBLIOGRAFIA

- Adrianase, A. 1994. "In Search of Balance: A Conceptual Framework for sustainable development indicators", Network Seminar on Sustainable Development Indicators. London, October 15-17.
- Applin, G.; Mitchell, P.; Clough, H.; Pitman, A.; Rich, D. 1995. *Global Environmental crises, an Australian perspective*. Oxford University Press, Melbourne and New York, 240 p.
- Bartelmus, P. 1995. "Economic Indicators of Sustainability: Approaches, limitations and use", en *Indicators of Sustainable Development for Decision-Making. Report of the Workshop*, Ghent, Gouzee N., B Mazijn and S. Billharz (Eds), Belgium, 9-11.
- Clark, N.; Perez-Trejo, F. 1995. "The interaction between Research and the Management of Desertification", en *Desertification in a European Context*. Report EUR 15415, European Commission, p 342-355.
- CCD Secretariat. 1997. *Report on Ongoing Work Being Done on Benchmarks and Indicators*. Memorandum from the Secretariat.
- CDS (Consejo de Desarrollo Sustentable, Chile). 2000. *Informe Segunda Reunión Anual*, Santiago, 22 y 23 de junio de 2000, Comisión Nacional del Medio Ambiente, 75 p.
- CONAF 1997. *Resúmenes de trabajos presentados a la I Reunión del Grupo de Trabajo en Indicadores de Desarrollo y Sostenibilidad*, Santiago. 85 p.
- Enne, G.; Angelo, M.D.; Zanolli, C. 1998. "Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean". *Proc. International Seminar, Porto Torres, Italy, 18-20 Sept.*, 335 p.
- FAO/UNEP 1983. *Provisional Methodology for Assessment and Mapping of Desertification*. FAO, Rome.
- FAO/UNEP 1982. *World Atlas of Desertification*. Edward Arnold. 70 p.
- FAO/PNUMA/AGRIMED 1997. *Metodología Unificada para la evaluación y Monitoreo de la Desertificación en América Latina*, Santiago, CHILE, 156 p.
- Gastó, J. 1991. "La Desertificación: Los posibles elementos de lucha", en *Ciencia e Investigación Agraria*, Vol 18 (1-2):79-100.
- Hassan, H.; And Dregne, H.E. 1997. *Natural Habitats and ecosystems Management in Drylands: An overview*. Environment Department, Paper N51, World Bank, 53 p.
- Hegazy, A.K. 1997. "Towards the development and Application of Standardized Methods for monitoring and assessing Desertification". *Proceedings of the International Symposium "Combating Desertification, Connecting Science with community action"*. Tucson. p31.
- Hudson, R. 1999. "Putting Policy into practice: Policy implementation problems, with special reference to the European Mediterranean", en Balabanis et al., *Mediterranean Desertification, Research results and policy implications (Volume I)*. European Commission, 436p.
- Imeson, A.C.; Cammeraat, L.H.; Perez-Trejo, F. 1995. "Desertification Response Units", en *Desertification in a European Context*. Report EUR 15415, European Commission, p 263-277.
- Kosmas, C. 1998. "Qualitative indicators of desertification", en Enne G., M.D'Angelo y C. Zanolli (Eds), 1998, *Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean*. Proc. International Seminar, Porto Torres, Italy. 335 p.
- López-Ocaña. 1991. *Assessing the Risk of Dryland Degradation: A Guide for National and Regional Planners*. World Resources Institute, USA, 43 p.

- Moldan, B. 1995. "Environmental Indicators", en Gouzee N., B Mazijn and S. Billharz (Eds), *Indicators of Sustainable Development for Decision-Making*. Report of the Workshop, Ghent, Belgium, 9-11 January 1995.
- OSS (Observatoire du Sahara et du Sahel) 1997. *Impact indicators and Monitoring Evaluation for Action Programmes to Combat Desertification*. Work document, Paris. 49 p.
- PNUMA 1992. *World Atlas of Desertification*, Edward Arnold, London.
- Prescott-Allen, R. 1997. "Assessing Implementation of the Convention to Combat Desertification (CCD)", Convention to Combat Desertification Meeting on Benchmarks and Indicators. Ottawa, Canada.
- Pouget, M. J. et al. 1996. *Ambiente Arido y Desarrollo Sustentable. La provincia de Limari*. Universidad de Chile-IRD, Santiago; 96 p.
- Santibáñez, Q.F.; Marín, V. 1998. *EIMS- An Environmental Information and Modeling System for Sustainable Development: Computer Tools for sustainable Management of Arid and Antarctic Ecosystems*, Universidad de Chile, 180 p.
- Stilles, D. 1995. *Social Aspects of Sustainable Dryland Management* (UNEP), John Wiley & Sons 314 p.
- SCOPE 1995. *A Systematic Approach to Measuring and Reporting on the Environment in the Context of Sustainable Development*. Project submitted to the U.N. Commission on Sustainable Development, 31 p.
- Tschirley, J.B. 1996. "Considerations and Constraints on the Use of Indicators" en *Sustainable Agriculture and Rural Development. Workshop on Land quality indicators for sustainable resource management*. Rome, 25-26 Jan. 1996 14 p.
- Yassoglou, N.J. 1998. "History of Desertification in the European Mediterranean". En *Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean*, 1998, Proc. International Seminar, Porto Torres, Italy.