

ECOLOGIA

El hombre y la transformación
de la naturaleza

Juan M. Gastó Coderch

Ingeniero Agrónomo
Profesor de Ecología



EDITORIAL UNIVERSITARIA

La conquista de la naturaleza ha sido aceptada como una de las prerrogativas del hombre; pero el hombre es una parte de la naturaleza, la cual es a la vez su medio ideal. A menos que logre ubicar el lugar que le corresponde en ella, sus esperanzas de sobrevivencia son escasas. El comportamiento actual del hombre, más se parece al de un parásito muy exitoso, el cual al matar su hospedador, alcanza también su propia muerte.

F. ALBRECHT, 1956

Contenido

Prólogo	8	Crecimiento y equilibrio	264
Agradecimientos	12	Distribución geográfica	289
Introducción	13	Bibliografía	296
Ecología silvoagropecuaria	13	VI	
Niveles de integración	17	Biocenosis	300
Ciencia silvoagropecuaria	23	Especiación y evolución	300
Bibliografía	25	Diversidad, estabilidad y dominancia	313
Primera Parte		Consortismos	324
DESARROLLO	27	Bibliografía	342
I		Cuarta Parte	
Perspectiva ecológica de la historia	28	FUNCIONAMIENTO	347
Proceso de evolución ecosistémica	29	VII	
Etapas de desarrollo	49	Agua	348
Bibliografía	75	Proceso	348
Segunda Parte		Eficiencia	363
EL ECOSISTEMA	79	Variaciones de precipitación	373
II		Bibliografía	383
La Unidad ecológica	80	VIII	
Fenómeno de imagen	81	Descripción del funcionamiento	386
Modelos	83	Proceso	387
Arquitectura	87	Empleo del modelo	410
Funcionamiento	93	Bibliografía	417
Estado y cambio de estado	96	Quinta Parte	
Armonía, Estilo y Periodicidad	99	CAMBIO DE ESTADO	419
Ecosistema - Origen	99	IX	
Valores y deberes	100	Singenética	420
Bibliografía	102	Proceso	421
III		Modelos sucesionales	427
Regulación	104	Cambios sucesionales	441
Factores limitantes	104	Singenética silvoagropecuaria	456
Adaptación al medio	118	Rotaciones	480
Ajuste al medio	132	Bibliografía	489
Tolerancia ambiental	133	X	
Interacción	136	Transformaciones	492
Incrementos decrecientes	140	Alternativas	493
Ecocibernética	144	Alteración de la biocenosis	501
Bibliografía	146	Eliminación de la arquitectura original	507
IV		Edificación de la nueva arquitectura	526
Metodología clínica	149	Bibliografía	544
Examen clínico	150	Sexta Parte	
Diagnóstico	191	COMENTARIOS FINALES	549
Tratamiento	208	XI	
Estrategia	215	Presente y futuro	550
Comprobaciones	216	Problema	551
Bibliografía	216	Tendencia	555
Tercera Parte		Bibliografía	558
ARQUITECTURA	219	Glosarios	561
V			
Poblaciones	220		
Regulación antropogénica	222		
Regulación natural	251		

IV

METODOLOGIA CLINICA

Ciencia es intentar hacer que la diversidad caótica de los sentidos-experiencia corresponda a un sistema lógico y uniforme de pensamiento.

EINSTEIN, 1940

El estudio de ecosistemas silvoagropecuarios, presumiblemente defectuosos, requiere de una metodología que permita conocerlos analíticamente e integralmente. El resultado del análisis y síntesis del sistema debe, además, permitir conocer la causa de su mal funcionamiento, la magnitud de su desviación del funcionamiento, arquitectura y singenética normal e indicar las medidas correctivas que deban tomarse para mejorarse.

El objetivo que se persigue en el presente trabajo es proporcionar un enfoque general de las posibilidades para hacer un estudio clínico general del ecosistema, considerado en este caso como el paciente. Por tratarse de un tema tan amplio, no se puede pretender hacer un examen exhaustivo sobre la materia, sino que sólo presentar como hipótesis los fundamentos metodológicos por seguir al estudiar al paciente silvoagropecuario, el ecosistema. En trabajos posteriores se pretende presentar en detalle la metodología que deba emplearse en el estudio específico de alguno de los componentes o de los procesos que intervienen en el ecosistema normal o sano.

La metodología empleada en la determinación del estado de salud ecológica de un ecosistema antrópico, de naturaleza silvoagropecuaria, no está clara. Una de las razones de ello es que no existe un criterio general sobre lo que es el paciente. Los diversos especialistas que analizan al paciente ecológico consideran generalmente sólo una fracción de él, en lugar de indicar el análisis considerando al ecosistema como una sola unidad indivisible.

La unidad ecológica fundamental es el ecosistema y todo él constituye el paciente silvoagropecuario. Aquellos ecosistemas que presentan algún indicio que haga presumir que esté defectuoso en su funcionamiento o estructura, deben ser examinados integralmente o como un todo. El trabajo del especialista no tiene sentido si antes no se ha hecho un estudio general de todos los elementos que componen el sistema ecológico.

El título del presente capítulo, como asimismo, el enfoque que se le ha dado, es diferente del tradicional en relación al tema. El concepto de clínica se utiliza en medicina con una acepción que significa examen y tratamiento de pacientes. En el caso de la medicina humana el paciente es el

hombre y en el caso de la medicina veterinaria, son otras especies animales. El estudio clínico del paciente involucra la posibilidad de enfermedad. El paciente, en ciencias silvoagropecuarias, es el ecosistema y se le califica como enfermo cuando su arquitectura y funcionamiento no se ajustan al estándar, normal o ideal. Cuando ello ocurre existe imperfección, desorden, estado defectuoso, perturbación, o en general, signos que indican que el sistema no está sano.

El estado de salud ecológica de un sistema antropogénico es difícil de definir. Involucra establecer artificialmente patrones de comparación que pueden ser muy variables de acuerdo al lugar, época y circunstancias. La salud del sistema ecológico antrópico, además de indicar que la arquitectura y funcionamiento sea normal o sana, debe indicar que la magnitud de su productividad neta, el grado de canalización antrópica y la calidad del producto obtenido se ajusten a patrones establecidos o susceptibles de serlo. El clínico ecológico debe, por lo tanto, definir al patrón normal, simultáneamente con examinar los signos del paciente, presumiblemente enfermo.

