

GESTIÓN DE RECURSOS VULNERABLES Y DEGRADADOS*

Juan Gastó, León Darío Vélez y Carlos D'Angelo**

Resumen

En la primera parte del estudio se analizan los componentes de la vulnerabilidad, centrándose en la artificialización de la naturaleza y en el concepto de estabilidad como antítesis de vulnerabilidad. El modelo de Nijkamp–Dourojeanni; permite determinar el espacio de solución con respecto a tres atributos fundamentales de la agricultura: productividad, equidad y sustentabilidad. Se plantea la localización del espacio de solución en función del ámbito y del sistema global. Es por ello que se relaciona la vulnerabilidad con la receptividad tecnológica del sistema y las clases de capacidad de uso.

Los estilos de agricultura son la resultante de la aplicación de tecnologías de artificialización hacia el logro de metas definidas por la sociedad. Los estilos de agricultura moderna se ajustan a las condiciones propias de cada ámbito y del cambio global. En la búsqueda de soluciones para el agro se pretende armonizar los diversos estilos de agricultura, en un contexto en el que se generan estados de baja vulnerabilidad de acuerdo con las condicionantes del ámbito y del entorno.

En la última parte del estudio se analiza la conservación y gestión de los ámbitos vulnerados y degradados. La solución se logra a través de tres argumentos fundamentales: la incorporación de la teoría del uso múltiple sustentable del territorio, la aplicación de las tecnologías disponibles y, la ordenación territorial.

Palabras claves: gestión, recursos vulnerables, vulnerabilidad, riesgos, estilos agricultura, ecosistemas degradados.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	853
COMPONENTES DE LA VULNERABILIDAD.....	854
ÁMBITO Y AGRICULTURA.....	854
IMPORTANCIA DEL ÁMBITO EN LA VULNERABILIDAD.....	856
RIESGO	857
TEORÍA DE PROBABILIDADES	857
<i>Eventos Naturales</i>	862
<i>Acciones Tecnológicas</i>	864
<i>Actividades Políticas</i>	864
ESCALA ESPACIO–TEMPORAL	865
LA VULNERABILIDAD EN EL MODELO NIJKAMP–	
DOUROJEANNI	866
ESPACIO DE SOLUCIÓN	866
SUSTENTABILIDAD.....	868
RECEPTIVIDAD TECNOLÓGICA	868
CLASES DE CAPACIDAD DE USO PARA EL USO MÚLTIPLE DE	
ACUERDO CON <i>CANADA LAND INVENTORY</i>	871
ENFERMEDADES ECOSISTÉMICAS.....	873
<i>Biogeestructura</i>	873
<i>Tecnoestructura</i>	874
<i>Socioestructura</i>	874
<i>Espacios</i>	875
BASES Y ESTILOS DE LA AGRICULTURA MODERNA..	875
DEFINIENDO LA AGRICULTURA MODERNA	875
BASES DE LA AGRICULTURA MODERNA	875
<i>Marco Conceptual</i>	875
<i>Conocimiento del Ecosistema</i>	876
<i>Receptividad Tecnológica</i>	877
<i>Estrategias de Mejoramiento</i>	878
ESTILOS DE AGRICULTURA.....	878
VULNERABILIDAD, ESTILOS DE AGRICULTURA E INTEGRACIÓN	
REGIONAL.....	881
BIBLIOGRAFÍA	881

INTRODUCCIÓN

La agricultura es la artificialización de la naturaleza, la cual se logra a través de la aplicación de tecnología. La naturaleza se transforma con el fin de satisfacer las necesidades de la población tanto para su sustento como para lograr una ordenación compatible con la sociedad. La sociedad al transformar la naturaleza persigue generar un escenario que optimice su calidad de vida.

Todo proceso de transformación de la naturaleza afecta, necesariamente, al ecosistema al extraer algunos de sus componentes necesarios para su normal funcionamiento (Pointing, 1992); simultáneamente, incorpora otros de carácter tecnológico, o bien elementos naturales de otros ámbitos. Como resultante de este proceso se genera un cambio de estado en el ecosistema, que puede alejarlo del estado óptimo sustentable que constituye la meta propuesta por la sociedad. Esta diferencia establece el impacto del proceso, que puede ser negativo, positivo, o neutro. Los ámbitos que presentan mayores posibilidades de degradarse son los de mayor vulnerabilidad.

La vulnerabilidad se centra en la artificialización de la naturaleza y el concepto de estabilidad como su antítesis. El concepto de vulnerabilidad se localiza en el contexto de la teoría de probabilidades y se representa en escalas espacio–temporales diversas de acuerdo con el problema que se analice.

* Gastó, J., L.D. Vélez y C.H. D'Angelo. 2002. Gestión de recursos vulnerables y degradados. En: Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

** Originalmente publicado en Viglizzo, E. 1997. Elementos para una política agroambiental en el Cono Sur, Montevideo. PROCISUR del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICH. Libro Verde.

El modelo de Nijkamp–Dourojeanni permite determinar el espacio de solución con relación a los tres atributos fundamentales de la agricultura: productividad, equidad y sustentabilidad. Se plantea la localización del espacio de solución en función del ámbito y del sistema global. Es por ello que se relaciona la vulnerabilidad con la receptividad tecnológica del sistema y con las clases de capacidad de uso.

Los estilos de agricultura son la resultante de la aplicación de las tecnologías de artificialización hacia el logro de las metas definidas por la sociedad. La agricultura moderna desarrolla diversos estilos que se ajustan a las condiciones propias de cada ámbito y del cambio global. En la búsqueda de soluciones para el territorio rural se pretende armonizar los diversos estilos de agricultura, en un contexto en el que se genere estados de baja vulnerabilidad, de acuerdo con las condiciones propias de cada ámbito y entorno.

Finalmente, en la última parte del estudio se analiza la conservación y gestión de los ámbitos vulnerados y degradados. La solución se logra a través de tres argumentos fundamentales: la incorporación de la teoría del uso múltiple sustentable del territorio, la aplicación de las tecnologías disponibles y, la ordenación territorial.

A continuación se presenta el algoritmo que sintetiza el contenido del capítulo, en el cual se plantea la vulnerabilidad (Figura 1) como una función de la cultura que fija metas, del ámbito donde se materializan dichas metas y, de las acciones mediante las cuales se logran las metas. La vulnerabilidad constituye la probabilidad de que se presente algún tipo de efecto causado por muchísimos eventos, estos es, la vulnerabilidad expresada en términos probabilísticos de algún tipo de riesgo. La magnitud de la vulnerabilidad o de los efectos depende de la escala espacial y temporal en la cual sean evaluados. El espacio de solución a la vulnerabilidad está en función de la sustentabilidad, la productividad y la equidad dentro de ámbitos específicos y del cambio global. Este espacio de solución se fundamenta en el reconocimiento de ámbitos heterogéneos, de una gran diversidad de demandas y potencialidades sociales y, de un considerable acervo de tecnologías disponibles, los de agricultura con base en una adecuada ordenación del territorio.

COMPONENTES DE LA VULNERABILIDAD

ÁMBITO Y AGRICULTURA

De acuerdo con Gastó (1983) y Prado (1983), la agricultura puede definirse como “la serie de procesos de artificialización de ecosistemas de recursos naturales renovables con el fin de optimizar la calidad

y cantidad del cambio de estado canalizable hacia el hombre y su cosecha por éste”. El término agricultura, tal como se emplea en este capítulo, se refiere a las actividades de explotación de los recursos naturales, incluyendo los sistemas de cultivos, ganaderos, forestales, la fauna silvestre, marinos, dulceacuícolas, el agua y la explotación del paisaje para el agroturismo, entre otros.

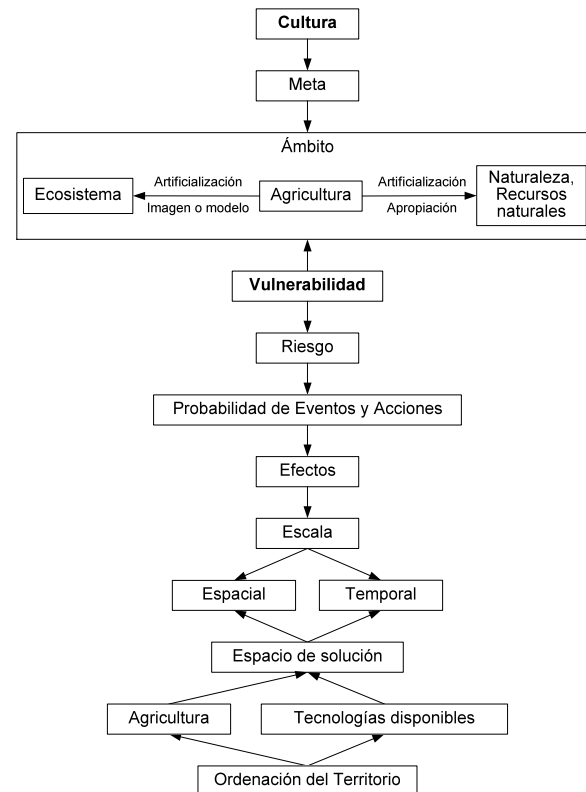


Figura 1. Algoritmo de la vulnerabilidad (construido por los autores)

Respecto del término artificialización, éste implica la transformación de un ecosistema natural desde un estado inicial E_i a un estado E_j con una probabilidad de ocurrencia P_j después de aplicar un trabajo w_{ij} . De no mediar la intervención humana, el ecosistema natural tendería a un estado E_i , con una probabilidad P_r . De este modo, la artificialización del sistema puede definirse como la diferencia de estado que existe entre el estado probable que alcanzaría el ecosistema no intervenido y el estado que presentaría al aplicar estímulos artificiales (Figura 2).

La probabilidad P_j de alcanzar el estado deseado E_j depende del ámbito en cuestión, de la identidad del estado E_j y, del trabajo aplicado (w_{ij}) para alcanzarlo.

A partir de lo precedente, se observa que en la actividad agrícola se combinan tres componentes básicos: un ámbito, cuya imagen o modelo es el ecosistema; metas antrópicas, expresadas en una cierta calidad y cantidad de productos canalizables hacia el

hombre; y las acciones de artificialización correspondientes a éstas.

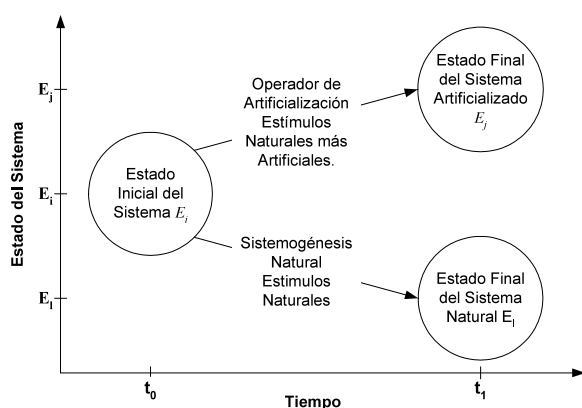


Figura 2. Alternativas de estado de un sistema sometido a artificialización en comparación con el mismo sometido solamente a estímulos naturales (tomado de Gastó, 1983).

Respecto del concepto de ámbito que aquí se propone, corresponde a lo que Gastó (1983) denomina ecosistema-origen y define como la unidad ecológica básica, cuya complejidad es el producto de la integración de cinco subsistemas: biogeoestructura, o recurso natural propiamente tal; socioestructura, que corresponde al hombre organizado en estructuras sociales, culturales y políticas definidas; tecnoestructura, que deriva de la transformación de los elementos naturales bióticos y abióticos a través de la tecnología; entorno, representado por el ambiente externo al sistema y que influye necesariamente sobre éste; y, sistemas externos incidentes, que son todos aquellos vinculados a un sistema dado a través del flujo de materia, energía e información. De este modo, el ámbito en el que se hace agricultura en un espacio geográfico dado, no sólo incluye al tipo de naturaleza presente, sino también al efecto histórico de las metas y acciones humanas.

A partir del ámbito existente en un tiempo dado, puede postularse que éste impone restricciones a los cambios de estado posibles, mientras éstos definen las acciones de artificialización pertinentes. Por consiguiente, la elección del estado final y del operador de artificialización de un sistema dado, dependerá, en primera instancia, de cada ámbito particular.

Profundizando en lo anterior, se postula que la diversidad de estados alternativos posibles de alcanzar en un ámbito dado, depende de la amplitud entre el umbral de productividad (nivel de artificialización por debajo del cual la actividad no es rentable) y el umbral de sustentabilidad-equidad (nivel de artificialización por encima del cual se compromete la sustentabilidad del ámbito y/o la equidad de la actividad) (Figura 3). Cuanto menor es la amplitud entre umbrales, mayor es la vulnerabilidad del sistema. A partir del universo de

ámbitos susceptibles de artificialización, es posible definir un gradiente desde ámbitos que permiten un número infinito de estados alternativos con diferentes niveles de artificialización ($0\% < \text{artificialización} \leq 100\%$) hasta ámbitos que sólo admiten la preservación del estado natural (artificialización = 0 %).

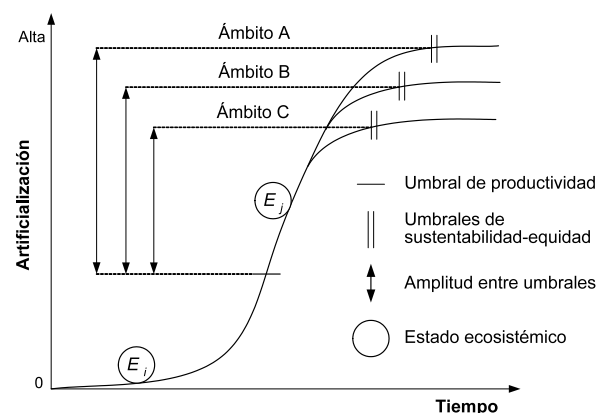


Figura 3. Variaciones en el grado de artificialización en tres ámbitos distintos (Elaborado por los autores)

En tanto el umbral de sustentabilidad-equidad se define considerando las distintas dimensiones de la sustentabilidad (coherencia ecológica, estabilidad socioestructural, complejidad infraestructural, estabilidad económico-financiera, riesgo e incertidumbre (Gligo, 1987; Mansvelt y Moulder, 1993); existe un umbral de sustentabilidad parcial que sólo toma en cuenta una o algunas de estas. En este último caso, puede incrementarse la amplitud entre umbrales o receptividad tecnológica del sistema, aunque esto también incrementa la vulnerabilidad del sistema (Figura 4).

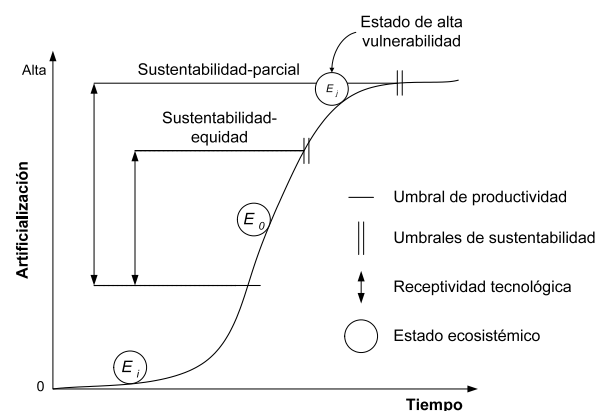


Figura 4. Variaciones de la receptividad tecnológica en función del tipo de sustentabilidad (Elaborado por los autores)

En el proceso de transformación del ecosistema - origen desde un estado inicial (E_i) a otro óptimo (E_o), existe una cierta probabilidad que tal estado no se alcance, o que siendo alcanzado éste, cambie por

efecto de un evento dado. En este contexto, puede distinguirse entre las vulnerabilidades crítica y subcrítica del sistema; la primera corresponde a la probabilidad de que el estado del sistema exceda el umbral de sustentabilidad–equidad tal que desde éste ya no sea posible alcanzar el estado óptimo deseado. La segunda se refiere a las probabilidades de alcanzar un cierto número de estados distintos del óptimo tal que desde ellos aún es posible alcanzar a éste (Figura 5).

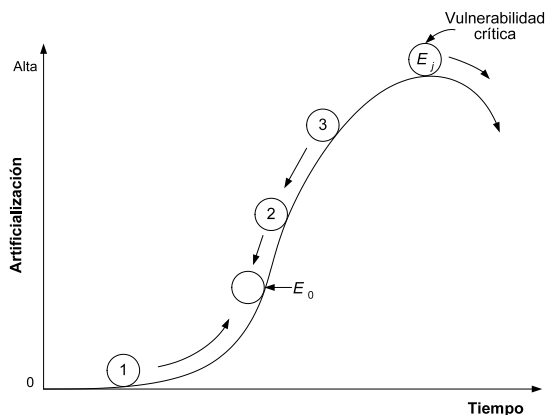


Figura 5. Estado óptimo (E_0) y estados correspondientes a la vulnerabilidad crítica y subcrítica (1,2 y 3) del sistema (Elaborado por los autores)

Sintetizando lo precedente, formalmente se tiene:

$$\text{Vulnerabilidad} = f(\text{ámbito, metas, acciones})$$

IMPORTANCIA DEL ÁMBITO EN LA VULNERABILIDAD

Desde la perspectiva del ámbito, el problema de la vulnerabilidad puede enmarcarse en las propiedades generales de la estabilidad ecosistémica, expresándose a través de dos conceptos básicos: inercia y resiliencia (Westman, 1985).