La metodología clínica propuesta en este trabajo se divide en cinco etapas fundamentales. La primera de ellas se refiere al examen clínico, que consta de dos partes. Inicialmente se hace una reseña general del paciente y en la segunda, el examen general o anamnesis de todos sus componentes. No se pretende, en esta etapa, conocer si el sistema está sano o enfermo, sino que estudiar sus signos o estado del sistema. Las evaluaciones ecológicas de la naturaleza tienen como objetivos obtener la información básica que permita conocer y evaluar los sistemas en su distribución geográfica y proporcionar la información que contribuya al mejor uso y manejo de la naturaleza (Love y Begg, 1966).

La posesión del examen permite al clínico silvoagropecuario proceder a su interpretación ecosistemática a través del diagnóstico. Debe hacerse siguiendo una metodología *ad hoc* para ecosistemas, donde existen componentes bióticos y abióticos, vegetales y animales, herbívoros y carnívoros, importaciones y exportaciones. Dada la importancia del diagnóstico y la extensión del tema, no es posible, en el presente trabajo,

presentarlo en su totalidad. Sólo se entregan los fundamentos generales de lo que, a juicio del autor, debe constituir los elementos básicos del diagnóstico.

Junto con diagnosticarse la naturaleza de la enfermedad ecológica, debe pronosticarse el curso de ella. Prognosis es la predicción del curso probable de una enfermedad y de las posibilidades de recuperación del paciente. El diagnóstico puede hacerse siguiendo la metodología tradicional de interpretación de los signos indicativos de síntomas, luego de determinarse el *status praesens* del paciente.

Otra forma de diagnosticar es a través de la simulación de modelos. En este caso, no se miden necesariamente los signos que estén correlacionados con enfermedades, sino que directamente los factores y elementos que intervienen en el funcionamiento. Teóricamente, es la forma ideal de diagnosticar, pero está limitada en la actualidad por la carencia de la información básica necesaria para calcular el modelo simulado, y en las deficiencias y discrepancias que aún existen entre los especialistas en relación a las ecuaciones que permiten definir las funciones de cada nodo.

La primera prognosis que se hace es la del paciente aún no tratado y constituye la prognosis pretratamiento. Es la predicción del curso de la enfermedad y de las posibilidades de recuperación del paciente no tratado, de acuerdo a los resultados del diagnóstico y a la evidencia registrada en la anamnesis.

El resultado del diagnóstico concluye en la recomendación del tratamiento que debe aplicársele al paciente para su recuperación. Ello significa planificar la modificación de los valores registrados en la anamnesis. El grado de modificación a que se debe someter un ecosistema enfermo para transformarse en normal, depende de la dificultad de transformación del factor y de la diferencia que exista entre el paciente en su estado real y las características que debería tener si su salud fuera adecuada. El nivel y estructura ideal del ecosistema sano es variable, de acuerdo a las condiciones económicas y sociológicas generales del país, en un momento determinado. La transformación ecosistémica de un nivel tecnológico a otro significa esfuerzos, a menudo muy elevados, que pueden llegar a sobrepasar el producto o beneficio obtenido con ese esfuerzo. El tratamiento sugerido debe concordar con sus posibilidades de aplicación, de acuerdo a la región, país y situación del momento. Junto con recomendarse un tratamiento debe hacerse la prognosis postratamiento, vale decir la predicción del curso de la enfermedad del sistema ecológico luego de aplicado el tratamiento.

La estrategia o procedimiento de aplicación del tratamiento puede ser muy variable y se aleja del examen mismo del sistema. Depende, a me-

nudo, de los recursos materiales que se disponga y de las circunstancias generales que puedan hacer una estrategia más recomendable que otra, pues un mismo tratamiento puede aplicarse siguiendo varias estrategias. Este es fundamentalmente un problema económico, al contrario del examen, diagnóstico y recomendación de tratamiento, que son fundamentalmente problemas ecológicos silvoagropecuarios.

La última etapa es la de comprobación clínica o demostración. En ella se presenta la información que permite comparar el examen, diagnóstico, tratamiento y estrategia, con la realidad del ecosistema. La comprobación puede indicar congruencia entre la prognosis pretratamiento y el resultado final o ecosistema resultante, siempre que se haya seguido el tratamiento recomendado y se le haya aplicado siguiendo una estrategia adecuada. Esta última etapa es fundamental si se desea conocer la calidad del proceso clínico.

La metodología propuesta en el presente trabajo es el resultado de la interpretación que se ha hecho de un número considerable de obras de ecología básica, como asimismo, de estudios silvoagropecuarios. Ello, unido a los fundamentos de lógica, de raciocinio, de matemáticas, de medicina y de lógica aplicada presentan un conjunto armónico que da las bases de la metodología clínica de ecosistemas.

El estudio clínico del ecosistema debe hacerse siguiendo e interpretando los fundamentos, información y conocimientos analíticos e integrados de sus componentes, acumulados en la literatura científica relacionada con los estudios silvoagropecuarios. El estudio de los componentes del sistema, considerados en forma aislada y sin establecer relaciones causativas o de otra índole, no es ciencia, sino que simplemente una acumulación de conocimientos. La ciencia, según Poincaré es ante todo, una clasificación, una manera de relacionar hechos que las apariencias separan, por más que estén unidos por algún parentesco natural y oculto.

Examen clínico

La primera etapa en el estudio del ecosistema es el examen clínico. Consiste fundamentalmente en estudiar detallada y cuidadosamente la arquitectura, el funcionamiento y la singenética del paciente, que en este caso es el ecosistema. Las razones por la cual se practique un examen clínico en un ecosistema pueden ser de variada naturaleza, aunque frecuentemente se estudian los sistemas que se presumen ecológicamente enfermos. La enfermedad del sistema puede ser de naturaleza variada y estar ocasionando alteraciones que conduzcan a su destrucción. En otros casos, la productividad del ecosistema puede ser inferior a la observada en otros sistemas similares,

por lo cual se presume también que el paciente pueda estar enfermo.

Algunos ecosistemas naturales o modificados funcionan normalmente, pero el producto final no corresponde a la calidad o característica de lo que se desea obtener. De acuerdo al principio de uso múltiple, la tierra puede ser destinada a varios usos independientes o en conjunto: reproducción de flores, frutos, hojas, tronco y tallos, raíces, tubérculos, corteza, savia, carne, cuero, grasa, leche, piel, lana, agua, vida silvestre, recreación, urbano-industrial-vial y otros.