Inercia puede conceptualizarse como la resistencia al disturbio de un ente dado (una varilla metálica, un ecosistema u otro). De acuerdo con Westman (1985), aun cuando no parecen existir índices de inercia ecosistémica determinísticos, tanto la sensibilidad de los organismos al ambiente físico como las propiedades de retroalimentación negativa dentro del sistema biológico, parecen ser características relevantes para el desarrollo de esta propiedad. Vinculando el concepto de inercia a las características del ambiente, Begon *et al.* (1986) proponen los conceptos de comunidades dinámicamente vulnerables y dinámicamente robustas. Extendiendo ambos conceptos al nivel de ecosistema puede distinguirse entre ecosistemas vulnerables, que son aquellos estables dentro de un rango estrecho de condiciones ambientales (Figura 6a); y los ecosistemas robustos,

que son estables dentro de un rango amplio de éstas (Figura 6b).

Resiliencia se refiere al grado, modo y velocidad de restauración de la estructura y función inicial en un ecosistema dado luego de ocurrido cierto disturbio (Westman, 1985). Según este autor, ésta puede subdividirse en cuatro propiedades adicionales: amplitud y elasticidad (propuestas por Orians, 1975, citado por Westman, 1985) histéresis y maleabilidad (Westman, 1978). La elasticidad y amplitud parecen particularmente relevantes para el tratamiento de la vulnerabilidad.

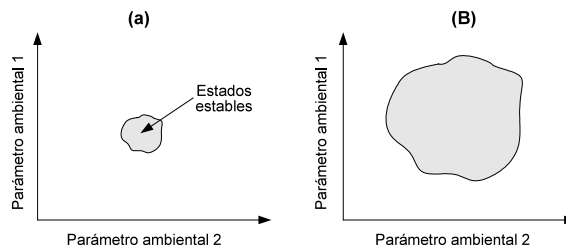


Figura 6. Ecosistema dinámicamente vulnerable (a) y robusto (b) (Adaptado de Begon *et al.*, 1986)

Elasticidad. Puede expresarse como el tiempo requerido para restaurar una característica particular de un ecosistema hasta un límite relativamente próximo al nivel predisturbio¹ (Westman, 1985). En relación con esta propiedad, Begon *et al.* (1986) proponen los conceptos de estabilidad local y estabilidad global, que aquí podrían parafrasearse como elasticidad local y global, respectivamente; la primera describe la tendencia de un ecosistema a retornar a su estado original, o próximo a éste, después de una perturbación pequeña; mientras la segunda se refiere a la misma tendencia cuando la perturbación es grande (Figura 7).

Amplitud. La amplitud de un ecosistema es el valor umbral más allá del cual no es factible la recuperación de un estado próximo al inicial. En este sentido, Woodwell (1975), citado por Westman (1985), menciona que no todos los ecosistemas exhiben un comportamiento umbral. Cuando se trata de sistemas complejos, la respuesta a la perturbación del sistema como un todo parece ocurrir a lo largo de un continuo. Sin embargo, algunos componentes particulares del sistema (*v. gr* una población de cierta especie) frecuentemente muestran un comportamiento umbral por encima del cual la población se extingue y por debajo del cual se recupera. Desde una perspectiva productiva, la definición de la amplitud ecosistémica adquiere una relevancia particularmente significativa. En este sentido, es importante identificar el umbral de cosecha (de madera, pasto, entre otros) por encima del

¹ En términos generales, no es posible esperar que un sistema se recupere en un 100 % hasta el estado pre impacto (Westman, 1988).

cual un ecosistema particular no es capaz de retornar al estado inicial.

Tal como se mencionara previamente, no existe un índice predictivo generalizable de inercia y resiliencia. Según Westman (1985), la experiencia acumulada a través de las observaciones de campo es, al menos por el momento, el medio más adecuado para desarrollar una teoría predictiva de la respuesta del ecosistema ante los disturbios. En el Cuadro 1 se definen algunos de los conceptos precedentes y se dan sendos ejemplos de su aplicación.

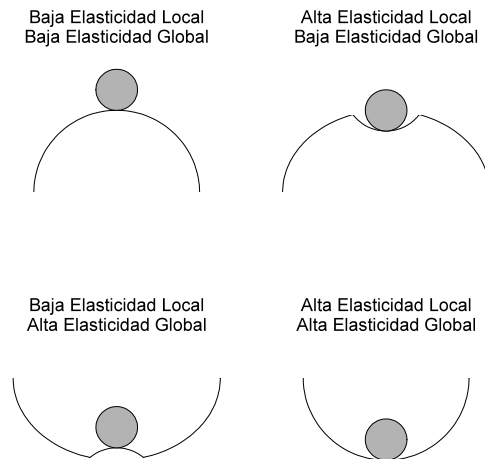


Figura 7. Ecosistemas hipotéticos con diferentes combinaciones de estabilidad local y global. Las esferas representan el estado de los ecosistemas en un tiempo dado (Bagon *et al.*, 1986; modificado)

Tal como se mencionara previamente, la vulnerabilidad de un ecosistema dado se vincula a la probabilidad de que éste alcance un estado considerado indeseable para una cultura particular. De este modo, en el concepto de vulnerabilidad se combinan una dimensión propia del ámbito o ecosistema-origen con otra antrópica. La dimensión ecosistémica afecta la vulnerabilidad a través del grado de estabilidad del ámbito, mientras la dimensión antrópica lo hace al definir las metas y acciones productivas.

La Figura 8 muestra un campo de vulnerabilidad hipotético en función de distintos niveles de inercia y resiliencia, considerando metas y acciones fijas. Las esferas indican el estado óptimo de dos ecosistemas cualesquiera en un ámbito naturalmente inestable (inercia y resiliencia bajas (esfera 1); y estable (inercia y resiliencia media-altas (esfera 2)). La Figura 9 muestra el cambio que ocurre en el campo de la vulnerabilidad cuando el umbral de productividad se reduce a 70%.

RIESGO

TEORÍA DE PROBABILIDADES

El concepto de riesgo aparece en el siglo XVIII en el contexto de la intensificación del tráfico naviero entre las naciones europeas y las colonias americanas, referido a la preocupación por la seguridad de cargamentos y tripulaciones ante las vicisitudes del clima y el tráfico (Sanhueza y Vidal, 1996). El riesgo es el grado de probabilidad de que ocurra un evento, que signifique un daño o una pérdida. Es una medida de la incertidumbre de un evento probable, pero noseguero, por lo cual está estrechamente relacionado con la vulnerabilidad del sistema de una manera azarosa (Urrutia y Lanza, 1993).

Las áreas donde se hace agricultura están sujetas a fuerzas de la naturaleza que pueden alterar el estado del sistema afectando su estabilidad. Ante esto, es factible que ocurran daños a la propiedad o a la vida de las personas. En la medida que se intensifica el uso o la ocupación de las áreas de mayor riesgo, mayores son las probabilidades de desestabilización del sistema y de causar daños. Afortunadamente, estas áreas pueden ser identificadas por especialistas en clasificación de tierras y ámbitos (Lynch y Broome, 1973). En algunos países existe una nutrida legislación en relación con los riesgos; por ejemplo, Francia cuenta con la ley de indemnización de las víctimas de catástrofes naturales, que obliga a aplicar el documento denominado Plan de Exposición a Riesgos Naturales Previsibles, mientras Japón dispone de la ley Básica de Medidas de Desastre (Muñoz, 1994).

Cuadro 1. Características de inercia y resiliencia y ejemplos de su aplicación

Características	Definición	Ejemplo 1 Varilla de metal	Ejemplo 2 Ecosistema sujeto a cosecha antrópica
Inercia	Resistencia al cambio.	Fuerza necesaria para extender una varilla hasta una distancia dada.	Magnitud de la tasa de cosecha de la arquitectura del ecosistema ante la cual el funcionamiento y arquitectura de éste se aleja de su óptimo.
Elasticidad	Rapidez de restauración de un estado estable después de un disturbio.	Tiempo requerido para retornar a la dimensión original luego de extenderse una cierta distancia.	Tiempo necesario para recuperar la arquitectura y el funcionamiento óptimo del ecosistema después de cierto daño.
Amplitud	Zona desde la cual el sistema puede retornar al estado estable.	Distancia más allá de la cual la varilla no puede extenderse sin experimentar una deformación permanente.	Tasa de cosecha máxima de la arquitectura más allá de la cual no es posible recuperar la arquitectura y funcionamiento óptimos.

Fuente: Westman, (1985); modificado

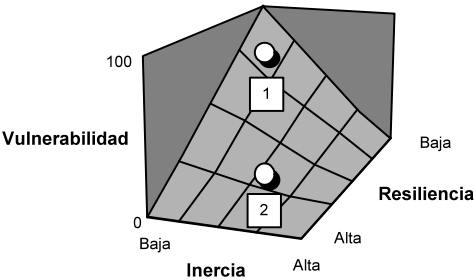


Figura 8. Campo de vulnerabilidad para distintos niveles de inercia y resiliencia con metas y acciones antrópicas fijas. En este caso el umbral de productividad es alto y la vulnerabilidad global elevada (Elaborado por los autores)

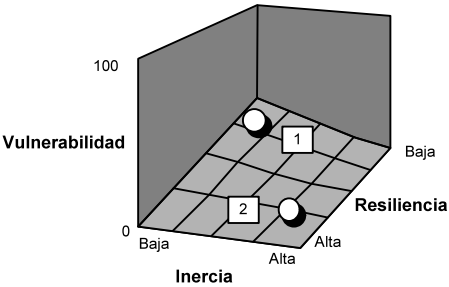


Figura 9. Campo de vulnerabilidad para distintos niveles de inercia y resiliencia metas y acciones antrópicas fijas. En este caso el umbral de productividad es más bajo (c.a. 70%) y, otro tanto ocurre con la vulnerabilidad global (Elaborado por los autores)

El tratamiento del riesgo puede localizarse en la Teoría de Catástrofes de Thom, que plantea las bases matemáticas de las propiedades de discontinuidad o bifurcación que se dan en cualquier proceso (Thom, 1976). Ésta ha sido aplicada por Vide (1993) al clima y por Anguita (1993) al medio geológico. Catástrofe se define como cualquier transición discontinua en un sistema que puede tener más de un estado estable,

siendo ésta el salto desde un estado al otro (Vide, 1993).

En el estudio de Sanhueza y Vidal (1996), la teoría de Catástrofes se aplica en dos contextos: la relación que existe entre los riesgos y la acción del hombre; y la aplicación de umbrales a partir de los cuales una situación se considera riesgosa. Desde la perspectiva del riesgo, para establecer el grado de estabilidad ambiental o la capacidad de reproducir el estado de un ecosistema dado, es preciso establecer tres postulados básicos (Gastó y González, 1992):

1. Los ámbitos son heterogéneos.
2. Existe un conjunto de variables de tipo biogeoestructural, socioestructural, tecnoestructural y de los sistemas externos incidentes del entorno, que le dan distinta especificidad a la vulnerabilidad del sistema (Gastó, Cosio y Panario, 1993).
3. El riesgo es una medida probabilística de eventos y efectos relacionados con la vulnerabilidad del sistema.

Por lo anterior, para cada ámbito debe determinarse el grado de vulnerabilidad del sistema y, dentro del concepto de enfermedad ecosistémica, aquellas con mayor probabilidad de ocurrencia, tanto en forma natural como por la aplicación de alguna acción antrópica.

Si un suceso J cualquiera tiene H posibilidades de ocurrir entre un total de N posibilidades y, cada una de éstas tiene la misma oportunidad de ocurrir que las demás, entonces la probabilidad de que el suceso J ocurra (v. gr. que ocurra la crecida de un río), se denota por:

$$p = Pr\{J\} = \frac{H}{N}$$

La probabilidad que no ocurra (v. gr. que no se vulnere al sistema) es (Spiegel, 1991):

$$p = 1 - Pr\{J\}$$

La posibilidad H de ocurrencia de un suceso, entre un total de N posibilidades se puede determinar de dos formas: empíricamente y racionalmente.

Empíricamente es posible registrar el número de veces en las que el evento se produce y el total de posibilidades de que ello ocurra, lo cual se determina en forma *sincrónica*. Un ejemplo de esto puede ser lo que ocurre en cierto ámbito de cordillera en relación con el número de nevadas registradas (K_i) en un año dado y el número (N) de ámbitos análogos en donde podría ocurrir la nevada (K_i).

En forma *diacrónica* la probabilidad se puede calcular después de analizar una serie de años en que el fenómeno se produce en un lugar y ámbito dados, en relación con el total de años. Un ejemplo de esto puede ser el número (H) de crecidas de un río en relación con el total de años observados (N).

En ambos casos, el proceso concluye con el cálculo de una función empírica de probabilidad de ocurrencia de un evento, en un ámbito dado, tal como una ecorregión o un sitio.

En términos generales, los eventos pueden ser de dos clases: naturales y antrópicos.

Entre los eventos naturales (K_i) pueden incluirse sismos, erupciones, crecidas de ríos, lluvias, nevadas, desprendimiento de rocas e incendios. La probabilidad del evento natural se calcula en relación con el número total de eventos que podrían ocurrir en el tiempo o en el espacio; Por ejemplo, número de erupciones/número de años; número de crecidas/número de años; y número de desprendimientos de rocas/número de rocas presentes, entre otros.

La probabilidad de ocurrir un evento natural cualquiera $\{K_i\}$ en un ámbito dado es:

$$Pr\{K_i\} = \frac{H_{K_i}}{N}$$

donde:

- H_{K_i} : número de veces que ocurre el evento K_i en ese ámbito;
- N : número total de veces que el evento podría ocurrir en el ámbito en cuestión; y,
- $Pr\{K_i\}$: probabilidad de ocurrencia del evento en el ámbito considerado.

A su vez, el evento presenta una probabilidad condicionada de un efecto relacionado con éste. A modo de ejemplo, en el Cuadro 2 se listan los efectos correspondientes a distintos eventos.

Cuadro 2. Efectos de distintos eventos naturales

Evento (k_i)	Efecto (L_i)
Sismo	Derrumbe
Crecida	Inundación
Nevada	Alud
Incendio	Quema
Desprendimiento de roca	Aplastamiento
Lluvia	Sequía, inundación
Frente polar	Helada
Inversión térmica	Contaminación

Fuente: Los Autores

Si el evento natural se produce, la probabilidad que produzca un efecto (L_i) está dada por:

$$Pr\{L_i\} = \frac{H_{L_i}}{N}$$

donde:

- H_{L_i} : probabilidad del suceso L_i cuando ocurre el suceso K_i y
- N : número total de posibilidades en relación con la ocurrencia de K_i .

Por lo tanto, se trata de la probabilidad condicionada de K_i y L_i .

A modo de ejemplo, puede considerarse la ocurrencia de un evento natural cualquiera; v. gr. la crecida de un río (K_i) ocurre 10 veces en 50 años. De este modo, la probabilidad de ocurrencia es:

$$Pr\{K_i\} = \frac{10}{50} = 0,20$$

Si se considera que por cada 28 crecidas del río (K_i) se producen 14 inundaciones como efecto (L_i) en un ámbito ribereño dado, la probabilidad de inundación cuando el río crece es de:

$$Pr\{L_i / K_i\} = \frac{14}{28} = 0,50$$

La probabilidad que ocurran los dos eventos simultáneamente, la crecida (K_i) y la inundación (L_i) es:

$$Pr\{L_i, K_i\} = 0,50 * 0,20 = 0,10$$

En otro ámbito, más alejado de la ribera, la posibilidad que ocurra una inundación podría ser menor, tal como de 7 en 28 años; de este modo:

$$Pr\{L_i\} = \frac{7}{28} = 0,25$$

En este caso, la probabilidad condicionada que ambos eventos ocurran simultáneamente es:

$$Pr\{Li, Ki\} = 0,25 * 0,20 = 0,05$$

El daño de la inundación puede evaluarse como la reducción de productividad del ámbito, o bien con cualquier otro parámetro. Si se trata de una pradera que produce 600 kg ha⁻¹ año⁻¹ de peso vivo animal y de la inundación se reduce a 100 kg ha⁻¹ año⁻¹, el daño es de 500 kg ha⁻¹ año⁻¹ (Figura 10).

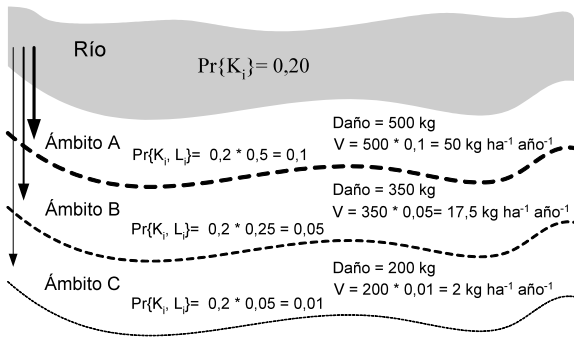


Figura 10. Esquema de un mapa de un área cualquiera, la cual es atravesada por un río que tiene una probabilidad de crecida de 0,20 (Elaborado por los autores)

En el ejemplo de la Figura 10, el río está circundado por tres ámbitos diferentes A, B, y C, cada uno de los cuales se localiza a distancias y cotas mayores; por esto, sus probabilidades de inundación son diferentes (0,5; 0,25 y 0,05). El daño producido por la inundación se estima en 500; 350 y 200 kg ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente. En caso que el daño producido sea permanente, *v. gr.* por arrastre de suelo, la productividad declinará y la probabilidad del efecto y la magnitud del daño para el nuevo ámbito deberán recalcularse. El grosor de las flechas indica la probabilidad de inundación de los distintos ámbitos.

La vulnerabilidad (V) de un ámbito dado, de acuerdo con la meta establecida por una sociedad, para una variable dada es igual a:

$$V = (Pr\{Ki\} * Pr\{Li\} * Daño)$$

En el ejemplo dado se tiene:

$$V = (0,20 * 0,50 * 500) = 50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

Esto es lo que ocurre en el caso que el sistema sea de alta resiliencia y que en el lapso de un año retorne al daño cero; *v. gr.* produzca nuevamente 600 kg ha⁻¹ año⁻¹ (Figura 11).

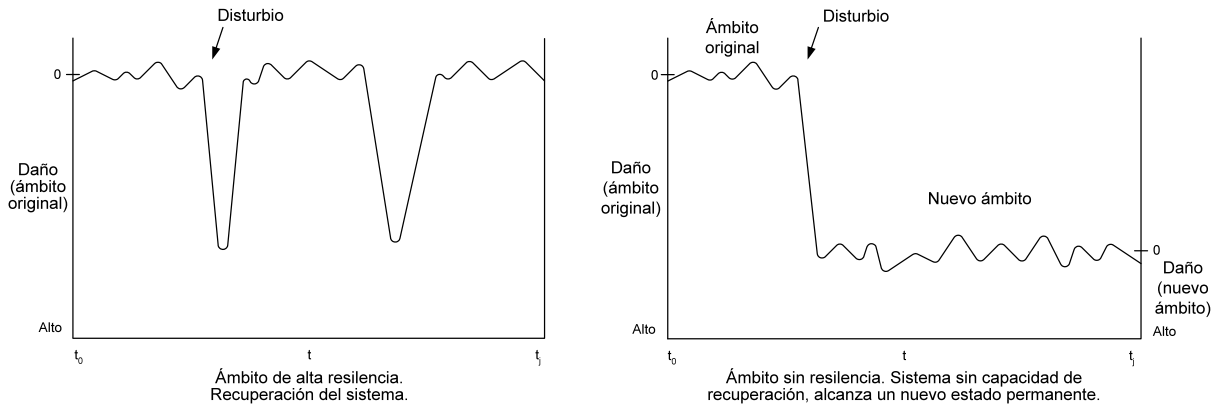


Figura 11. Esquema del efecto de un evento hipotético sobre sistemas con distinta resiliencia (Elaborado por los autores)

En el gráfico de la derecha se representa un sistema sin resiliencia en el que ocurre un cambio de ámbito como consecuencia del evento. De aquí en adelante, la vulnerabilidad deberá referirse a este nuevo ámbito. En el Cuadro 3 se presenta la escala relativa de vulnerabilidad para los tres ámbitos que circundan al río.

Respecto de los eventos antrópicos (π_i), éstos incluyen

fertilizar, labrar la tierra, desmontar, rozar, quemar, aplicar pesticidas, pastorear, regar y drenar. La probabilidad del evento se calcula en relación con el número total de eventos que podrían ocurrir en el tiempo o en el espacio; a modo de ejemplo: número de labores/número de años; número de riegos/número de años. Tal como se observa en el Cuadro 4, para cada acción, existe un tipo de efecto correspondiente.

Cuadro 3. Vulnerabilidad hipotética de tres ámbitos ribereños

Ámbito	Probabilidad de crecida del río circundante K_i	Probabilidad de inundación L_i	Probabilidad combinada $Pr\{K_i, L_i\}$	Productividad original en Peso Vivo del animal $kg^{-1} ha^{-1}$	Productividad después de la inundación en Peso Vivo del animal $(kg/ha/año)$	Daño a la productividad $(kg/ha/año)$	Vulnerabilidad	
							Absoluta $kg^{-1} ha^{-1}$	Relativa Prop. de la prod.
A	0,20	0,50	0,10	600	100	500	50,0	0,0833
B	0,20	0,25	0,05	700	350	350	17,5	0,0250
C	0,20	0,05	0,01	800	600	600	2,0	0,0025

Fuente: Los Autores

Cuadro 4. Efectos de distintas acciones humanas

Acción (π_i)	Efecto (L_i)
Fertilizar	Contaminar
Incendiar	Perder biodiversidad, erosionar
Apertura vial	Fraccionar el territorio
Desmontar	Despoblar el monte
Pastorear	Erosionar
Pastorear	Contaminar
Desproteger riberas	Inundación, sedimentación, erosión
Talar	Despoblar de árboles
Introducción de plagas	Depredar, parasitar
Drenar	Aridizar
Aplicar pesticidas	Contaminar
Sembrar	Perder fertilidad, erosionar
Regar	Salinizar
Regar	Anegar

Fuente: Los Autores

La probabilidad del evento está dada por:

$$Pr\{\pi_i\} = \frac{\pi_i}{N}$$

donde:

π_i : es el número de veces que ocurre la acción antrópica.

Al igual que en el caso anterior referido a eventos naturales y sus efectos, es posible determinar su probabilidad condicionada y el daño esperado.

Por lo tanto, para cada ámbito, tal como sitio, ecorregión o formación vegetal, para cada meta asignada por la sociedad y para cada variable, debe determinarse el grado de vulnerabilidad (V) dado por las condiciones de ocurrencia de eventos naturales, de las acciones antrópicas, de efectos y, por el daño esperado, lo cual puede representarse en cartas politémáticas de vulnerabilidad, v. gr. para incendios, crecidas y nevadas. En el caso de la agricultura, además, pueden elaborarse otras cartas politémáticas relacionadas con las acciones de desmontar, talar, regar y los efectos y daños posibles, v. gr. de inundación, aludes, contaminación o salinización. Para cada ámbito y dentro del contexto del modelo de Nijkamp–Dourojeanni y del concepto de enfermedad ecosistémica, expresado a través de la vulnerabilidad,

deben establecerse los efectos y daños de mayor magnitud.

La elección del estilo de agricultura considera además, las características del ámbito donde se hace la agricultura y el grado inherente de vulnerabilidad del sistema. De este modo, pueden establecerse los riesgos potenciales de enfermedad ecosistémica (la vulnerabilidad) al aplicar una cierta acción antrópica y ocurrir un evento natural en función de la productividad, equidad y sustentabilidad de los distintos ámbitos.

Para enfrentar adecuadamente esta situación debiera extenderse el uso de los Sistemas de Información Geográfica; estos permiten delimitar áreas homogéneas de vulnerabilidad ecológica, en función de las clases y capacidad de uso y las metas de cada sociedad. Esto permitiría establecer los patrones tecnológicos e intensidades adecuados a la vulnerabilidad del sistema en las distintas ecorregiones (Gastó, Cosío y Panario, 1993).

Desde un punto de vista económico y tecnológico, es necesario aplicar esfuerzos adicionales a los inputs de producción del sistema, de manera de mantener un estado final inalterado. Los costos adicionales de conservación del estado del ecosistema se incrementan en la medida que se intensifica su artificialización. De aquí se desprende que, en general, el precio de la tierra (ámbito) es función de su productividad potencial y, además, de su vulnerabilidad.

Cuando se hace agricultura en un ámbito de alto potencial productivo y alta vulnerabilidad, el precio de la tierra refleja que es necesario pagar en acciones adicionales de conservación aquel margen tecnológico y económico que exceda los niveles sostenibles de productividad. Esta relación puede reflejarse en la ecuación siguiente:

Precio de la tierra = f (productividad, vulnerabilidad)

Lo anterior se refleja en las actividades de la sociedad a través de los contratos de seguros, por los cuales se establece una obligación de resarcir las pérdidas o daños derivados de acciones de riesgo. En el contrato de seguro se establece el compromiso de reparar los daños originados en un sistema por un fenómeno natural o por alguna acción que lo afecte, o bien al evitar que la acción se produzca, lo cual corresponde a

su prevención. La magnitud del seguro debe ser equivalente a la vulnerabilidad del sistema y a la magnitud de la acción aplicada.

En términos menos formales, los riesgos pueden agruparse en tres grandes categorías: naturales, tecnológicos y políticos.

EVENTOS NATURALES

Algunos de los riesgos de eventos y efectos naturales más comunes que se presentan en las áreas naturales y en las artificiales en las que se hace agricultura son los incendios; aludes; coladas de barro; inundaciones; variabilidad climática; expansión, licuación y deslizamientos de suelos; sismología y tectónica; erupciones volcánicas; y plagas y enfermedades entre otras (Lynch y Broome, 1973). A continuación se presenta una síntesis de aquellos que tienen especial relevancia para el propósito de este documento.

Uno de los propósitos de la planificación del uso de la tierra es identificar y clasificar las áreas de acuerdo con su vulnerabilidad relativa a los riesgos para la propiedad y para la vida humana, así como para la conservación de los propios componentes de la naturaleza.

Incendios. La susceptibilidad del ámbito al fuego natural o inducido está estrechamente relacionada con la topografía, cantidad de combustible, temperatura ambiental, velocidad del viento, sequedad de la vegetación y posición relativa en el relieve. Los pastizales y los bosques desarrollados en ecorregiones con una estación seca y calurosa son especialmente susceptibles al fuego.

Aludes. Ocurren en zonas montañosas donde se produce acumulación de nieve durante la temporada invernal. La liberación de la nieve desde un área de reposo requiere de un evento desencadenante, el cual puede ser la presencia de personas, lluvias fuertes, la elevación de la temperatura o la caída de rocas o árboles sobre la ladera superior. Los procesos de control de avalanchas son costosos en extremo y de éxito limitado. Entre las medidas preventivas es conveniente prohibir la construcción de edificios de producción y vivienda en lugares propensos a los aludes (Figura 12).

Coladas de barro y aluviones. En zonas de laderas y montañas pueden ocurrir coladas de barro y piedras que, eventualmente, pueden ser arrastradas hasta los valles. Son especialmente frecuentes en condiciones de altas precipitaciones, donde existe una cuenca de captación amplia en posición superior y se presentan cauces de escorrentía que arrastran masas de tierra no consolidadas que se interpone a su paso. El cono de deyección aluvial es el lugar donde frecuentemente se produce el daño mayor; allí emerge la colada y se deposita sobre el llano, arrollando a su paso las construcciones, cubierta vegetal y suelos (Figura 13).

Entre las medidas preventivas se tiene la mantención de una cubierta vegetal que esté en armonía con las características geomorfológicas del terreno y con las precipitaciones del lugar. Además, debe evitarse localizar las construcciones y plantaciones en los cauces probables de las coladas de barro.

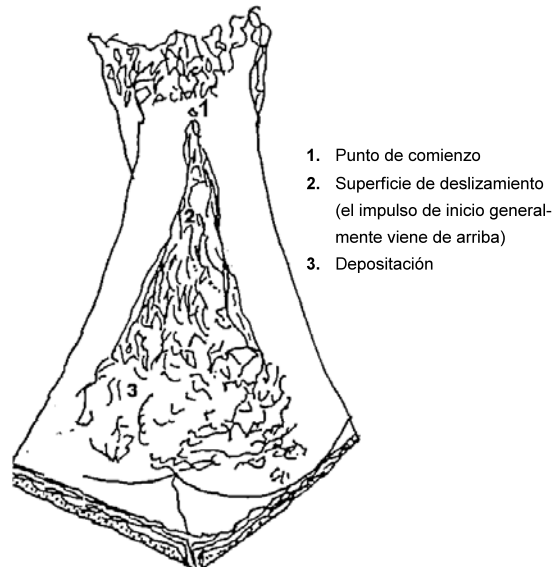


Figura 12. Avalancha de nieve (Adaptado de Matas y Cereceda. s.f.)

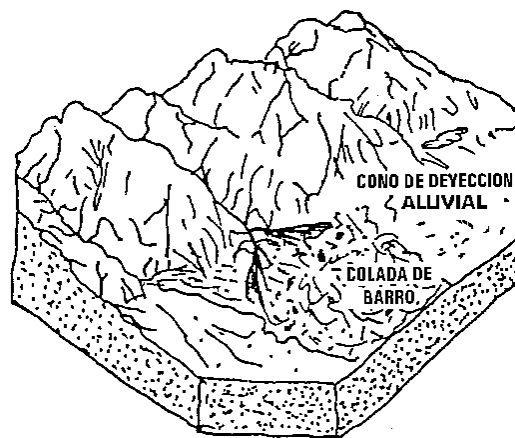


Figura 13. Coladas de barro y cono de deyección aluvial (Adaptado de Matas y Cereceda. s.f.)

Inundaciones. Las inundaciones se producen frecuentemente en zonas ribereñas a los ríos y lagos; aunque también pueden producirse en circunstancias en las que ocurren lluvias intensas y prolongadas durante alguna estación o período del año. También pueden producirse en áreas en las que después de acumularse una capa de nieve de cierto espesor, se combinan lluvias intensas con temperaturas elevadas.

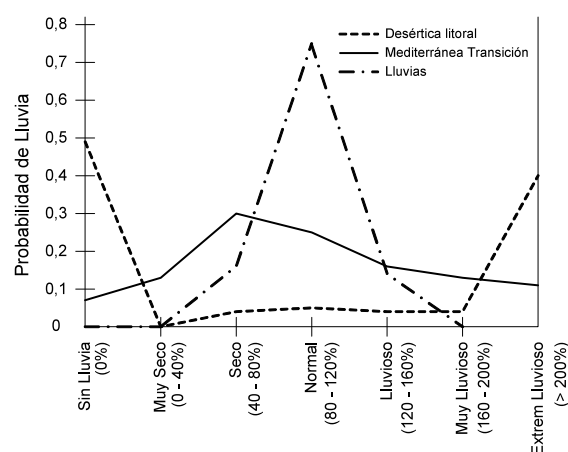
Las probabilidades de inundación pueden calcularse sobre la base de series históricas de registro.

Algunas actividades son ideales para los ámbitos con cierto riesgo de inundación; entre éstos, pueden mencionarse bosques de protección, canchas de golf, parques, praderas y áreas de recreación. En algunos casos, la susceptibilidad de las inundaciones pueden ser positiva: en la incorporación de légamos fértiles en tierras de labor, el lavado de sales del suelo y la recarga de los acuíferos.

Variabilidad climática. Almeyda, en el año 1934, después de estudiar globalmente las variables climáticas y su variación a través de los años, concluyó que: “la irregularidad climática es una regularidad climática”. Gastó (1966) determinó la probabilidad de ocurrencia de la magnitud de las precipitaciones y clasificó a la república de Chile en zonas de variabilidad precipitacional constante, ajustada a una función de variabilidad. La ocurrencia de años secos o lluviosos es, por lo tanto, de un valor probable definido para cada ecorregión (Figura 14).

Santibáñez (1992) propuso una función climática en la cual es posible calcular la probabilidad de heladas, viento y tormentas de viento de cada región agroclimática.

La forma de prevenir los riesgos ocasionados por la variabilidad climática es adecuar los estilos de agricultura o usos de la tierra a estas variaciones, incorporando los riesgos de sequía, precipitaciones excesivas, heladas (Figura 15) y tormentas en la toma de decisiones.



Clase de precipitación anual en relación a la mediana

Figura 14. Probabilidad de variaciones de las precipitaciones totales anuales de Chile sobre la base de los registros de precipitación desde el año 1852 a 1965 (en algunos casos con treinta o más años de registro) (Los autores)

En la Figura 14, los años se agrupan en siete clases en relación con la mediana (promedio) cada una en rangos del 40% en relación con la clase de años que se denominó normal. Se incluyen, además, los años sin lluvia y los extremadamente lluviosos, con precipitaciones referidas al doble de la mediana. Se indican tres de las doce regiones del país (Gastó, 1966).



Figura 15. En zonas templadas, no plantar especies susceptible en ámbitos expuestos a heladas: valles, hondonadas, vaguadas y desfiladeros. Tampoco hacerlo en posiciones superiores a obstáculos naturales (bosques) o construcciones; pero sí hacerlo en las posiciones inferiores (Basado en Díaz, 1983)

Deslizamiento de tierra. Consiste en el descenso de material suelto por una ladera. La pendiente y la estabilidad del material constitutivo son elementos fundamentales del ámbito, lo cual está estrechamente relacionado con su vulnerabilidad. La energía potencial del material que se encuentra en las posiciones elevadas, unido a las precipitaciones y

sismos, remodela constantemente el paisaje agrícola, pudiendo ocasionar daños a las construcciones y personas que se ubiquen en sitios expuestos y afectar las actividades agrícolas. Algunas de las medidas de protección son establecer cubiertas vegetales de alta estabilidad y permanencia. Como medidas de

prevención se debe localizar las construcciones agrícolas y huertos bajo laderas de alto riesgo.

Pestes y plagas. Algunos organismos-plaga para la agricultura se localizan en cultivos donde se presentan condiciones de hábitat, nicho y territorio adecuados para ellos. En el desarrollo de las actividades agrícolas y de la vida rural en general, se trata de evitar estos ámbitos de manera de prevenir el daño que puede ocasionar la presencia o la irrupción de plagas.

ACCIONES TECNOLÓGICAS

Los riesgos de naturaleza tecnológica se originan por la interacción entre la aplicación de tecnología y las características de un ámbito determinado. La resultante de la aplicación de tecnología, ya sea aditiva (tal como un “input” cualquiera) o sustractiva (tal como un “output” del sistema) puede generar efectos ambientales positivos, negativos, o neutros. Al ser valorados se transforman en impactos ambientales.