Cualquier cambio que se pretenda introducir a un sistema ecológico, debe realizarse después de su examen cuidadoso. La baja productividad, o el nivel deficitario de un sistema deben tener su origen en alguna característica arquitectónica, singenética o de funcionamiento, que se encuentre en estado defectuoso. El examen clínico que se le practique al paciente ecológico debe entregar la información necesaria para descubrir las causas o factores que interfieren el normal funcionamiento del sistema.

Los factores que afectan las exportaciones de los ecosistemas, tanto respecto a su cantidad como a su calidad, pueden clasificarse en dos grupos: permanentes y controlables. Los primeros son difíciles o muy difíciles de modificar, por lo cual se presenta la necesidad de alterar sólo los factores controlables del ecotopo, fitocenosis o zoocenosis, para transformarlos hasta que alcancen el óptimo y elevar en esta forma la productividad o la eficiencia del sistema (Gandarillas, Acevedo y García, 1969).

Las transformaciones estructurales de un sistema ecológico pueden ser muy delicadas, especialmente cuando la unidad es de baja estabilidad. Las transformaciones realizadas atolondradamente, sin el examen clínico adecuado, concluyen frecuentemente en el fracaso, transformando el sistema original en otro de funcionamiento defectuoso e inestable.

El examen clínico del ecosistema es el estudio, observación y medición de sus signos. Signo, de acuerdo a la definición del diccionario, es algo que por su naturaleza o convencionalmente, evoca en el entendimiento la idea de otra. El estudio detallado de los signos del ecosistema permite inferir algunas características de su funcionamiento.

No todos los signos son de valor en la predicción del funcionamiento del sistema. Algunos de ellos permiten interpretar el funcionamiento general del sistema y constituyen, por lo tanto, los verdaderos síntomas de la enfermedad. Síntoma es un fenómeno o efecto propio de una enfermedad y es, en consecuencia, un indicio o señal de un fenómeno a causa que va a suceder o que está sucediendo.

Ficha y reseña

La primera etapa del examen es un mero registro de la información de los antecedentes generales del ecosistema paciente y del profesional e institución donde se realiza el examen clínico.

Cada sistema en estudio debe estar registrado en una ficha, donde se inscribe el caso, anotación de las informaciones del profesional que practica el examen, la ubicación geográfica del paciente, el nombre de la unidad ecológica examinada, el del administrador y propietario de la unidad.

Además de la ficha, se hace una reseña del paciente que registra algunas características generales de la fisiografía, clima, fisionomía fitocenósica y zoocenósica, se anota el uso a que ha sido sometido el ecosistema, la historia del uso y los síntomas generales (Figura IV-1).

Anamnesis

Anamnesis es el conjunto de referencias del paciente. La obtención de los antecedentes del paciente o signos del ecosistema se logra a través de técnicas de las más variada índole, de acuerdo a la información que se desee reunir. El proceso de obtención de los antecedentes es el examen clínico.

El examen clínico o anamnesis del paciente original, no tratado, consiste en reunir la mayor cantidad de informaciones o signos que permitan hacer un diagnóstico acertado de la salud ecológica del paciente. Toda la información que se reúna en torno a la estructura y funcionamiento de un sistema puede ser útil en la elaboración del diagnóstico. Los errores de omisión en el examen son frecuentes y de allí que, en general, los mejores diagnosticadores sean aquellos capaces de percatarse de la mayor cantidad de signos (Clendenning y Hashinger, 1947).

Los signos que indican estado satisfactorio del sistema son también de utilidad en la elaboración del diagnóstico. Por el contrario, aquellos que constituyen síntomas de mal funcionamiento o estructura defectuosa del sistema, pueden ser utilizados como una prueba afirmativa de enfermedad ecológica.

La unidad ecológica básica, el ecosistema, es demasiado compleja como para pretender, en un solo examen, conocer en detalle y en forma cuantitativa la totalidad de los elementos y procesos que definen el estado del sistema. No es ese, tampoco, el objetivo que se persigue en la primera etapa del examen. Realizar un examen completo del ecosistema es difícil y requiere un esfuerzo muy alto, a menudo mayor que el posible de emplear. Además, no tiene sentido realizar un examen detallado de todo el ecosistema, sin haber realizado un examen general para localizar e identificar el problema.

Ficha:

Institución: _____

Clínico ecosistémico: _____

Caso número: _____ Fecha: _____

Propietario: _____

Administrador: _____

Ubicación geográfica. Provincia: _____

Comuna: _____

Localidad: _____

Ubicación: _____

Fotografía número: _____

Nombre de la unidad ecológica examinada: _____

Otros detalles: _____

Reseña:

Fisiografía _____ Tamaño ha. _____

Clima _____

Fisionomía fitocenosis _____

Fisionomía zoocenosis _____

Uso ecosistema _____

Historia del uso y síntomas _____

Síntomas generales _____

Las computadoras son valiosas en la etapa de clasificar y procesar la información clínica, haciendo resaltar información que en otra forma podría ser ignorada. Las computadoras que se emplean en el proceso clínico pueden ser muy variadas, desde un grupo de tarjetas perforadas que contengan la información, hasta computadoras digitales electrónicas de mayor complejidad (Ledley y Lusted, 1959).

El examen general debe proporcionar al clínico que realiza el análisis del paciente, los elementos de juicio necesarios para diagnosticar el elemento estructural o el proceso defectuoso. Luego, en un segundo examen practicado por el especialista que corresponda se puede lograr, en

mayor detalle, la información necesaria para elaborar un diagnóstico más preciso sobre la enfermedad del ecosistema.

La metodología y técnicas seguidas en la obtención de la información pueden ser muy variadas, de acuerdo a las características propias de los diversos componentes del ecosistema, como asimismo a las diferencias entre ecosistemas. Los componentes básicos son de naturaleza muy variada, incluyendo a los recursos abióticos, hábitat, fitocenosis y zoocenosis. La medición de los signos que identifican a cada uno de ellos requiere de técnicas y de equipos adecuados a la arquitectura y medición que se pretenda realizar.



Figura IV-1. Carta base de unidades de paisaje de un predio de Alhué, realizada por fotointerpretación y examen de terreno.

(Fotografía aérea de un sector indicándose los límites de los sitios).

El rango de variación entre sistemas es también extremo, pues va desde aquellos que se desarrollan en medios acuáticos, hasta los terrestres. Varía también desde sistemas agrícolas de cultivos, ganaderos y forestales hasta sistemas naturales de bosques, matorrales, fauna silves-

tre de caza, aves guaníferas y otros aún más extremos.

No es el objetivo del presente estudio proporcionar las pautas de medición de cada tipo de ecosistema en particular, sino que presentar una metodología y pautas generales por seguir

en el proceso de anamnesis que puedan ser aplicadas a cualquier sistema que se desee estudiar. Por eso las pautas que se indican a continuación no son completas.