La vulnerabilidad del sistema en relación con la tecnología es amplia, dependiendo del tipo y magnitud del input o output y de las características específicas del ámbito donde se ejerce la acción. Por lo tanto, la vulnerabilidad no es neutra y general, sino específica y particular. Es por ello que primeramente deben identificarse y caracterizarse los ámbitos empleando un Sistema de Información Geográfica apropiado. Esto permite manejar bases de datos georreferenciadas y establecer una cartografía politématica de vulnerabilidad a cada estímulo, lo cual constituye la matriz ambiental.

El riesgo de contraer una determinada enfermedad ecosistémica está dado por:

Riesgo = f (probabilidad de ocurrencia del evento natural, probabilidad de ocurrencia de la acción antrópica, probabilidad de generación de un efecto).

La vulnerabilidad de un ámbito dado frente a una acción de artificialización ejercida como “input” o “output” debe referirse específicamente a un tipo de problema dado, tal como la vulnerabilidad a la erosión del suelo.

El procedimiento general a seguirse en cada área que se estudie, considera las etapas siguientes:

1. Clasificación y delimitación de los diversos ámbitos que hay en el área, lo cual se representa en mapas de unidades, cada uno de los cuales corresponde a un ámbito dado.
2. Determinación de la relación entre las acciones antrópicas de input y output que supuestamente será aplicada al sistema y su riesgo de deterioro, lo cual, al multiplicarse por el daño que ocasiona, se expresa como vulnerabilidad a esa acción.
3. Elaboración de la carta politématica de vulnerabilidad a esa acción de artificialización

específica de cada ámbito, de acuerdo con la meta de estado óptimo establecida por la sociedad.

ACTIVIDADES POLÍTICAS

Los riesgos políticos están relacionados con decisiones superiores tomadas por autoridades de distinto nivel en relación con el deterioro, uso y manejo de los recursos naturales y agrícolas de alguna área. Las autoridades políticas, sociales y empresariales pueden tomar decisiones de naturaleza nacional, regional, municipal o predial que autoricen, prohíban o estimulen la aplicación de acciones que deterioran ámbitos vulnerables, sin considerar los efectos negativos de la actividad, aunque desde una perspectiva económica y social de corto plazo puedan ser ampliamente ventajosas.

La importancia de las decisiones de las autoridades en relación con la vulnerabilidad del sistema, radica en la extensión y magnitud del deterioro que puede afectar a las áreas involucradas. Por lo tanto, antes de implementar cualquier acción de artificialización, es necesario estudiar la vulnerabilidad del sistema ante la actividad, de manera que las decisiones que se tomen tengan todo el rigor, información y valoración posible. Es por ello que el proyecto Santuario de la Naturaleza Pumalín ha requerido de un estudio acucioso y objetivo, de las condicionantes naturales y antrópicas. De esta manera es posible designarle el mejor uso de manera de lograr la sustentabilidad y de optimizar el beneficio, tanto local como global.

Los ejemplos sobre el deterioro de ecosistemas vulnerables como producto de decisiones superiores son numerosos. Entre estos pueden mencionarse:

- La apertura del monte chaqueño para el cultivo de Soja, sin considerar la vulnerabilidad del sistema a la erosión y degradación de la estructura del suelo.
- El sobrepastoreo de la estepa patagónica que finalmente derivó en un deterioro generalizado de su condición y capacidad sustentadora.
- Quema generalizada de bosques australes para abrir tierras para la agricultura y los cultivos.
- La introducción del castor y el deterioro del bosque austral.
- El poblamiento de los ríos australes y centrales con truchas y la reducción consecuente de la biodiversidad y productividad.
- La construcción de centrales termoeléctricas y refinerías de metales en la región de Valparaíso y Copiapó (Chile), usando tecnologías inadecuadas y en lugares inconvenientes, con el deterioro consecuente de la agricultura y los recursos naturales.

La lista de efectos producidos por actividades llevadas a cabo en ámbitos vulnerables es extensa; en este sentido, las decisiones de ocupación del territorio en zonas de alta probabilidad de riesgos naturales es también extensa. A modo de ejemplo puede

mencionarse la agricultura y los asentamientos humanos en los lechos de los ríos; la trashumancia del ganado y sus pastores desde zonas de la cordillera hacia el valle que eventualmente pueden quedar atrapados por efecto de las nevadas otoñales. El efecto de las sequías, nevadas, granizadas y vendavales recurrentes suelen vulnerar territorios donde los bosques, cultivos y actividades pecuarias no están acondicionadas para afrontar estos riesgos.

Un tema medular en la planificación del uso del territorio es que la toma de decisiones sea informada y que se actúe con altura de miras respecto de las actividades a efectuar en distintos ámbitos y a sus umbrales de vulnerabilidad.

ESCALA ESPACIO-TEMPORAL

En el contexto ambiental, el espacio y el tiempo juegan un papel importante en el análisis del problema, aun cuando no han sido formalmente considerados en los estudios relacionados con esta temática.

La problemática ambiental debe referirse al ambiente antrópico y ser representada en imágenes o modelos a escala que describan el ámbito y su entorno, los elementos y sus relaciones, en una escala espacio temporal apropiada.

La vida del hombre y sus actividades se perciben en espacios que varían en su tamaño, por lo cual se describen en escalas espaciales diferentes. La humanidad, constituida por la población humana que habita el planeta, se representa en escalas mundiales tal como 1:50.000.000. Algunos problemas deben referirse a escalas regionales intermedias; *v. gr.* la desertificación del Sahel, o la salinización de los suelos del Valle del Ando en Pakistán, la lluvia ácida en Europa, que abarca un área extensa en algunos continentes y que cubre a varios países, los cuales deben ser tratados en escalas continentales de aproximadamente 1:10.000.000 o mayores.

Los problemas ambientales nacionales, tales como la erosión en áreas agrícolas, la pérdida de diferentes tipos de recursos naturales, deben plantearse a escala de país. Mientras problemas tales como la contaminación urbana deben resolverse en escalas más detalladas de 1:250.000 o mayores. Los problemas locales muy específicos, tal como la contaminación en la desembocadura de un río o el estiércol del ganado en un predio deben plantearse en escalas de 1:10.000 o mayores.

A nivel personal o familiar el detalle requerido normalmente corresponde a la vivienda y se da en escalas de 1:100 ó 1:1.000. Numerosos problemas ambientales del hombre han sido resueltos en esta escala y de allí el gran desarrollo alcanzado por la arquitectura ambientalista. La escala representacional puede ser aún mayor, por ejemplo cuando se trata de

espacios definidos de una vivienda o industria donde el problema de vulnerabilidad ambiental se resuelve por decoración interior y por acondicionamiento de la atmósfera.

No es válido referirse a un problema ambiental en una escala diferente que la dada por la naturaleza del problema. Cada problema ambiental se presenta en una escala espacial y la solución y magnitud deben corresponder a la de la escala. Al mismo tiempo, cuanto más definido es el problema, mayor importancia tiene el lugar que ocupa, por lo cual no puede ser referido a una posición espacial cualquiera.

El espacio se presenta en diversas escalas de acuerdo con su perspectiva, ya sea física (Saavedra, 1982), biológica (Gunther, 1982), histórica (Góngora, 1982), sociológica (Scherz, 1982) y geográfica (Riesco, 1982). La ecología, que necesariamente incluye todas estas perspectivas ambientales, debe condicionar la escala espacial al sistema de referencia y a la problemática del fenómeno que analice y describa.

La percepción y la concepción del tiempo tienen una larga historia y aparecen unidas a la imagen del espacio y el movimiento. La experiencia humana en todas sus formas ha marchado en relación con el tiempo. Su comprensión es esencial para la estimación e intangibilidad de la propia época, del entorno y de los caminos posibles que depara el porvenir y de la eficacia en los cambios fenomenológicos inducidos en un espacio definido del entorno (Gómez, 1982).

Los fenómenos ambientales, normalmente se tratan ahistóricamente y se pretende resolver los problemas en forma instantánea, soslayando la dimensión evolutiva propia de la ecósfera y del desarrollo del hombre.

El tiempo, al igual que el espacio, debe ser representado en el modelo en la escala que corresponda. La vida de las personas y los problemas ecológicos se representan en décadas, años, estaciones, meses, semanas, días y fracciones de días. Los procesos económicos y sociales ocurren diariamente, en escalas que no coinciden con las escalas ecológicas, lo cual desencadena el conflicto economía-ecología-sociología. Cada evento debe ser representado en modelos referidos a la escala temporal que corresponda. El efecto invernadero, por ejemplo, ocurre en escalas direccionales de décadas y siglos; en cambio, las variaciones climáticas de las precipitaciones ocurren anualmente y estacionalmente como procesos no direccionales. La comunidad, a través de los medios, percibe ambos fenómenos en la misma escala temporal, lo cual crea una confusión de deterioro ambiental que no corresponde con la realidad.

La conexión entre tiempo y espacio se manifiesta en los procesos ecológicos de modificación ambiental y

su relación con el hombre que se presenta como actor y receptor del impacto. La actividad del hombre en la transformación de la naturaleza tiene un impacto directo en un período breve y en un espacio próximo, lo cual corresponde a la internalidad de la acción. El impacto, distante en el tiempo y el espacio, que a menudo no se percibe como efecto del fenómeno, corresponde a las externalidades. La suma acumulada de las externalidades relativas a las actividades humanas expresadas en desechos de procesos y en la degradación de los recursos naturales durante un período prolongado, es lo que genera el fenómeno del deterioro ambiental.

LA VULNERABILIDAD EN EL MODELO NIJKAMP-DOUROJEANNI

ESPACIO DE SOLUCIÓN

Para evaluar un determinado proceso o actividad, tal como los estilos de agricultura y el uso múltiple en relación con la vulnerabilidad del sistema, es necesario establecer previamente las diferencias que existen entre un modelo construido de objetivos y la situación real que se pretende resolver. Esto significa que, primeramente, es necesario describir el patrón de referencia o escenario deseado, con el fin de establecer las diferencias con el escenario probable esperado que ocurriría con un determinado estilo de agricultura.

El marco teórico o modelo incluye tres objetivos principales que, según Nijkamp (1990), permiten un desarrollo completo: crecimiento económico, equidad social y sustentabilidad ambiental. Estos objetivos son complementarios y mutuamente excluyentes. El ámbito donde ocurren las acciones son los recursos naturales o el ambiente agrícola en general; puesto que el ámbito difiere de un lugar a otro, el espacio de solución generado por estas tres variables experimenta modificaciones. El cambio global está dado por la integración de los productores y mercados de una región, país, o del mundo (Figura 16).

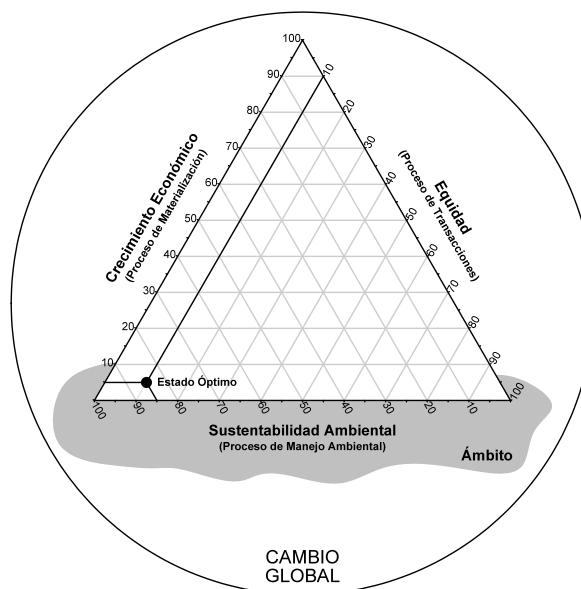


Figura 16. Conflictos de intereses y objetivos complementarios entre crecimiento económico (productividad), equidad (transacciones) y sustentabilidad de la agricultura en función del ámbito específico y global, de acuerdo con el modelo de Nijkamp (1990). El punto donde se señala el estado óptimo (E_0) es sólo un ejemplo (Los autores)

El modelo, sin embargo, se enfrenta a tres clases de obstáculos de naturaleza conceptual, teórica y práctica (Dourojeanni, 1991). Entre las restricciones conceptuales se tienen las diversas interpretaciones del significado del desarrollo, equidad y sustentabilidad. Este último tiene el significado de la renovación en el tiempo y de la capacidad de las futuras generaciones de reutilizar los recursos; pero es ambiguo, ya que se asocia a situaciones de satisfacción simultánea de las generaciones presentes y futuras.

Entre las restricciones teóricas, se tiene la falta de indicadores adecuados para medir la sustentabilidad del sistema. Hasta ahora ha sido difícil encontrar parámetros de compatibilidad que relacionen los objetivos económicos, ambientales y sociales. Lo anterior significa que no es posible articular los objetivos en una sola dimensión y que los intercambios existen no sólo en un ámbito particular, sino también entre ámbitos (continentes, países o regiones dentro de un país). De esta forma se tiene que la expansión de un tipo de agricultura incluye el intercambio de tecnología por recursos naturales, tanto desde un punto de vista de los flujos internacionales como la transformación del paisaje y de los flujos entre ecosistemas de los diferentes sectores agrícolas, lo cual introduce factores de compensación relacionados con las deficiencias internas, lo que a su vez modifica los objetivos generales. Esto puede resumirse en la imposibilidad de medir los elementos

sociales, ambientales y económicos dentro de un sistema de valores de intercambio; estos valores difieren de acuerdo con los múltiples factores involucrados (Nijkamp, 1990).

Finalmente, entre las constricciones prácticas para el desarrollo de un modelo que permita evaluar los diversos estilos de agricultura, se tiene que éste, además de satisfacer los tres objetivos a través de la transformación productiva, generación de servicios sociales y conservación de los recursos naturales, también deberá sobreponerse al conflicto de intereses así como los cambios mutuos que ocurren especialmente en el corto plazo. Esto significa que el logro del óptimo global considera el sacrificio del óptimo parcial de cada uno.

Por lo tanto, el espacio de solución es función de las transacciones entre las diferentes actividades; este

acuerdo cambia constantemente en relación con la oferta tecnológica, oferta ambiental y las necesidades y aspiraciones de los diferentes actores (Nijkamp, 1990).

El triángulo de Möbius utilizado por Nijkamp y Dourojeanni señala los principales conflictos que deben resolverse para establecer un marco de referencia para el desarrollo de modelos de estilos de agricultura y de uso múltiple, representados en condiciones abstractas y en relación con la vulnerabilidad del sistema. Aunque este modelo difícilmente identifica los elementos completos para evaluar y contrastar las actividades de los diversos estilos de agricultura, permite determinar la vulnerabilidad del ámbito, sus impactos y posibilidades, cuando se analiza un estilo desde las distintas perspectivas posibles (Figura 17).

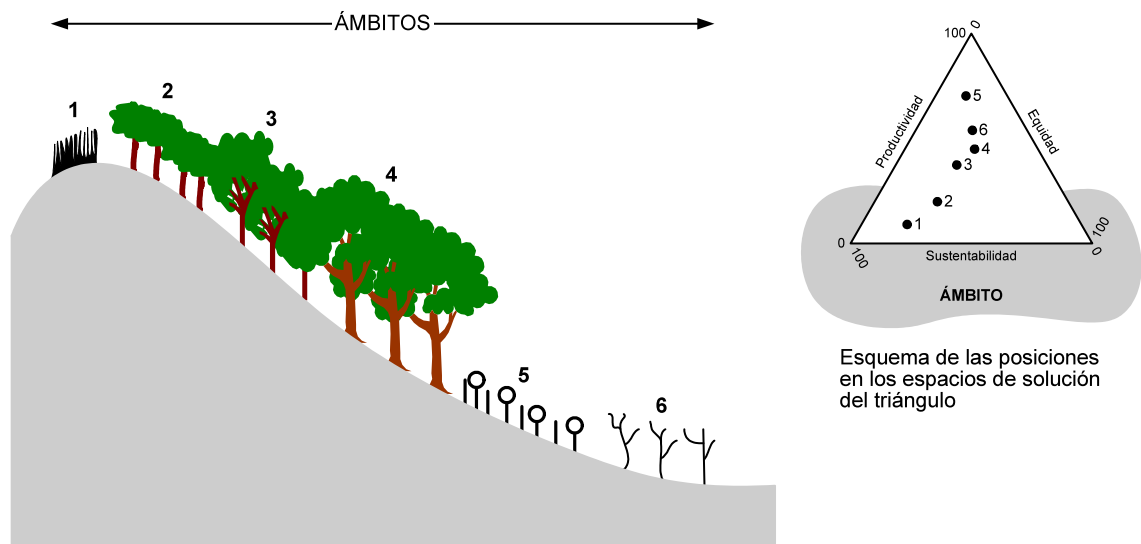


Figura 17. Esquema de la posición del espacio de solución representada por el triángulo de Nijkamp de acuerdo con las características de los ámbitos; en este caso, éstos se representan esquemáticamente por la variación que ocurre en una ladera cualquiera (Los autores)

El espacio de solución permite armonizar productividad con equidad y sustentabilidad en un ámbito dado, tanto en forma específica como global. En la práctica agrícola no siempre es posible hacer coincidir la solución teórica con la práctica. La diferencia entre ellos son las enfermedades ecosistémicas o impactos ambientales negativos. La variación en el tipo e intensidad de la acción sobre el sistema traslada la solución a una posición diferente y, en esta forma, puede generar una nueva enfermedad ecosistémica. La probabilidad de que ello ocurra es la vulnerabilidad del sistema (Figura 18). Los eventos naturales y las acciones antrópicas ejercidas sobre el sistema en un ámbito dado pueden generar un efecto positivo; esto ocurre cuando el estado del fenómeno, después de la intervención, se aproxima al espacio ideal de solución en lugar de alejarse.