Las pautas que se adjuntan presentan ordenadamente un esquema general susceptible de ser empleado en el proceso de anamnesis. La información que no se presenta en la pauta puede lograrse confeccionando formularios ad hoc. La precisión y exactitud de la información que se obtenga depende de las características del equipo que se emplee, de la técnica que se siga, de la acuciosidad de quien practique el examen y del tiempo y esfuerzo que se logre dedicar al examen respectivo.

Además de categorizarse las mediciones en valores discretos, se pueden, también, calcular los valores reales. Es más difícil y costoso hacer mediciones reales que categorizar la información. La información que se logra, sin embargo, es más precisa, pero no siempre esa precisión es requerida.

La pauta que se adjunta contiene material que permite reunir la información más importante relacionada con los signos de los recursos, del hábitat, de la fitocenosis y de la zoocenosis. La información contenida en la pauta proviene de varias fuentes. Además de los aportes directos del autor y de un grupo de profesores de las Universidades Austral de Chile y de Chile, algunas de las características se describen siguiendo las pautas del Soil Conservation Service, 1962; Daget y Poissonet, 1969; Love, 1954; King y Dawson, 1962 y Storie, 1964.

Los síntomas y signos del ecosistema, que pueden ser estudiados en el proceso de examen son de variada índole. Pueden ser agrupados en diversas formas y categorizados, de acuerdo a las conveniencias que presenten para cada caso particular. Las categorías que se presentan en este trabajo son sólo un índice que puede servir de guía a los especialistas estudiosos del ecosistema. No se pretende, sin embargo, afirmar que sea necesariamente la única forma de categorizar, pero sí que contiene algunas características interesantes, que han demostrado ser valiosas en estudios anteriores. Cualquier clasificación que se haga es necesariamente selectiva y, por ello, arbitraria (Hospers, 1954). Algunas clasificaciones, sin embargo, son mejores que otras, al ser empleadas en casos particulares.

El acápite correspondiente a los componentes abióticos o ecotopo está dividido en varias secciones. La primera de ellas se refiere al tipo de suelo, en la cual se indica la información general relacionada con el nombre, ubicación en mapas de la unidad en estudio y clasificación del suelo se logra identificar al componente edáfico de acuerdo a las características fundamentales. Con

esta información se logra identificar el componente edáfico de la unidad ecológica.

Tipo de suelo	
O	No determinado
_____	Nombre
_____	Símbolo en mapa
_____	Clasificación

Las características externas del edafotopo describen algunos atributos generales del medio donde el suelo se desarrolla, los cuales son de gran influencia en su proceso de génesis y de su funcionamiento, en un momento dado. La biocenosis también está indirectamente influida por esas características.

Dentro de la sección se considera la exposición u orientación de la pendiente, lo cual es de importancia, porque modifica tanto al clima general como al suelo. La temperatura del aire y del suelo, la infiltración, el escurrimiento superficial, el transporte de partículas, la lixiviación, el drenaje, la aireación y otras están directamente influidas por la pendiente y exposición del suelo.

La altitud es importante porque está relacionada con la temperatura, la precipitación, la composición del espectro solar, la intensidad luminosa, la presión barométrica, algunas características del suelo y otras ambientales. No es, sin embargo de acción directa, sino que a través de esos factores.

La capacidad de uso de la tierra es también de importancia en la planificación del uso y manejo adecuado del ecosistema antropogénico. La profundidad del suelo indica el límite hasta donde pueden penetrar las raíces, el cual puede estar regulado por algún horizonte edáfico que impida la penetración radical hasta profundidades mayores o por alguna napa hídrica. La profundidad del suelo, la pendiente y la capacidad de uso pueden ser modificadas por medio de la aplicación de las técnicas de ingeniería agrícola. Otras características son de difícil modificación o, en la práctica pueden no ser modificables.

En la siguiente pauta se indican dos columnas de números o categorías. En la primera, se registran los valores correspondientes a la mejor posibilidad de elección múltiple de la anamnesis pretratamiento, y representa la característica del sistema en el momento del examen. La segunda columna es el resultado del diagnóstico en la cual se indica el valor que el atributo debería tener, luego de aplicar el tratamiento recomendado al ecosistema para que éste funcione normalmente.

La posición topográfica es la ubicación del sistema en relación a la posición general dentro de la fisiografía de la región. El microrrelieve es la microfisiografía del edafotopo.

IV METODOLOGIA CLINICA

	<i>Anamnesis</i>	<i>Valor luego de aplicado el tratamiento recomendable</i>	<i>Descripción</i>
Exposición del norte	0	0	No determinada
	1	1	Plano, sin exposición definida
	2	2	N
	-	-	NE
	4	4	E
	5	5	SE
	6	6	S
	7	7	SO
	8	8	O
	9	9	NO
Pendiente — %	0	0	No determinada
	1	1	0-0,9%
	2	2	1-3,9%
	3	3	4-8,9%
	4	4	9-15%
	5	5	16-24%
	6	6	25-35%
	7	7	36-48%
	8	8	49-63%
	9	9	64-80%
	10	10	81-91%
	11	11	100-275%
	12	12	> 275%
Altitud — m.s.n.m.	0		No determinada
Capacidad de uso de la tierra	0	0	No determinada
	1	1	Ir
	2	2	IIr
	3	3	IIIr
	4	4	IVr
	5	5	I
	6	6	II
	7	7	III
	8	8	IV
	9	9	V
	10	10	VI
	11	11	VII
	12	12	VIII
	13	13	Caso particular

Profundidad del suelo	0	0	No determinada
	1	1	Muy delgado 0-30 cm
	2	2	Delgado 30-60 cm
	3	3	Moderado 60-90 cm
	4	4	Profundo 90-120 cm
	5	5	Muy profundo 120 cm
	6	6	Caso particular
Posición topográfica (Figura 4-2)	0	0	No determinada
	1	1	Cumbre aguda
	2	2	Escarpado
	3	3	Cima redondeada
	4	4	Parte alta de la ladera
	5	5	Parte media de la ladera
	6	6	Parte media-baja de la ladera
	7	7	Faldeo bajo
	8	8	Depresión abierta
	9	9	Depresión cerrada
	10	10	Terreno plano, valle
	11	11	Terreno plano, meseta
	12	12	Caso particular