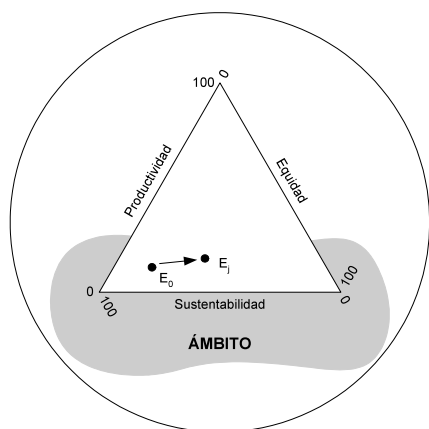


Figura 18. Estado óptimo E_0 de un sistema en un ámbito dado, lo cual es función de su productividad, equidad y sustentabilidad, como consecuencia de una acción externa. Al ser sometido a una acción el estado cambiará desde E_0 a E_j . La distancia entre estos dos estados posibles es la vulnerabilidad del sistema. En caso contrario, cuando las acciones externas tienden a aproximarlos al estado óptimo E_0 desde otro estado cualquiera, el impacto es positivo

SUSTENTABILIDAD

La acción perturbadora desarrollada al artificializar un ecosistema agrícola, que inicialmente se encuentra en un estado E_i , debe analizarse en el contexto de su degradación real o potencial (enfermedad ecosistémica o efecto ambiental negativo). Este cambio de estado del sistema en un ámbito dado (artificialización) afecta a la cosecha sostenida del sistema (productividad), a la equidad y a la sustentabilidad. La distancia que existe entre el estado óptimo E_0 y, el estado final E_j , es la enfermedad ecosistémica, o impacto negativo. Por otra parte, la vulnerabilidad es la probabilidad de que el sistema pase desde E_0 a E_j al aplicar cierta acción.

La sustentabilidad del sistema se refiere tanto a la mantención del balance positivo de flujo, como a la capacidad de generar rangos medios o ingresos basados en la reproducción, evolución y conservación del capital ecosistémico (Gastó y González, 1992). En el caso de sistemas artificializados se introduce masa, energía e información como “input–output”, en tanto que los parámetros de volumen, tasa de crecimiento y tasa de circulación, deben mantenerse en estado de equilibrio. La estabilidad económica debe poder mantener los atributos de armonía y periodicidad del sistema, de acuerdo con el estilo de transformación. La sustentabilidad tiene un costo adicional en relación con la productividad del sistema, por lo cual requiere ser agregado a los costos de productividad.

Para determinar el grado de sustentabilidad para el desarrollo se deben considerar cinco factores (Gligo, 1987; Mansvelt y Mouider, 1993):

- Coherencia ecológica.
- Estabilidad socioestructural.
- Complejidad infraestructural.
- Estabilidad económico–financiera.
- Riesgo e incertidumbre.

La coherencia ecológica está relacionada con el uso de los recursos naturales según su aptitud y función en la naturaleza. Desde un punto de vista económico existe una acción socioestructural sobre la biogeoestructura, tecnoestructura, entorno y sistemas externos incidentes. Tal acción puede generar ecosistemas estabilizados en condiciones de alto “input”, “output” y cosecha, aun cuando el grado de artificialización sea mayor que el óptimo. El “input” desde el exterior de grandes cantidades de masa, energía o información (tecnología) puede producir rendimientos elevados; pero, al mismo tiempo puede provocar una degradación de la arquitectura del ámbito, no permitiendo una cosecha sostenida (Nava, Armijo y Gastó, 1979).

El uso racional de los recursos requiere de la articulación de las políticas económicas y ambientales. En este sentido, las causas económicas de mayor incidencia en la sustentabilidad ambiental son el deterioro del precio de los productos y el incremento del precio de los insumos. Cualquier transformación que se haga involucra un riesgo. En la actualidad, estos riesgos generalmente se relacionan más con la complejidad de las grandes tecnoestructuras globalizadas, que con la vulnerabilidad del ámbito específico donde se hace agricultura.

RECEPTIVIDAD TECNOLÓGICA

A partir de lo precedente, puede postularse que la receptividad tecnológica en un ámbito dado deriva de la relación entre beneficios y costos adicionales por un lado y, el tipo y grado de artificialización aplicado por el otro. Utilizando conceptos desarrollados previamente, también puede decirse que aquella depende de la amplitud entre los umbrales de sustentabilidad, equidad y productividad (Figura 3).

De este modo, la receptividad tecnológica puede definirse como el gradiente de artificialización que puede aplicarse en un ámbito dado, tal que la diferencia entre los beneficios y los costos adicionales sea cero o positiva. A partir de la relación entre beneficios y costos adicionales, es posible diferenciar tres grandes tipos de ecosistemas: de alta, media y baja vulnerabilidad. En las figuras 19, 20 y 21 se representan las variaciones en los costos adicionales y en los beneficios obtenidos, al variar el grado de artificialización de un ecosistema dado. El costo adicional al que se hace referencia, se define como el

esfuerzo adicional necesario para mantener al sistema por debajo del umbral de sustentabilidad–equidad.

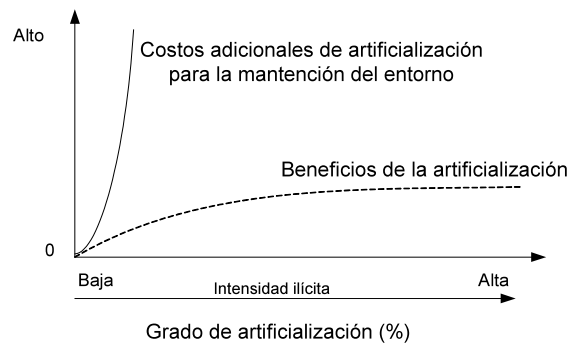


Figura 19. Ecosistema de alta vulnerabilidad. Todos los grados de artificialización son ilícitos

La Figura 19 corresponde a un ecosistema de alta vulnerabilidad; en éste los costos adicionales de sustentabilidad siempre exceden los beneficios de la artificialización. En otros términos, la amplitud entre los umbrales de sustentabilidad, equidad y productividad, es cero.

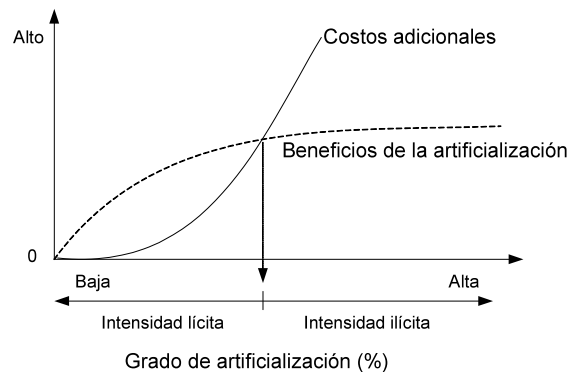


Figura 20. Ecosistema de vulnerabilidad media. Sólo las intensidades más bajas de artificialización son lícitas (Los autores)

La Figura 20 describe la relación entre beneficios y costos adicionales en un ecosistema de vulnerabilidad media. Los beneficios de la artificialización exceden los costos adicionales del sistema hasta un nivel de artificialización dado. Por encima de éste, la vulnerabilidad crece significativamente y torna ilícito un incremento adicional.

La Figura 21 corresponde a un ecosistema de baja vulnerabilidad. En éste la amplitud entre los umbrales de sustentabilidad–equidad y productividad permite un grado de artificialización elevado, con beneficios siempre superiores a los costos adicionales.

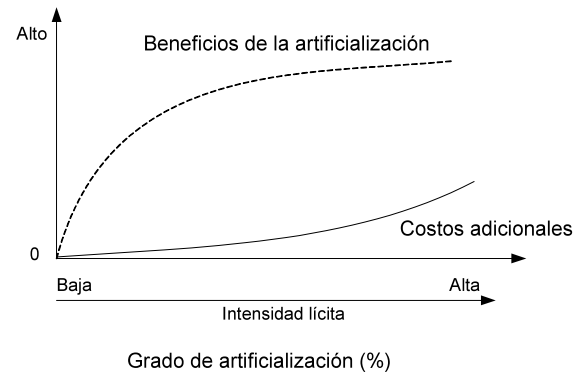


Figura 21. Ecosistema de vulnerabilidad baja. Todos los grados de artificialización son lícitos (Los autores)

En el contexto del uso múltiple, la artificialización de un ecosistema dado tiene como meta alcanzar algunos o la totalidad de los determinantes de la calidad de vida; éstos pueden sintetizarse en tres grandes factores: salud, información² e ingresos. La viabilidad de estas metas, depende de la relación entre los beneficios derivados de la artificialización del ecosistema y los costos adicionales³ producidos.

De un modo más formal, lo precedente puede expresarse como:

$$\begin{aligned} \text{Beneficios} &= f(\text{artificialización}) \\ Be &= \Sigma (\text{salud, información, ingresos}) \\ \text{Costo adicional} &= f(\text{artificialización}) \\ Ca &= \Sigma (\text{salud, información, ingresos}) \end{aligned}$$

En las curvas siguientes se representan los beneficios y costos adicionales ocurridos con distintas intensidades de artificialización en ecosistemas con distintas probabilidades de vulnerabilidad crítica.

Para una misma intensidad de artificialización se considera que tanto los beneficios como los costos pueden discriminarse de acuerdo con la meta o metas perseguidas. En casos hipotéticos presentados se supone que la meta primaria es salud; a partir de ella se incorporan los costos y beneficios adicionales de salud+información y salud+información+ingresos. Para un nivel de artificialización dado, los costos y beneficios corresponden al máximo posible para cada meta (s).

Al considerar la relación entre los factores que hacen a la calidad de vida y la artificialización, aquí se postula lo siguiente:

1. Las formas de las curvas variarán de acuerdo con la meta o metas fijadas (salud; salud+información; salud+información+ingresos).

² En un ámbito determinado, por información se entiende la diversidad de la biocenosis y la tecnología incorporada por el hombre.

³ Es aquél que debe adicionarse al costo propio de la artificialización para mantener la sanidad del ecosistema en cuestión.

2. Las formas de las curvas variarán de acuerdo con el tipo de ecosistema considerado (alta, media y baja vulnerabilidad)
3. Para una misma intensidad de artificialización, los beneficios generados y los costos producidos dependerán de la meta o metas perseguidas.
4. El tipo e intensidad de artificialización aplicables en un ecosistema determinado, dependerá de la meta o metas fijadas. Por artificialización lícita, se entiende aquella que no trasgrede el umbral de vulnerabilidad crítica del ecosistema. Éste se define como el nivel de artificialización del cual los costos adicionales superan a los beneficios, o en otros términos, aquél que excede la capacidad de resiliencia del sistema.

En las figuras 22, 23 y 24 se considera que la meta primaria es salud; a los costos y beneficios derivados de ésta para un cierto nivel de artificialización, se agregan los de salud+información y salud+información+ingresos; tal como se observa en las figuras 25 y 26, la resultante será diferente si la meta primaria es ingresos.

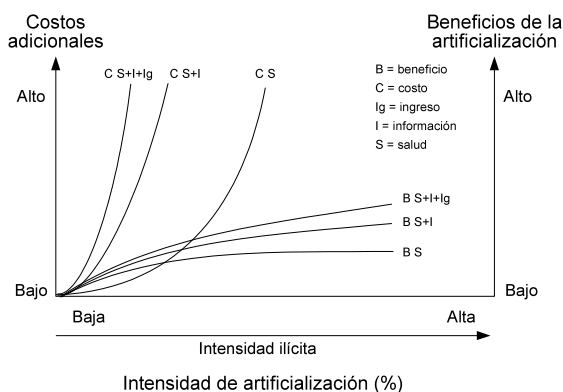


Figura 22. Relación beneficio–costo respecto de la meta salud en un ecosistema de alta vulnerabilidad. El ecosistema puede someterse a baja artificialización con fines de salud, no siendo lícito artificializar para información ni para ingreso (Los autores)

Cuando la meta es sólo salud, la artificialización puede incluir la eliminación o atenuamiento de fuentes de contaminación significativas, la construcción de vías de acceso a lugares placenteros, entre otros. Cuando a esta meta se agrega información, puede incorporarse tecnología de comunicaciones, elementos de confort y desarrollo de corredores forestales en distintos espacios prediales, entre otros. Al agregar una meta de ingresos, se incorporarán especies animales y/o vegetales para producción, tecnoestructura adecuada al turismo y otros.

En las distintas curvas de beneficios se observa una primera etapa de incremento hasta alcanzar cierto nivel

de artificialización; más allá de éste ocurre una declinación progresiva. Esto se vincula a la pérdida de capital natural que aquí se considera complementario del capital de origen humano (Constanza, 1991).

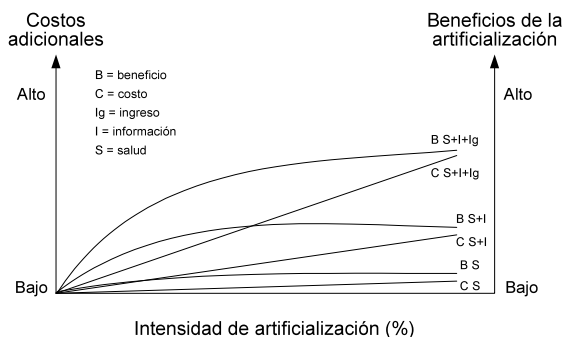


Figura 23. Relación costo–beneficio respecto de la meta salud en un ecosistema de baja vulnerabilidad. Todos los grados de artificialización son lícitos para salud y sólo los inferiores para información e ingreso (Los autores)

La Figura 22 muestra la relación entre los beneficios y costos adicionales para diferentes metas antrópicas, cuando la meta primaria es salud. Tal como se observa, es posible, obtener beneficios netos en salud y en salud+información con niveles de artificialización bajos. La incorporación de una meta de ingresos excede el umbral de vulnerabilidad con cualquier nivel de artificialización mínima; más allá de cierta intensidad de artificialización éstos declinan. El beneficio neto máximo se obtiene para la meta que combina salud+información+ingreso.

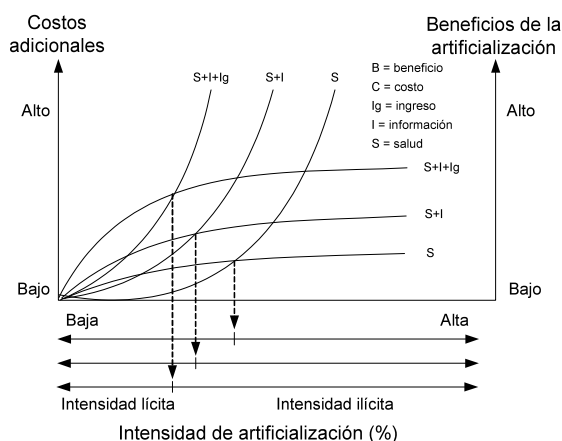


Figura 24. Relación costo–beneficio respecto de la meta salud en un ecosistema de vulnerabilidad media. Sólo los grados inferiores de artificialización son lícitos. Se indica en cada caso el intercepto S, S+I, S+Inf+Ingr (Los autores)

La Figura 25 describe las mismas relaciones de las figuras precedentes para un ecosistema de

vulnerabilidad alta, cuando la meta primaria es ingresos.

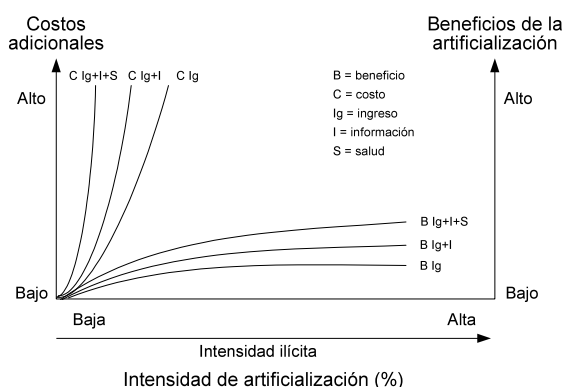


Figura 25. Relación beneficio–costo respecto de la meta ingresos en un ecosistema de alta vulnerabilidad. Todos los grados de artificialización son ilícitos (Los autores)

A diferencia de lo que ocurre cuando la meta primaria es salud, en este caso no se producen beneficios netos con ningún nivel de artificialización; esto ocurre porque el elevado costo adicional de la meta primaria (ingresos) excluye la posibilidad de beneficios netos para las demás metas, aun cuando el costo de éstas es relativamente bajo.

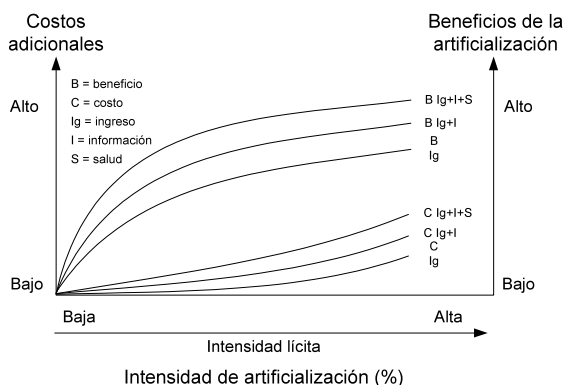


Figura 26. Relación beneficio–costo respecto de la meta ingresos en un ecosistema de baja vulnerabilidad. Todos los grados de artificialización son lícitos (Los autores)

La Figura 26 describe las relaciones entre costos y beneficios adicionales para un ecosistema de vulnerabilidad baja, cuando la meta primaria es ingresos. Tal como ocurre cuando la meta primaria es salud, aquí también se producen beneficios netos con cualquier nivel de artificialización. En este caso hipotético, existe una cierta ventaja a favor del uso combinado; en efecto, las curvas combinadas de ingreso+salud+información generan beneficios netos mayores que aquellas que sólo consideran ingresos; al mismo tiempo, la intensidad de artificialización en la que ocurre el máximo beneficio neto combinado es

menor que la correspondiente a los beneficios netos por ingresos.

CLASES DE CAPACIDAD DE USO PARA EL USO MÚLTIPLE DE ACUERDO CON CANADA LAND INVENTORY

La naturaleza en su estado natural no presenta un uso definido en relación con la sociedad humana. En la expansión de la frontera horizontal, la sociedad va incrementando su área de acción, apropiándose constantemente de nuevos territorios.

La expansión de la frontera no es uniforme en el espacio, sino que ocurre a través de la ocupación sucesiva de diversos ámbitos. Dado que el espacio es heterogéneo, el hombre comienza seleccionando los ámbitos de mayor valor y de más fácil acceso. La apropiación de un ámbito determinado está necesariamente relacionada con la valoración que aquel hace para darle un uso determinado. Por lo tanto, las clases de uso de los diversos ámbitos que se presentan en un territorio dado, es una medida de dos componentes fundamentales:

- La capacidad receptiva del sistema, dada por sus limitantes y potencialidades.
- La valoración que la sociedad le asigna a cada porción de su territorio para satisfacer sus necesidades, de manera de lograr el uso o combinación de usos de mayor interés.

Por lo tanto, las clases de uso tienen dos connotaciones: una sociocultural y la otra ecológica. La primera corresponde a cada grupo humano en particular, de acuerdo con sus tradiciones, valores, anhelos e ingresos. Luego varía de un grupo a otro. La segunda se refiere a las posibilidades del ámbito de satisfacer a la población.

Una forma de clasificar las clases de uso del territorio son las Clases de Capacidad de Uso establecidas por el Canadá Land Inventory (Cuadro 5). Esta clasificación presenta una amplia gama de usos posibles, que deben considerarse al describir y planificar el territorio. De acuerdo con las circunstancias, cada clase puede subdividirse en subclases.

Una primera dimensión de la vulnerabilidad de la agricultura se da cuando las clases de uso asignada al territorio no corresponden a las necesidades de la población. Así se tiene, por ejemplo, que un sector lacustre que debería destinarse a santuario de la naturaleza se destine a recibir los efluentes de una industria de celulosa. De esta forma y siguiendo el modelo de Nijkamp–Dourojeanni, se estaría vulnerando el sistema, pues se establece una distancia entre el estado óptimo y el asignado.

Por otra parte, la capacidad de uso es una medida de la

intervención en el sistema, con relación a las clases de uso asignadas. La capacidad de uso de la tierra del USDA–SCS es una medida del grado de artificialización que puede soportar un terreno destinado a cultivos. El Canadá Land Inventory ha establecido siete clases de capacidad de uso (Cuadro 6) que van desde muy alta a muy baja.

Una segunda dimensión de la vulnerabilidad del sistema es aplicar un grado de intervención mayor que el de la capacidad receptiva del sistema, lo cual reduce su sustentabilidad y localiza su estado a cierta distancia del estado óptimo planteado en el modelo propuesto.

Cuadro 5. Clases de uso de acuerdo con el Canadá Land Inventory

Clase	Descripción
A	Terrenos que proporcionan acceso al agua para pasear, o miradores de pescadores deportivos.
B	Playa susceptible de sustentar actividades playeras familiares; en las unidades de clases altas puede incluir baños familiares: en las clases 4 y 5 puede incluir usos de secano, debido a temperaturas muy frías del agua.
C	Terrenos que enfrentan y proporcionan acceso a cauces de agua con capacidades significativas para canoas.
D	Riberas con aguas contiguas profundas, adecuadas para nadar y atracar botes.
E	Terrenos cubiertos de vegetación con valor recreativo.
F	Cascadas y rápidos.
G	Miradores de glaciares o actividades en ellos.
H	Lugar histórico o prehistórico.
I	Terrenos que ofrecen oportunidades de recolección de objetos de interés popular.
J	Riberas o terrazas adecuadas para acampadas organizadas.
K	Geoformas de interés, exceptuando formaciones rocosas.
L	Cuerpos de agua pequeños y frecuentes o arroyo continuos de tierras altas.
M	Terrenos usualmente ribereños, adecuados para cabañas.
N	Terrenos adecuados para la observación de fauna silvestre de tierras altas.
O	Terrenos que exhiben patrones de paisaje de interés agrícola, industrial o social.
P	Terrenos que presentan una variedad de geoformas o de relaciones tierra y agua, que permitan o mejoren las oportunidades para la recreación al aire libre y la apreciación estética.
Q	Formaciones rocosas de interés.
R	Combinación de pendientes, condiciones nivales y clima, que proporcionen oportunidades para el esquí de deslizamiento.
S	Vertientes termales.
T	Ribera de aguas adecuadas para yates y botes de aguas profundas.
U	Mirador que ofrece una gran vista.
V	Terrenos para la observación de aves de humedales y acuáticas.
W	Características misceláneas con capacidad recreativa.
X	Riberas que permiten el acceso a aguas adecuadas para el boteo familiar.
Y	Terrenos que permiten estructuras mayores construidas, no urbanas y permanentes, de interés recreacional.

Fuente: British Columbia, (1997).

Cuadro 6. Subclases de capacidad de uso según el Canadá Land Inventory

Número	Denominación	Descripción
1	Capacidad muy alta	Capacidad natural de engendrar un alto uso total anual de una o más actividades intensivas; deben ser capaces de generar y sustentar un uso equivalente al que ocurre en una playa de baño sobresaliente o una pista de esquí de nivel nacional.
2	Capacidad alta	Tienen una capacidad natural de engendrar y sustentar un alto uso total anual, basado en una o más actividades intensivas.
3	Capacidad moderadamente alta	Tienen capacidad natural de engendrar y sustentar un uso total anual moderadamente alto, basado en actividades moderadamente intensivas.
4	Capacidad moderada	Tienen una capacidad moderada de engendrar y sustentar un total anual basado en actividades dispersas.
5	Capacidad moderadamente baja	Tienen una capacidad natural de engendrar y sustentar un uso anual total moderadamente bajo, basado en actividades dispersas.
6	Capacidad baja	Tienen carencia de calidad natural y de características significativas para ser calificadas más altas, pero tienen la capacidad natural de engendrar y sustentar un uso anual total bajo, basado en actividades dispersas.
7	Capacidad muy baja	Prácticamente no tienen capacidad para ningún tipo alguno de actividad popular o recreación, pero puede haber alguna oportunidad de actividades muy especializadas con agentes recreativos, o pueden simplemente proporcionar espacios abiertos.

Fuente: British Columbia, (1997).

ENFERMEDADES ECOSISTÉMICAS

La enfermedad ecosistémica es un estado diferente del óptimo dado por el espacio de solución establecido por la combinación ideal de productividad, equidad y sustentabilidad de un ámbito y de las condiciones dadas por el cambio global. Es un efecto negativo provocado por acciones antrópicas, actividades, o por enfermedades naturales, que localiza al estado alejado de su espacio de solución.

A continuación, se indican algunas de las enfermedades ecosistémicas provocadas por la mala

aplicación de operadores de artificialización.

BIOGEOESTRUCTURA

Erosión. Enfermedad que afecta al suelo, destruyendo su estructura y horizontes; como consecuencia el suelo deja de funcionar, sus atributos productivos se deteriora. El mecanismo desencadenador puede centrarse en la sobreutilización del recurso, originada en el exceso de demanda y presión desde la socioestructura. En el Cuadro 7 se observa un ejemplo de los cambios ocurridos en el componente edáfico del ecosistema natural como consecuencia de la transformación en terrenos de cultivos.

Cuadro 7. Cambios producidos en el componente edáfico del ecosistema natural, como consecuencia de la transformación del monte natural en terrenos de cultivo, en el Chaco, Argentina

Atributo	Variable	Suelo virgen	5 años de cultivo	25 años de cultivo
Comportamiento	Conductividad hidráulica K (cm.h ⁻¹)	3,05	1,33	0,34
	Infiltración (cm.h ⁻¹)	35,00	1,00	0,20
Degradación morfológica	Densidad aparente (g.cm ³)	0,83	1,05	1,22
	Estabilidad estructural (núm. gotas)	36,00	-----	9,00
Reservas energéticas	Carbono orgánico (%)	1,63	1,42	1,25
	Materia orgánica (%)	2,81	2,45	2,15
Agotamiento químico	Fósforo total P ₂ O ₅ (%)	0,034	0,030	0,026
	Fósforo asimilable P ₂ O ₅ (ppm)	35,0	2,8	1,4
Mecanismo regulador	Reacción (pH)	6,08	6,53	3,37

Fuente: Zuccardi *et al.*, (1986)

Desertificación. El empobrecimiento de los ecosistemas de regiones áridas y subhúmedas por efecto combinado del impacto de las actividades del hombre sobre la biogeoestructura y de la sequía. El mecanismo que desencadena el proceso es la devastación en la demanda y cosecha excesiva por parte de la socioestructura. La etapa final del proceso, en su grado más avanzado, corresponde a un desierto generado por la acción del hombre o *Agri deserti*. En

el Cuadro 8 se muestra un ejemplo de la reducción de trigo en áreas desertificadas.

Cuadro 8. Reducción del rendimiento de trigo en cuatro localidades desertificadas en Chile Central

Año	Localidad			
	Chanco	Mulchén	Imperial	Collipulli
1911-1917	9,7	10,3	12,0	13,4
1918-1924	7,2	9,9	12,6	9,9
1925-1931	6,8	8,0	10,5	8,8
1932-1939	4,7	7,0	9,9	7,2

Fuente: Elizalde, (1970)⁴

Incremento de pestes. Tales como insectos plagas, ácaros, vertebrados; microorganismos como hongos, bacterias y virus, como consecuencia de la desarmonización del ecosistema, debido principalmente a la devastación de algunos elementos que constituyen mecanismos cibernéticos de control.

Aridez. Incremento agudo de la aridez ecosistémica, generado en la reducción de la capacidad de infiltración de las precipitaciones y de una reducción de la eficiencia hídrica debido, principalmente, a la reducción o eliminación del tapiz vegetal y al deterioro de la estructura de los horizontes edáficos.

Esterilización. La productividad de la fitocenosis se reduce agudamente debido a la aridización originada en la devastación de la fitocenosis y roturación excesiva del suelo.

Desecamiento. Los arroyos, quebradas y vertientes se secan debido a la reducción del escurrimiento profundo de las precipitaciones registradas en las cuencas de captación.

Simplificación. La cosecha indiscriminada de algunos componentes del ecosistema reduce su complejidad y, por ende, su diversidad biológica y ecológica y la estabilidad del ecosistema.

Enmalezamiento. Invasión de especies vegetales de inferior calidad, debido al deterioro de la cubierta vegetal por la sobreutilización o la influencia de los cultivos.

Salinización. Acumulación de sales provenientes de las aguas de riego y los procesos pedogénicos, los cuales al no ser controlados en los procesos de manejo del suelo y de los cultivos, principalmente a través del lavado del suelo y de los cultivos y, la aplicación de enmiendas, pueden llegar a formar un salar.

Silencio. Es la falta de sonidos propios de la naturaleza tal como el susurro del viento, el del agua al caer en forma de lluvia o fluir en los ríos, lagos o mar y el cantar de las aves.

TECNOESTRUCTURA

Gigantización. Estructuras tecnológicas excesivas en relación con el sitio y la posición y tamaño de la cuenca y la organización del espacio como medio ambiente humano.

Miniaturización. Estructuras tecnológicas insignificantes en relación con la posición y tamaño de la cuenca y la organización del espacio urbano como medioambiente humano, lo cual se representa en la falta de cercos, corrales, represas y otras estructuras.

Ruido. Es cualquier sonido indeseable tal como vocadores callejeros, ladridos de perros, bocinas de vehículos, motores sin silenciador y música estridente.

Contaminación visual. Es la presencia de estructuras, colores, formas o de mensajes indeseables en las paredes y lugares no adecuados.

Cementación. Cobertura de extensas superficies de tierra y vegetación por capas de asfalto, edificios, carreteras u otros que sumergen la biosfera bajo un tapiz inerte que inhibe su expresión ecológica natural.

Desubicación. Es la ubicación de estructuras fuera de lugar, tal como muy cerca, muy lejos, muy alta o muy baja, en relación con otros elementos de referencia donde se localiza el observador o el receptor.

SOCIOESTRUCTURA

Tensiones. El incremento de las probabilidades de fracaso o riesgo de los individuos o de la población, genera tensiones psíquicas que afectan la socioestructura e inciden consecuentemente en la tecnoestructura y artificialización de la biogeoestructura.

Pérdida de condiciones de ocio y recreación. El desarrollo de la biogeoestructura, tecnoestructura y socioestructura genera condiciones adversas para la recreación o el ocio de la población. La escasez de espacios naturales adecuados para la recreación dificulta las opciones espacio-temporales de recreación y ocio.

Antropización del medio antrópico. El hombre primitivo evolucionó en un medio diversificado de animales, plantas y recursos asiáticos. El medio natural del hombre es la naturaleza y no otros hombres, lo cual al ocurrir en exceso, le provoca efectos psíquicos de naturaleza conocida. Ello, unido a la tecnoestructura, genera un ambiente distinto al de donde evolucionó la especie, lo cual, unido a la gigantización urbana que hace cada vez más inaccesible la naturaleza, genera enfermedades socioestructurales complicadas.

Consumismo. Necesidades exageradas de bienes, lo cual genera una demanda excesiva de elementos provenientes de la biogeoestructura. Está estrechamente relacionado con otras enfermedades de la socioestructura.

⁴ Se debe considerar que en esta época no se hacían cambios significativos de variedades, no se aplicaba fertilizantes, lo cual permitía una medida más relativa de la vulnerabilidad o de la disminución de la productividad del suelo.

ESPACIOS

Hacinamiento. Concentración excesiva de la población en algunos lugares.

Despoblamiento. Ausencia de asentamientos donde el ecosistema presenta condiciones favorables a la receptividad poblacional, o donde se requiere población para desarrollar el ecosistema.

Atascamientos. Falta de movilidad en el traslado de la población desde un espacio a otro.

Fragmentación del espacio, cercados. Muros artificiales de separación entre las personas o grupos periurbanos, tales como: rejas, tapias, pircas, puertas, calles y otras, que producen divisiones artificiales o al ser mal hechas dividen inconvenientemente el espacio (Wilcore, 1987; Harris y Silva-López, 1992).

BASES Y ESTILOS DE LA AGRICULTURA MODERNA

La agricultura, tal como se ha definido en este capítulo, ha sido una de las actividades que pone en evidencia y agudiza la vulnerabilidad de los ecosistemas, especialmente la agricultura desarrollada bajo el paradigma productivista, la cual confronta una situación de crisis debido a múltiples causas, entre ellas las externalidades generadas por su estilo tecnológico que no consideró la vulnerabilidad, en el largo plazo, del capital natural.

Se requiere modernizar la agricultura de tal manera que pueda constituir una alternativa de solución a la crisis planteada, a continuación se define lo que sería esta modernización y sus bases.

DEFINIENDO LA AGRICULTURA MODERNA

Se entiende por moderno aquello que se ajusta al presente, a lo actual. Según el Diccionario de Filosofía de Ferrater Mora (1994), el modernismo designa toda tendencia a acoger y aún a exaltar lo moderno, sea éste lo que corresponda al sentido histórico llamado moderno, o bien todo lo más nuevo y reciente de cualquier época.

De acuerdo con el anterior concepto, se considera la Agricultura Moderna a aquella que pueda enfrentar los desafíos ambientales, tales como el deterioro y agotamiento del recurso natural (erosión y desertificación, contaminación, destrucción de la biodiversidad); y atender las necesidades sociales tales como alimentación, materias primas para la agroindustria, desconcentración de la población en las ciudades, generación de empleo, agroturismo, ecoturismo, mantenimiento o construcción de la calidad del paisaje, calidad de vida para los habitantes del campo. Aquí la Agricultura Moderna no se refiere

sólo al incremento en la productividad en función de la intensificación tecnológica y el aumento de escala.

En este contexto, el paradigma de la Agricultura Moderna se fundamenta en el conocimiento del ecosistema, el uso múltiple, la ordenación territorial y una revaloración y validación del conocimiento tradicional y de las diversidades de formas en que se puede hacer agricultura; su desafío es encarnar el espacio de solución, tal como ha sido definido en este documento, lo cual implica establecer los factores de vulnerabilidad tanto naturales como socioeconómicos, políticos y culturales. Esto será posible si se dispone de bases teóricas y empíricas sólidas que permitan la modernización de la agricultura.

BASES DE LA AGRICULTURA MODERNA

MARCO CONCEPTUAL

Desde una perspectiva operativa, la agricultura se define como el proceso de artificialización de la naturaleza, representada en el ecosistema, con fines antrópicos (Gastó, 1977). Este proceso debe partir por definir las bases sobre las cuales debe hacerse dicha artificialización, tal que permita la toma de decisiones y las acciones requeridas para resolver el problema de la explotación de la naturaleza.