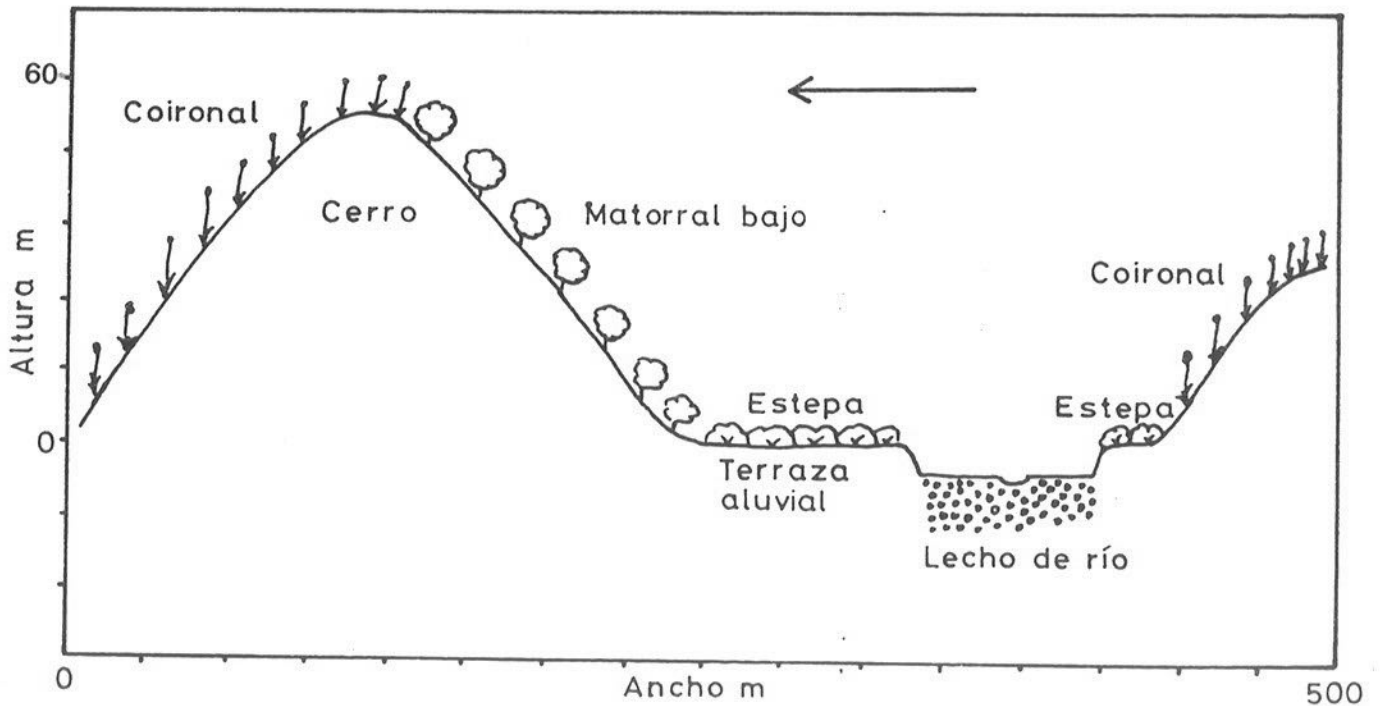


Figura IV-2. Ejemplo de croquis geomorfológico y fisionómico general. Posición topográfica.

Microrrelieve del suelo (Figura 4-3).	0	0	No determinado
	1	1	Plano
	2	2	Convexo
	3	3	Cóncavo
	4	4	En surco
	5	5	En grietas
	6	6	Alveolados
	7	7	En camellones
	8	8	En polígono
	9	9	Repujado
	10	10	Ondulado
	11	11	Montículos
	12	12	Caso particular

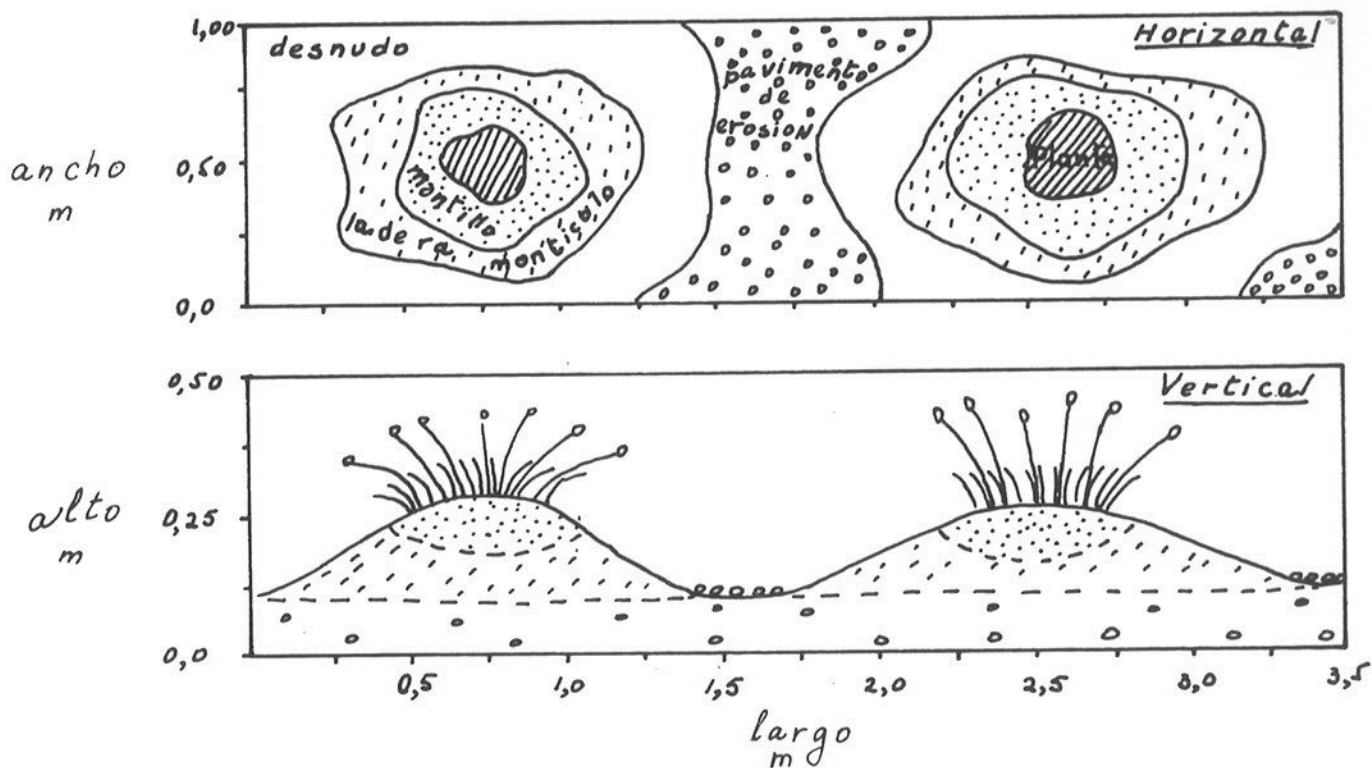


Figura IV-3. Ejemplo de croquis de microrrelieve.