Tradicionalmente, la agricultura ha asumido este proceso de artificialización, bajo un enfoque holológico o de caja negra, esquematizado en la Figura 27a. La caja negra, entiéndase ecosistema, es asumida como una unidad simple sin estructura interna y, constituye un vínculo intáctico, dado por una variable intermedia o vinculante (β), entre estímulos (ϵ) y respuestas (ρ), que representan a las variables periféricas; las variables intermedias (β) son consideradas sin su respectiva interpretación, es decir, la producción agrícola como resultado y no como proceso. Por inferencia se intenta conocer sus componentes, arquitectura y funcionamiento, lo cual dificulta su generalización y manejo.

En el caso de la agricultura productivista interesa el comportamiento global del ecosistema respecto del objetivo específico propuesto y asume que el algoritmo de comportamiento del ecosistema es del tipo de estímulos múltiples, correspondientes al manejo antrópico, respuesta simple, relativo a la cosecha antrópica, tal como se ilustra en la Figura 27b. (Nava *et al.*, 1979).

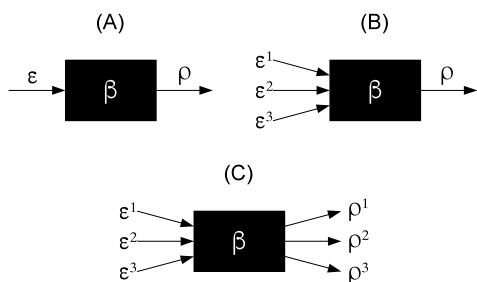


Figura 27. Enfoque de caja negra y algoritmo de comportamiento del ecosistema (Los autores)

De acuerdo con los anteriores planteamientos se puede establecer los siguientes dos aspectos de quiebre del enfoque de caja negra:

- a La productividad, considerada como la respuesta del ecosistema y que constituye el indicador de la condición de su estado, no permite indagar, sobre el estado de los componentes, la arquitectura, el funcionamiento y su tendencia en un momento dado. Esto es un serio limitante para el manejo de la agricultura referente a hacer mínima o disminuir su vulnerabilidad y externalidades.
- b Relacionado con lo anterior, no ha considerado las otras respuestas del ecosistema ante los estímulos, algunas de ellas llamadas hoy externalidades, es decir, que el algoritmo de comportamiento del ecosistema es del tipo de estímulos múltiples-respuestas múltiples (Figura 27c) y no el de estímulos múltiples respuesta simple. Estas múltiples respuestas son parte de las causas por las

cuales la agricultura se ve forzada a un cambio, de tal manera que minimice las respuestas negativas.

En esta perspectiva y de acuerdo con los planteamientos de Armijo *et al.* (1979), el estado del ecosistema frecuentemente es el remanente resultante de la cosecha del ecosistema original, por ejemplo, de la cosecha de su fertilidad, de las condiciones biofísicas del suelo, de la cosecha de agua y biodiversidad, entre otros. Después de un período de cosecha o explotación, la resultante puede ser un incremento de las probabilidades de vulnerabilidad, o directamente, la degradación de la naturaleza.

CONOCIMIENTO DEL ECOSISTEMA

La agricultura moderna debe fundamentarse en el conocimiento del ecosistema, haciendo translúcida esta caja negra, estableciendo su estado y tendencia en un momento dado. En la medida que se avanza en este proceso, la caja negra se visualiza compuesta por otras cajas negras, tal como se ilustra en la Figura 28, las cuales también deben hacerse transparentes. En este proceso se avanza hasta que se considere suficiente para lograr una adecuada comprensión y manejo del ecosistema.

La agricultura implica un cambio de estado del ecosistema original y su organización y el manejo del ecosistema debe ser el resultado de una actitud prudente mientras se estudia su dinámica y proceso de transformación, realizado con criterios de optimización antrópica. Se requiere elegir no sólo el estado al que se desea llegar, sino también, la ruta más conveniente para lograrlo y la estrategia para mantenerlo en dicho estado.

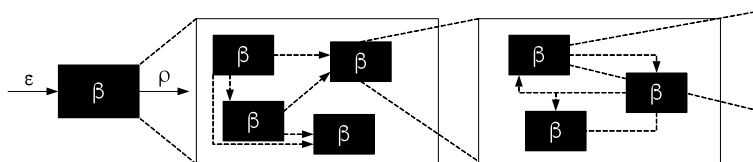


Figura 28. Enfoque de caja translúcida (Los autores)

El conocimiento del ecosistema se proporciona con base en el siguiente planteamiento, el cual ha sido desarrollado por Armijo *et al.*, 1979.

El conocimiento de un sistema requiere definir su estado, que es su condición de existencia en un momento dado. Se le define por su arquitectura y funcionamiento y, es la resultante de un conjunto de valores instantáneos de los componentes del sistema, que permiten conocer su condición específica en un momento preciso y las transformaciones de las mismas por unidad de tiempo. Los componentes del sistema están definidos por variables de estado, las cuales, a su vez, están determinadas por atributos observables y cuantificables.

El estado de un sistema E en un tiempo t dado ($E(t)$), con n componentes y variables de estado, puede ser expresado mediante la siguiente ecuación (Patten, 1971).

$$E(t) = \{X1(t), X2(t), X3(t), \dots, Xn(t)\}$$

donde $X(t)$ son las variables de estado en función del tiempo, las cuales pueden ser textura del suelo, materia orgánica, pendiente, humedad y población, entre otras.

Las variables de estado pueden ser agrupadas en los siguientes cuatro subconjuntos:

- El hábitat o ambiente físico, es el subconjunto de elementos virtuales cuyo estado está definido por las variables de estado correspondientes, que actúan por presencia sobre las otras, sin intervenir de una

manera directa, comportándose como catalizadores del sistema.

- Los subconjuntos del ecotopo o recursos abióticos; la comunidad de fotosintetizadores y la comunidad de consumidores, constituyen el subconjunto de elementos topológicos reales, cuyo estado está definido por las variables de estado correspondientes.

La arquitectura es el conjunto ordenado de variables de estado, simbólicamente se representa por:

$$\Lambda = \Lambda(\eta, \sigma)$$

donde Λ representa la arquitectura, σ corresponde al arreglo topológico en lo referente a los aspectos cualitativos y cuantitativos; y η el tamaño de las variables de estado, éste es el vector topológico.

La función (β) representa el comportamiento de un estímulo ε_i en todo su dominio, a través de una ruta r_i al interactuar con el arreglo topológico $\sigma(\eta)$ o arquitectura Λ del ecosistema. Una ruta r_i corresponde a la forma de fluir el estímulo ε_i en el ecosistema. La función puede representarse simbólicamente de la siguiente manera:

$$\beta = \beta(\varepsilon_i) \Lambda$$

El análisis del funcionamiento permite comparar diferentes arquitecturas, ya que ingresos similares de recursos a sistemas de diferentes arquitecturas producen egresos cualitativa y cuantitativamente variados; del mismo modo, un tipo de arquitectura se comporta de manera diferencial ante distintos estímulos. Este análisis permite establecer las bases de optimización de modelos, hasta conseguir simular el que logre maximizar, en la realidad, la eficiencia o productividad, de acuerdo con los objetivos propuestos en la modelación. Esta es la estrategia más eficiente y directa de determinar las características fundamentales que deben contener los ecosistemas optimizados.

El cambio de estado, es decir, pasar de un estado $E_{(t)}$ a uno $E_{(t+1)}$, es función del tiempo t y del cambio en, al menos, una de las n variables de estado y por lo tanto: $E_{(t)} \neq E_{(t+1)}$. La tasa de cambio de la variable x_i puede ser establecida mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta x_i}{\Delta t} = \frac{(x_i(t + \Delta t) - x_i(t))}{\Delta t}$$

En la naturaleza, el proceso de cambio de estado constituye la sistemogénesis, tendiente a lograr un estado de equilibrio dinámico en el climax. Las metas antrópicas, diferentes a las de la naturaleza, como en el caso de la agricultura, mediante las acciones correspondientes, detienen o cambian este proceso con el propósito de lograr dichas metas, modificando las variables de estado cualitativa y/o cuantitativamente, creando un ámbito de inestabilidad extraño a la

naturaleza, de tal manera que dicho proceso es alterado, estableciendo las condiciones de vulnerabilidad en un contexto antrópico, tal como ha sido definida en este documento.

El cambio de estado, expresado en la arquitectura del sistema, es la resultante de un proceso de evolución que se inicia en el pasado, se observa en el presente y se continúa en el futuro; el estado observado de la arquitectura en un instante dado; sólo es un punto en el tiempo y como tal está orientado y tiene una tasa de cambio. La arquitectura es el elemento donde se centran los procesos de funcionamiento; y, por lo tanto, en la práctica, el mejoramiento del funcionamiento se logra a través de estrategias de mejoramiento de la arquitectura, o de los aportes de estímulos al sistema.

Lo anterior implica que no es suficiente determinar el estado o meta del ecosistema; se requiere establecer el proceso o ruta de transformación del mismo y, definir los operadores funcionales (el tipo de tecnología, por ejemplo) que permitan el cambio de estado inicial y llevarlo en un tiempo dado al estado final probable.

RECEPTIVIDAD TECNOLÓGICA

El conocimiento del ecosistema permite establecer su receptividad tecnológica, definida como la cantidad de tecnología que puede aplicarse a un ecosistema en términos de “inputs” (ε) y de estructuras de artificialización, o modificación de la arquitectura (Λ), para producir un efecto en el “output” (ρ), sin deteriorar la sustentabilidad (S) del sistema (Gastó *et al.*, 1995).

Es conveniente hacer algunas precisiones sobre la receptividad tecnológica de los ecosistemas.

Ésta debe entenderse como la capacidad de asimilación, conducción, almacenamiento y transformación de insumos, pero también como la capacidad de asimilar las modificaciones o artificialización de la arquitectura del ecosistema. También se la considera como la capacidad de acogida.

La receptividad tecnológica considera no sólo la cantidad, sino también el tipo de tecnología que se aplica, ya que un ecosistema puede tener una baja receptividad a un tipo de tecnología y aceptable receptividad a otro tipo de tecnología.

Con base en este concepto y desde la perspectiva de los estilos de agricultura, en el Cuadro 9 se hace una primera aproximación a la vulnerabilidad de los ecosistemas.

Un ecosistema es de alto potencial cuando su receptividad tecnológica es alta. El “output” está dado en unidades diferentes a la eficiencia energética, porque hay agriculturas en ecosistemas de bajo

potencial y bajo “input”, de altos “output”, en términos de energía obtenida por energía invertida, tal es el caso de algunos tipos de agricultura indígena.

Uno de los aspectos que definen la receptividad tecnológica de los ecosistemas es su flexibilidad, entendida como la capacidad del ecosistema para admitir y asimilar, los cambios introducidos en su estructura, la cual está dada por la existencia de estructuras flexibles que son aquellas capaces de asimilar más de un uso de la tierra, reteniendo las características que lo identifican. Los factores fundamentales que afectan la flexibilidad son la topografía, el clima, la tecnología y el mercado (Meews *et al.*, 1988).

ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO

En todos los casos expuestos en el Cuadro 9, las estrategias de mejoramiento en la respuesta u “output”, pueden seguir las siguientes rutas:

- Estrategias de cambios en los estímulos, en la cual se ha fundamentado el desarrollo de la agricultura desde la primera mitad del siglo XX. Se basa en procesos y modelos derivados de la industria y la investigación agrícola. Aquí la producción agrícola es menos dependiente de la dinámica de los ecosistemas, del ciclaje de los recursos naturales; el hábitat, la tierra, entendida en su dimensión física es importante como espacio de soporte para el establecimiento de los cultivos, ganado y la tecnoestructura, como vertedero, es decir, el hábitat usado como trasfondo del proceso productivo a semejanza de lo que ocurre en la producción industrial. Estos aspectos físicos de la tierra, de los ecosistemas, llegan a tener más importancia que su

capacidad para producir, la tecnología se sobrepone abruptamente sobre estas condiciones.

- Estrategias de cambio de comportamiento mediante la modificación de su arquitectura. Esta estrategia ha sido más empleada por comunidades indígenas y campesinas, limitadas ya sea por la poca disponibilidad de tecnología o de recursos para acceder a ella, o por las características de los ecosistemas en los cuales se ubican. Se fundamenta en un aprovechamiento de los cuatro subconjuntos que conforman el ecosistema: el ecotopo, el hábitat y las comunidades de fotosintetizadores y consumidores, mediante una reordenación de los mismos.
- Estrategias de cambio en los estímulos y en la arquitectura.

Es importante resaltar que cada estrategia debe corresponder con un tipo de organización socioeconómica y cultural, o en otros términos, cada estrategia es una emergencia, en el sentido sistémico, de la organización socioeconómica y cultural.

ESTILOS DE AGRICULTURA

En términos generales, los estilos de agricultura (EA), son, en su significado sistémico, una emergencia de la organización cultural, socioeconómica, religiosa y hasta militar, lo cual se expresa a través de los objetivos, la racionalidad económica, la función social y cultural, la percepción y relación con la naturaleza y el perfil tecnológico de cada uno de los EA que se pueden identificar en el campo.

Cuadro 9. Vulnerabilidad de los ecosistemas con base en su receptividad tecnológica

Potencial del Ecosistema	Nivel del Input	Nivel del Output	Grado de Vulnerabilidad	Tipo de Vulnerabilidad Posible	Tipo de Agricultura que se presenta
Alto	Altos	Altos	Bajo	Catástrofe	Agricultura intensiva, localizada principalmente en valles, como la fruticultura del Valle Central de Chile, o la caña de azúcar en el Valle del río Cauca en Colombia.
Alto	Bajos	Bajos	Bajo	Catástrofe	Agricultura extensiva, las propiedades son de considerable tamaño, de acuerdo con parámetros regionales y, generalmente sus dueños son ausentistas. Se presenta una subutilización del recurso.
Alto	Bajos	Altos	Alta	Agotamiento de recursos explotados y degradación del hábitat	Pesca y caza desmedida. Agricultura de bajos insumos y alta productividad como la de la Pampa Húmeda argentina
Alto	Alto	Bajo	Bajo	Abandono	Agricultura intensiva de alto costo y baja rentabilidad, como los predios particulares de agrado personal.
Bajo	Alto	Alto	Alto	Degradación del hábitat	Agricultura intensiva, tipo industrial como explotación bajo invernadero, la producción de flores en la Sabana de Bogotá en Colombia, o los Feed-Lots.
Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Catástrofe	Agricultura indígena, en la Amazonia; ganadería extensiva como la ubicada en la Orinoquia colombo-venezolana, el Chaco Paraguayo, altiplano andino y patagonia, range management; y bosques nativos australes.
Bajo	Alto	Bajo	Alto	Abandono	Agricultura de colonización en zonas ecológicas marginales, como en la Amazonia en donde sólo quedan aquellos que no tienen mejor opción.
Bajo	Bajo	Alto	Alto	Degradación	Agricultura extractiva, cosecha indiscriminada del bosque nativo, sobrepastoreo en la Patagonia.

Fuente: Los Autores

En la Figura 29 se muestra la interacción cultura-naturaleza que da origen a los diferentes estilos de agricultura. La cultura define la organización socioeconómica, el desarrollo científico y tecnológico, la percepción de la naturaleza, las normas y mecanismos reguladores de la relación sociedad naturaleza; y las estrategias para su uso y explotación. A su vez, la vulnerabilidad y potencialidad de la naturaleza son función de su receptividad tecnológica; tiene componentes variables, flexibles y fijos, difíciles de ser modificados por la acción del hombre. Respecto de los estilos de agricultura, su vulnerabilidad es función de las características del ecosistema, la tecnología y el contexto socioeconómico y cultural donde se ubique, lo cual define la meta o respuesta al interrogante ¿agricultura para qué?.

La Figura 29 ejemplifica el hecho que históricamente las sociedades humanas han regulado su relación con la naturaleza (dialéctica) de diferentes maneras, pero todas basadas en un sistema de valores o filosofía, un sistema cognoscitivo o ciencia y, una tecnología, dados por la cultura. En la sociedad occidental, antes de la Revolución Científica, la religión constituía el principal medio de regulación; en las sociedades precolombinas y en algunas que aún mantienen sus culturas, la relación con la naturaleza estaba regulada por creencias, mitos y tabúes; en las culturas

orientales, la religión y el comportamiento ético constituyen los principales medios de esta regulación; en la actual cultura occidental, la economía crematística, la tecnología y el conocimiento científico, definen las normas reguladoras de la relación sociedad-naturaleza y la vulnerabilidad de los ecosistemas.

En un primer nivel, los EA están determinados por los objetivos asignados a la agricultura, por la meta establecida por el productor y por la organización socioeconómica y cultural, lo que determinará, en una primera instancia, los recursos y su combinación, que se emplearán para el proceso productivo, es decir, determinará cómo hacer agricultura.

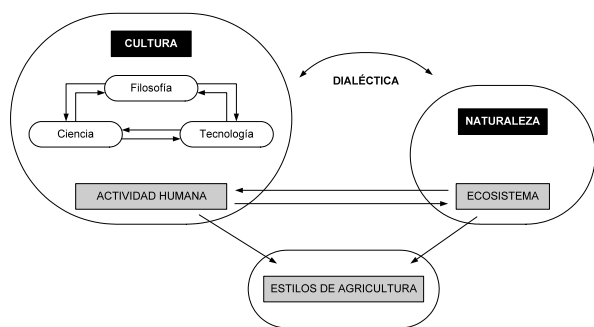


Figura 29. El paisaje rural como producto de la interacción de la cultura con la naturaleza (Los Autores)

En términos más específicos, los EA se refieren a la forma en la cual un productor organiza en su predio el espacio y el proceso productivo, mediante la combinación de los recursos (capital, tierra y trabajo), información, tecnología e insumos, con el propósito de cubrir sus necesidades, lograr una meta u objetivos previamente establecidos.

Si por agricultura se entiende la “serie de procesos de artificialización de ecosistemas de recursos naturales renovables con el fin de optimizar la calidad y cantidad de materia, energía e información canalizada hacia el hombre” (Gastó, 1980), entonces el EA debe entenderse como la forma en que el productor realiza dicha artificialización.

Los EA expresan, de manera particular, las interacciones establecidas entre los siguientes agentes, lo cual se representa en la Figura 30 (Toledo, 1996):

- El productor, quien organiza al interior de su predio el espacio y el proceso productivo, de acuerdo con los objetivos asignados a la producción, a una meta establecida y, a los recursos y tecnología disponibles.

- El ecosistema, que es el espacio de la naturaleza donde se ubica el predio y que impone restricciones. Todo ecosistema tiene una capacidad para recibir tecnología.

- La organización socioeconómica y cultural, que orienta la manera de satisfacer las necesidades básicas, impone nuevas necesidades y, define los mecanismos de regulación en las interacciones entre productores, ecosistemas y la organización socioeconómica y cultural, tales como aspectos religiosos, mitos o el mercado, entre otros.

De acuerdo con estas interacciones se puede establecer una primera aproximación al concepto de EA, a partir del cual se puede hacer una lectura y comprensión de los diferentes EA que se observan en el campo.

El productor P realiza un intercambio de materia, energía e información, a través de su predio, de los recursos, de la tecnología y las técnicas, con entidades concretas, que ocupan lugares particulares en el espacio, estas entidades son:

- El medio ambiente natural (MAN), representado por el conjunto de ecosistemas naturales y sus etapas de sucesión que existen en el territorio de P o en otros territorios a los cuales P puede tener acceso y, de donde puede obtener recursos alimentarios, de construcción, insumos para su producción, o constituir ecosistemas de sostén de vida.
- El medio ambiente transformado (MAT), representado por el conjunto de sistemas artificiales o agroecosistemas, los cuales estarán representados en el predio por los potreros destinados a la explotación pecuaria, agrícola o forestal. El grado de transformación dependerá de los objetivos asignados a la producción, de la meta establecida por P, de la disponibilidad de recursos y de su relación con el mercado.

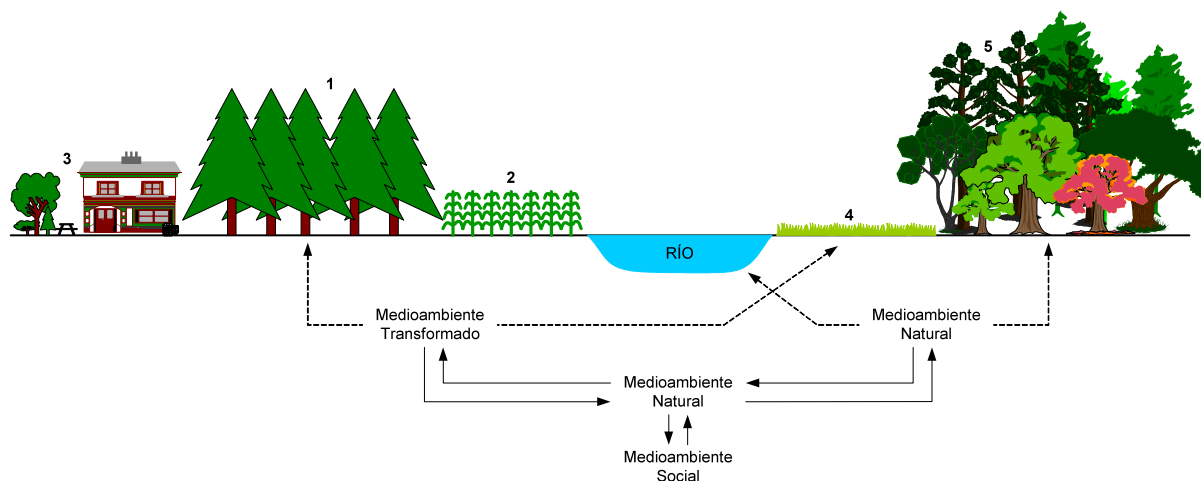


Figura 30. El concepto de estilo de agricultura (Los Autores)

Esquema teórico de los intercambios materiales realizados por una unidad rural de explotación (P) (adaptado de Toledo, 1996):

1. Área de plantación.
2. Campo de maíz.
3. Asentamiento humano.
4. Área en pastos.
5. Bosque nativo.
6. MAN: medio ambiente natural.
7. MAT: medio ambiente transformado.
8. MAS: medio ambiente social.

El medio ambiente social (MAS), que se define como el espacio social donde P lleva a cabo su intercambio económico con otros productores y con los mercados locales, regionales e internacionales.

VULNERABILIDAD, ESTILOS DE AGRICULTURA E INTEGRACIÓN REGIONAL

La integración regional y la apertura de mercados condicionan una reordenación territorial de la agricultura y la transformación de los estilos de agricultura, lo cual ha tenido diferentes interpretaciones especialmente desde la perspectiva social y económica de los países integrantes de los acuerdos. Pero se han realizado pocos análisis desde la perspectiva de la vulnerabilidad de los ecosistemas.

La integración regional y la apertura de mercados tiene como uno de sus argumentos, lograr una mayor eficiencia, competitividad y rentabilidad de las explotaciones, lo cual en el caso de la agricultura, será posible si las diferentes actividades se ubican en los ecosistemas de mayor potencia, o respuesta a los estímulos, es decir, en los ecosistemas de mayor receptividad tecnológica para determinados productos y estilos de agricultura. Esto implica, no sólo, más productividad, sino también, disminuir la aplicación de agroquímicos debido a una mayor eficiencia en su uso, de igual manera sucede con la transformación del ecosistema, reduciendo su vulnerabilidad.

En Colombia, donde la integración regional y la apertura de los mercados no ha logrado los niveles del MERCOSUR, el incremento en la competitividad ha obligado a disminuir los costos de producción, lo cual ha sido posible, en gran parte, mediante una mayor eficiencia en la aplicación de insumos y labores, disminuyendo las externalidades negativas de la agricultura como la contaminación y la degradación de los suelos, el agua y la biodiversidad.

Otro aspecto importante, es que la integración y apertura obliga a diversificar la actividad agrícola en el campo, ya que los productores tienen que buscar alternativas a los cultivos y a la ganadería, en los cuales han dejado de ser competitivos y ubicarse en otras actividades que le permitan aprovechar las

ventajas que le ofrecen sus ecosistemas, tales como el agroturismo y el ecoturismo.

En este contexto, se deben tener claros los siguientes aspectos, si se quiere avanzar en el logro de una mejor administración de los recursos naturales y de los ecosistemas, haciéndolos menos vulnerables:

- Dar respuesta al interrogante ¿agricultura para qué?, en el contexto de integración macrorregional, nacional, regional y local.
- Definir las bases de la agricultura que requiere este nuevo orden de integración y apertura, en la que el conocimiento del ecosistema y el incremento de su flexibilidad, el uso múltiple y la ordenación territorial, deben ser puntos de referencia importantes.
- Reconocer y fomentar la diversidad de los estilos de agricultura como una de las estrategias más importantes que permiten aprovechar y potenciar la diversidad genética, biológica, ecosistémica y cultural de la región.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMEYDA, E. 1934. Irregularidades de las lluvias de Chile. Anales de la Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- ANGUITA, F. y F. MORENO. 1993. Procesos geológicos externos y geología ambiental. Ed. Rueda; Madrid, España.
- BARRIENTOS, S. 1980. Regionalización sísmica de Chile. Tesis M.S. en Geofísica. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- BLANCO, O. 1988. Tecnología andina. Fundamentos científicos de la tecnología agrícola. In: Dourojeanni, M., Cioterar, D. y Laver, M. Tecnología y desarrollo en el Perú. Comisión Coordinadora de Tecnología Andina. Lima.
- BOCKENMÜHL, J. 1992. Awakening to landscape. The Goetheanum. Dornach. Suiza.
- BRITISH COLUMBIA. 1997. Corporate land use. <http://www.for.gov.bc.ca/ric/Pubs/LandUse/CORPORATELANDUSE/corporatelanduse-01.125-05-1998>. Canada.
- COLEGIO DE POSTGRADUADOS, 1991. Manual de conservación del suelo y del agua. Chapingo, Montecillo; Estado de México.
- COSTANZA, R., H. DALY y H. A. BARTHOLOMEW. 1991. Goals, Agenda, and Policy Recommendations for Ecological Economics. In: Costanza, R. (Ed.). Ecological Economics. The Science and Management of Sustainability. Columbia University Press; New York EUA); p. 1-20.

- DÁVALOS, J., L.MORALES, X. MUÑOZ y M. ULLOA. 1982. Evaluación arquitectónica del daño sísmico. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- DEVYNCK, J. 1960. Los fenómenos volcánicos y sísmicos de fines de mayo de 1960 en el Sur de Chile. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- DÍAZ, F. 1983. Práctica de la defensa contra las heladas. Dilagro, Lérida, España.
- VAN DIERAN, W. 1995. Taking nature into account: a report to the Club of Rome. Springer-Verlag; New York EEUU; 332 p.
- DOUROJEANNI, A. 1991. Procedimiento de gestión para el desarrollo sustentable. ILPES. Documento 89105. Rev 1.
- FAO y PNUMA. 1988. Manual de planificación de sistemas nacionales de áreas silvestres – protegidas en América Latina. Oficina Regional FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- ELIZALDE, R. 1970. La sobrevivencia de Chile. Servicio Agrícola y Ganadero. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.
- FERRATER MORA, J. 1994 Diccionario de filosofía. ed. Joseph-Maria Terricabras. Barcelona: Ariel, 4v.
- FLORES, L. 1994. La tecnología en el contexto de la cultura latinoamericana. Instituto Latinoamericano de Estudios Transnacionales (ILET). Santiago, Chile.
- GASTÓ, J. 1966. Variación de las precipitaciones anuales en Chile. Bol. Tecn. 24. Estac. Experim. Agronómica de la Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- GASTÓ, J. 1979. Ecología. El hombre y la transformación de la naturaleza. Ed. Universitaria. Santiago, Chile.
- GASTÓ, J. 1980. Bases ecológicas de la modernización de la agricultura. In: Sunkei, O. y Gligo, N.. Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina. Fondo de Cultura Económica; México, D.F.
- GASTÓ, J. 1983. Ecosistema: Componentes y Atributos Relativos al Desarrollo y Medio Ambiente. Bases Ecológicas de la Modernización de la Agricultura. Informe de Investigaciones. Sistemas de Agricultura. Central de Apuntes UC. Santiago, Chile, 170 p.
- GASTÓ, J. y C. GONZÁLEZ. 1992. Interpretación ambiental de la expansión de la agricultura intensiva en Chile. El caso frutícola. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Washington D.C., EEUU.
- GASTÓ, J., J. GUERRERO y F. VICENTE. 1995. Bases ecológicas de los estilos de agricultura y del uso múltiple. In: Ramos, E. y Cruz, J. (coord.) Hacia un sistema rural. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; Madrid, España, p. 259–302.
- GLIGO, N. 1990. Los factores críticos de la sustentabilidad ambiental del desarrollo agrícola. In: Revista Convenio Exterior 40: 1135–1142. México.
- HARRIS, L.D. & G. SILVA-LOPEZ. 1992. Forest fragmentation and the conservation of biological diversity: 189–222. In: Fiedler, P.L. y Jain, S.K.. Conservation biology: The theory and practice of nature conservation, preservation and management. Chapman and hall. New York.
- HERNÁNDEZ, A. y P. GALIN. Manual de depuración Uralita. Paraninfo. Madrid.
- HOLECHECK, J.L., R.D. PIPER y C.H.HERBEL. 1994. Range management principles and practices. Regents/practice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey. National Research Council. Rangeland health. National Academy press. Washington, D.C.
- LYNCH, D.L. y J.P. BROOME. 1973. Mountain Land Planning. College of Forestry and Natural Resources. Colorado State University; Fort Collins, Colorado, EEUU.
- MEEWS, J., J.D. VAN DER PLOEG y M. WIJERMANS. 1988. Changing agricultural landscape in Europe: continuity, deterioration or rupture?. IFLA Conference. The Europe landscape: “Changing agriculture, change landscape”. Rotterdam; 103p.
- MUÑOZ, J. 1994. Cartografía de zonas expuestas a riesgos naturales. Reflexiones y proposiciones para un programa o política de prevención y protección en Chile. III Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra. Santiago, Chile.
- NAVA, R., R.ARMÍJO y J. GASTÓ. 1979. Ecosistema, la unidad de la naturaleza y el hombre. Universidad Autónoma Agraria, “Antonio Navarro”. Serie Recursos Naturales. Saltillo, Coahuila, México. 331p.
- NIJKAMP, P. 1980. Regional sustainable development and natural resources use. Conferencia Anual del Banco Mundial para el Desarrollo. Washington, D.C., EEUU.
- PADEHAN, J.R., D.J.L. HARDING, J.M. HILTON y R.A. STUTTARD. 1992. Functional ecology of woodland and forests. Chapman & Hall. Londres.
- PATING, D., 1992. Historia verde del mundo. Paidós. Barcelona.

- PATTEN, B.C. 1971. A primer for ecological modeling and simulation with analog and digital computers. **In:** Patten, B.C. (ed.) Systems analysis and simulation in ecology. Vol. 1. Academic Press, N.Y. 302p.
- PAYNE, N.F. y F.C. BRYANT. 1994. Techniques for J.D. (eds). 1994. The landscape and nature production wildlife habitat management for upland. McGraw Hill. New York.
- VAN DER PLOEG, J.D. 1992. Styles of farming: an introductory note on concepts and methodology. **In:** Haan, H. de y J.D. van der Ploeg (eds), "Endogenous regional development in Europe: theory, method and practice". Proceedings of the y CERES/CAMAR seminar, Universidad de Tras-os-Montes, Vila Real, Portugal. Noviembre 1991. p. 1-27-
- PRADO, C. 1983. Artificialización del ecosistema. Planteamiento teórico para su transformación. Fac. Agronomía. Universidad de Chile. Tesis Ing. Agrónomo. Santiago, Chile.
- SANHUEZA, R. y C. VIDAL. 1996. Análisis integrado de los riesgos naturales en la ciudad de Concepción. Tesis. Facultad de Humanidades y Artes. Universidad de Concepción.
- SEOANEZ, M. 1995. Aguas residuales urbanas. Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento. Mundi-Reusa. Madrid.
- SPIEGEL, M.R. 1991. Estadísticas. McGraw-Hill. Madrid, España.
- THOM, R. 1976. Structural stability and morphogenesis. W.A. Benjamin Inc. Reading. Massachusetts, EEUU.
- TOLEDO, V. 1991. El juego de la supervivencia. Centro de Ecología, Universidad Autónoma de México. Berkeley, California. 75 p.
- URRUTIA, R y C. LANZA. 1993. Catástrofes en Chile 1551-1992. Ed. La Noria; Santiago de Chile, Chile.
- VIGLIZZO, E. 1997. Elementos para una política agroambiental en el Cono Sur, Montevideo. PROCISUR del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICH. Libro Verde.
- VOLKER, K. 1994. Landscape quality and value judgement: a sicological view. **In:** Stobbeelaar, D.J. y Van Mansuelt, J.D. (eds.) 1994. The landscape and nature production capacity of organic/sustainable types of agriculture. Proceedings of the first plenary meeting of the E.U.-Concerted action. Department of Ecological Agriculture. Agriculture University. Wageningen. Holanda.
- VOS, W. y L.O. FRESCO. 1994. Can agricultural practice contribute to functional landscape in Europe?. **In:** Stobbeelaar, D.J. y Van Mansuelt, J.D. (eds.) 1994. The landscape and nature production capacity of organic/sustainable types of agriculture. Proceedings of the first plenary meeting of the E.U.-Concerted action. Department of Ecological Agriculture. Agriculture University. Wageningen. Holanda.
- WESTMAN, W.E. 1985. Ecology, impact assessment, and environmental planning. John Wiley & Sons; New York, EEUU.
- WILCORE, D.S. 1987. From fragmentation to extinction. Na Areas J. 7: 23-29.
- WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE. 1992. Global biodiversity. Status of the earth's living recourses Chpaman y Hall. Londres.
- WRI, IUCN & UNEP. 1992. Global biodiversity strategy Guideline for actino to save, study and use earth biotic wealth sustainable and equitable. WRI, IUNC y UNEP.
- WYMORE, W. 1976. System Engeneering Methodology for interdisciplinary teams. John Wily. N.Y.
- ZIMMERMAN, J. 1974. Riego. CECSA. México.
- ZUCCARDI, R., J.R. GARCÍA, C. MOLINA, M. CÁCERES, C. BLECKWEDEL, D. JIMÉNEZ y A. SANSANO. 1988. La expansión de la frontera agropecuaria y los impactos sobre el sistema edáfico. Mimioografiado. Universidad de Tucumán. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Cátedra de Edafología. Tucumán, Argentina.