El análisis de la constitución edáfica ha de considerar la naturaleza del material de constitución que va desde rocoso a terroso, arenoso a orgánico. Debe, además, incluir la naturaleza del material generador o de asentamiento y el tipo geomorfológico de la formación, lo cual es, a menudo, difícil de determinar con exactitud. Sin embargo, es una de las características que más contribuye a la interpretación de algunas particularidades edáficas generales y a la compara-

ción de lo que se podría definir como el sistema normal.

La constitución edáfica, en un momento determinado, depende también de características heredadas provenientes de procesos de génesis originados en el pasado, bajo condiciones ambientales diferentes a las del presente. Algunas de ellas continúan ejerciendo su acción, pues lograron constituir tipos paleopedológicos definidos.

Material de constitución
del suelo

0	0	No determinado
1	1	Rocoso
2	2	Ripio-pedregoso
3	3	Arenoso
4	4	Terroso
5	5	Orgánico-terroso
6	6	Orgánico
7	7	Acuoso
8	8	Caso particular

Naturaleza del material
generador o de asentamiento
(Figura 4-4).

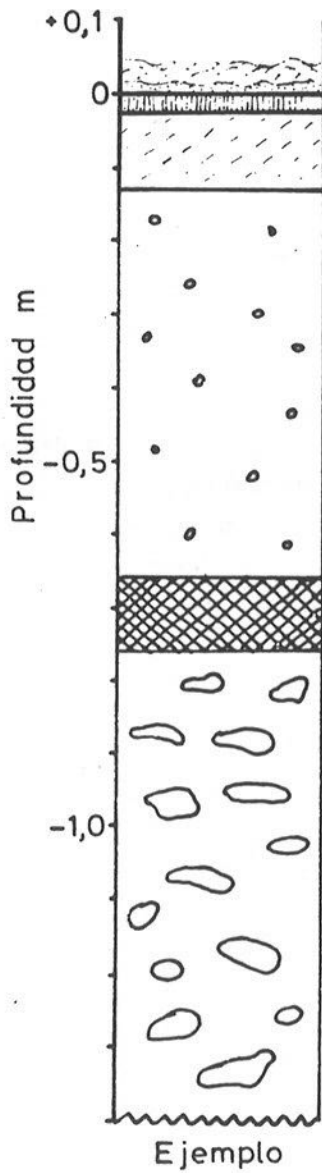
0	No determinada
1	Inexistente hasta 1,2 m
2	Base rocosa
3	Bloques erráticos
4	Base ripio-pedregosa
5	Base arenosa
6	Base terrosa
7	Base órgano-terrosa
8	Caso particular

Tipo geomorfológico de
la formación

0	No determinado
1	Monogénico o autógeno
2	Poligénico coluvial
3	Poligénico aluvial
4	Poligénico coluvial-aluvial
5	Poligénico eólico
6	Poligénico complejo
7	Poligénico marino, terraza
8	Poligénico glacial
9	Caso particular

Tipo peleopedológico

0	0	No determinado
1	1	Monofase actual
2	2	Monofase heredada
3	3	Polifase con paleosuelo alterado en la superficie
4	4	Polifase con paleosuelo fósil desenterrado
5	5	Polifase con paleosuelo modificado
6	6	Polifase con paleosuelo fósil enterrado
7	7	Caso particular



Textura	Estructura	Color	Permeabilidad

Figura IV-4. Ejemplo de croquis de perfil de suelo.

Las características de la roca determinan algunos de los atributos del suelo que de ella derivan. La naturaleza de la roca y su edad son atributos no modificables. La pedregosidad y la rocosidad, en cambio, son modificables dentro de límites

propios del suelo; pero son de importancia, porque hacen más difícil las labores culturales y el empleo de la maquinaria agrícola. De ahí que cambian la capacidad de uso de la tierra.

Naturaleza de la roca	0	No determinada
	1	_____
Edad de la roca	0	No determinada
	1	_____

Reacción de la roca
aflorante al HCl

0	No determinada
1	Roca no aflora
2	Sin efervescencia
3	Efervescencia muy débil
4	Efervescencia débil
5	Efervescencia fuerte
6	Efervescencia muy fuerte
7	Efervescencia netamente localizada

Pedregosidad superficial

_____ % de cubierta	0	0	No determinada
	1	1	No hay
	2	2	Piedras a más de 30 m aparte y 0,01 % del área
	3	3	10-30 m aparte y 0,01-0,1% del área
	4	4	1,5-10 m aparte y 0,1-3,0% del área
	5	5	0,7-1,5 m aparte y 3-15% del área
	6	6	0,7m aparte y 15-30% del área
	7	7	30-60% del área
	8	8	Prácticamente cubierta de piedra, 100%
	9	9	del área

Rocosidad superficial

_____ % de cubierta	0	0	No determinada
	1	1	No hay
	2	2	Menos de 2% de roca expuesta
	3	3	2-10% de superficie y 30-100 m aparte
	4	4	10-25% de superficie y 10-30 m aparte
	5	5	25-50% de superficie y 3-10 m aparte
	6	6	50-90% de superficie y 3-10 m aparte <
	7	7	> 90% de superficie.

El agua es uno de los recursos que mayor importancia tiene en la definición de las características del ecosistema, especialmente de su potencial productivo. En regiones de secano, el parámetro que a menudo define mejor al sistema, es la precipitación anual del lugar. Los aportes provenientes del drenaje interno de sectores ubicados a mayor altitud, pueden ser considerables en algunos casos, especialmente en depresiones del terreno y en algunos suelos planos.

Los aportes y pérdidas hídricas por escurrimiento superficial y profundo del agua, proveniente de las precipitaciones, altera los aportes efectivos totales de un sistema, aumentando o disminuyendo las disponibilidades hídricas. La capacidad de retención de agua del suelo está relacionada con la infiltración, permeabilidad, pendiente, intensidad de las precipitaciones y características de la biocenosis,

especialmente la fitocenosis. En un sector determinado, a pesar de recibir una precipitación relativamente uniforme, las disponibilidades hídricas pueden variar entre márgenes muy amplios. Los sectores bajos reciben el escurrimiento desde laderas ubicadas sobre ellos, en tanto que la precipitación efectiva de las laderas es comúnmente inferior a la precipitación del lugar.

El riego es la forma de adicionar agua a sistemas deficitarios. Las disponibilidades anuales, las variaciones de un año a otro y las disponibilidades mensuales de agua de riego, son de importancia en el cálculo de la capacidad productiva y del nivel de funcionamiento óptimo del sistema.

Las variaciones anuales de las precipitaciones son una característica propia del lugar que definen la pluviosidad. Los límites de las clases se definen en relación al promedio de la

zona, tomando como medida de tendencia central a la mediana. La proporción de años sin lluvia, muy secos, secos, normales, lluviosos, muy lluviosos y extremadamente lluviosos, es constante para cada localidad, o varía dentro de márgenes estrechos (Gastó 1966).

La evapotranspiración potencial es una me-

didada integradora que representa el poder desecante de la atmósfera. Existe una buena correlación entre la evapotranspiración potencial y la capacidad productiva del sistema, cuando las disponibilidades de agua y las características edáficas no son limitativas (Penman, 1970).

Precipitación anual	0		No determinada
mm			
Riego anual normal	0	0	No determinada
mm	1	1	No regado. Secano
Aportes directos de la napa subterránea a la biocenosis	0	0	No determinada
	1	1	Sin aportes
Variaciones anuales precipitación. Porcentaje de años en cada clase	0		No determinada
—%			Sin lluvia
—%			Muy secos. 0 a 40% de la mediana
—%			Secos. 40 a 80% de la mediana
—%			Normales. 80 a 120% de la mediana
—%			Lluviosos. 120 a 160% de la mediana
—%			Muy lluviosos. 160 a 200% de la mediana
—%			Extremadamente lluviosos. > 200% de la mediana
Variaciones anuales riego. Porcentaje de años en cada clase	0	0	No determinada
1	1		No regado. Secano
—%	—%		0-5% de la mediana. Riego normal
—%	—%		6-10% de la mediana. Riego normal
—%	—%		10-20% de la mediana. Riego normal
—%	—%		20-40% de la mediana. Riego normal
—%	—%		40-80% de la mediana. Riego normal
—%	—%		80-120% de la mediana. Riego normal
—%	—%		120-160% de la mediana. Riego normal
—%	—%		160-200% de la mediana. Riego normal
—%	—%		200%

Precipitación mensual, mm.	0		No determinada
	—		Enero
	—		Febrero
	—		Marzo
	—		Abril
	—		Mayo
	—		Junio
	—		Julio
	—		Agosto
	—		Septiembre
	—		Octubre
	—		Noviembre
	—		Diciembre
Riego mensual, mm.	0	0	No determinado
	—	—	Enero
	—	—	Febrero
	—	—	Marzo
	—	—	Abril
	—	—	Mayo
	—	—	Junio
	—	—	Julio
	—	—	Agosto
	—	—	Septiembre
	—	—	Octubre
	—	—	Noviembre
	—	—	Diciembre
Evotranspiración potencial, ——— mm	0	0	No determinado
Sistema de riego	0	0	No determinada
	1	1	Sin riego
	2	2	Tendido
	3	3	Bordes
	4	4	Surco
	5	5	Corrugado
	6	6	Taza
	7	7	Aspersión
	8	8	Caso particular
Neblina matinal	0		No determinada
	1		Muy rara
	2		Poco frecuente
	3		Frecuente
	4		Muy frecuente
	5		Constante
	6		Caso particular

Capacidad de infiltración en el suelo	0	0	No determinado
	1	1	Muy lento, 0-1 m/hora
	2	2	Lento, 1-5 mm/hora
	3	3	Moderadamente lento, 5-20 mm/hora
	4	4	Moderado, 20-60 mm/hora
	5	5	Moderadamente rápido, 60-125 mm/hora
	6	6	Rápido, 125-250 mm/hora
	7	7	Muy rápido, > 250 mm/hora

Las correcciones de salinidad que se le puedan hacer a un suelo están relacionadas con la calidad del agua de riego. El pH del agua, la salinidad

y su alcalinidad describen sus características generales.

Reacción del agua de riego	pH	0	0	No determinada
		1	1	Extremadamente ácida, pH < 4,5
		2	2	Muy fuertemente ácida, 4,5-5,0
		3	3	Fuertemente ácida, 5,1-5,5
		4	4	Acidez media, 5,6-6,0
		5	5	Levemente ácido, 6,1-6,5
		6	6	Neutro, 6,6-7,3
		7	7	Levemente alcalino, 7,4-7,8
		8	8	Moderadamente alcalino, 7,9-8,4
		9	9	Fuertemente alcalino, 8,5-9,0
		10	10	Muy fuertemente alcalino, > 9,0

Salinidad del agua de riego	0	0	No determinada
	1	1	No salina
	2	2	Levemente salina
	3	3	Moderadamente salina
	4	4	Fuertemente salina

Alcalinidad del agua de riego	0	0	No determinada
	1	1	No alcalina
	2	2	Levemente alcalina
	3	3	Moderadamente alcalina
	4	4	Fuertemente alcalina

Iones causantes de la baja calidad del agua	0	0	No determinada
	1	1	Buena calidad
	2	2	Na

3	3	K
4	4	Ca
5	5	Mg
6	6	S
7	7	Boro
8	8	Cl
9	9	Caso particular

El exceso de agua afecta negativamente el funcionamiento normal del sistema. Bajo el título de drenaje se incluye una gama de características que definen la capacidad de almacenamiento hídrico del sistema.

El drenaje externo o escurrimiento superficial describe la tasa de extracción natural del agua no infiltrada en el medio edáfico. Durante los períodos de lluvia o durante el riego, la altura de la capa de agua acumulada puede sobrepasar al poder desecante de la atmósfera más la capacidad de escurrimiento interno y permanecer almacenada sobre el suelo hasta provocar daños cuantiosos a la biocenosis. El daño causado por el agua estancada sobre el suelo es de magnitud variable, de acuerdo con la época del año, con el lapso que permanece y con el grado de oxigenación y de circulación.

La permeabilidad es una medida integradora, especialmente de las características texturales y exstructurales. Puede ser muy lenta o muy rápida, midiéndose, generalmente, en altura de la capa de agua que penetra y pasa a través de la columna de suelo por unidad de tiempo. La permeabilidad se expresa al momento en que su valor se hace constante, luego de saturarse la capacidad de retención de agua del suelo.

El drenaje interno expresa la capacidad de liberar el agua infiltrada fuera del suelo, desde los horizontes interiores de él. El grado hidromórfico del perfil describe las condiciones hídricas del hábitat donde deben desarrollarse las raíces.

La profundidad mínima de la napa en la estación de crecimiento establece una limitante a la capacidad productiva del suelo. Por otra parte la retención de agua puede ser definida por dos niveles de potencial hídrico: el porcentaje de humedad en la capacidad de campo o —0,33 atmósferas y el contenido en el punto de marchitez permanente o — 15 atmósferas, aunque es preferible calcular la curva completa que relaciona el porcentaje de humedad con el potencial hídrico del suelo.

Los problemas de drenaje pueden ser corregidos a través de la aplicación de enmiendas hídricas que no son otra cosa que el acondicionamiento del sistema a situaciones que le permitan eliminar el exceso de agua mediante la construcción de drenes, o cualquier otra medida que cumpla con este objetivo. El moteado es un signo que indica exceso de agua o mal drenaje del suelo y, por ende, condiciones limitativas al crecimiento de algunas plantas.

Drenaje externo	0	0	No determinado
	1	1	Estancado o nulo
	2	2	Lento
	3	3	Medio
	4	4	Rápido
	5	5	Muy rápido
Altura máxima de la capa de agua sobre el suelo			
_____ mm	0	0	No determinada
	1	1	Sin agua sobre el suelo
Período de inundación	0	0	No determinado
	1	1	Nunca inundado
	2	2	Inundado accidentalmente
	3	3	Inundado periódicamente (menos de 6 meses)

	4	4	Sumergido periódicamente (más de 6 meses)
	5	5	Siempre sumergido en aguas poco profundas
	6	6	Siempre sumergido en aguas profundas
	7	7	Agua circulante oxigenada
	8	8	Agua estancada
	9	9	Caso particular
Permeabilidad	0	0	No determinada
_____mm/hora	1	1	Muy lento, 0-1 mm/hora
	2	2	Lento, 1-5
	3	3	Moderadamente lento, 5-20
	4	4	Moderado, 20-60
	5	5	Moderadamente rápido, 60-125
	6	6	Rápido, 125-250
	7	7	Muy rápido, > 250
Drenaje interno	0	0	No determinada
	1	1	Excesivo
	2	2	Bueno
	3	3	Medio
	4	4	Imperfecto
	5	5	Malo
	6	6	Muy malo
Grado hidromórfico del perfil	0	0	No determinado
	1	1	No hidromórfico
	2	2	Temporalmente hidromórfico sin inmersión
	3	3	Temporalmente hidromórfico con inmersión
	4	4	Hidromórfico permanente sin inmersión
	5	5	Hidromórfico permanente con inmersión fuera de la estación vegetativa
	6	6	Hidromórfico permanente con inmersión en la estación vegetativa (acuático)
Profundidad mínima de la napa en la estación de crecimiento	0	0	No determinada
	1	1	No observada a los — cm
	2	2	Observada a los — cm
Retención agua del suelo	0	0	No determinada
—%	—%	—%	1/3 atmósferas
—%	—%	—%	15 atmósferas
—%	—%	—%	Capacidad retención
—mm	—mm	—mm	Capacidad total del suelo

Enmiendas de drenaje	0	0	Enmiendas no perceptibles
	1	1	No saneada
	2	2	Saneada pero no drenada
	3	3	Saneada y drenada
Abundancia del moteado	0	0	No determinado
	1	1	Poco, < 2% superficie área
	2	2	Común, 2-20% superficie área
	3	3	Mucho, > 20% superficie área
Tamaño del moteado	0	0	No determinado
	1	1	Fino. < 5 mm diámetro
	2	2	Medio. 5-15 mm diámetro
	3	3	Grande. > 15 mm diámetro
Cementación y compactación del horizonte	0	0	No determinada
	1	1	Despreciable
	2	2	Moderada
	3	3	Abundante
	4	4	Muy abundante
	5	5	Compactada
Profundidad del horizonte compactado o cementado	0	0	No determinada
	1	1	0-10 cm
	2	2	10-20 cm
	3	3	20-40 cm
	4	4	40-60 cm
	5	5	60-80 cm
	6	6	80-100 cm
	7	7	> 100 cm
Espesor del horizonte compactado o cementado	0	0	No determinado
	1	1	0-5 cm
	2	2	5-10 cm
	3	3	10-20 cm
	4	4	20-40 cm
	5	5	40-80 cm
	6	6	> 80 cm

El examen de la erosión del edafótomo debe incluir la evaluación del origen, agente causante de la intensidad de remoción del suelo. Es una

medida indirecta de la calidad del manejo y del grado de deterioramiento del sistema.

Origen y agente de la erosión	0	0	Despreciable
	1	1	No erosionado o insignificante
	2	2	Hídrica por capas, débil
	3	3	Hídrica por capas, moderada
	4	4	Hídrica por capas, fuerte
	5	5	Hídrica por surco
	6	6	Hídrica por cárcava
	7	7	Eólica
	8	8	Zona de origen de la erosión
	9	9	Deslizamiento
	10	10	Caso particular
Pavimento de erosión	0	0	No determinada
	1	1	Despreciable
	2	2	Moderado — %
	3	3	Excesivo — %
Intensidad de erosión	0	0	No determinada
	1	1	No erosionado o insignificante
	2	2	Moderadamente erosionado
	3	3	Severamente erosionado
	4	4	Muy severamente erosionado
<p>El mantillo o litera son los restos orgánicos en grados variables de descomposición que se depositan sobre la superficie del suelo. Las características de la materia orgánica incorporada al suelo y del humus deben también incluirse en la anamnesis, pues son el resultado del funcionamiento y <i>recirculación</i> de la materia orgánica del sistema que tiene una arquitectura definida.</p>			
Superficie cubierta por mantillo	0	0	No determinada
	1	1	Despreciable, 0-5%
	2	2	Moderada, 5-10%
	3	3	Abundante, 10-30%
	4	4	Muy abundante, 30-80%
	5	5	Dominante, 80-100%
Tipos de mantillo	0	0	Sin mantillo
	1	1	Mantillo foliáceo denso
	2	2	Mantillo foliáceo suelto
	3	3	Lignificado
	4	4	Residuo transformado por animales

Naturaleza del humus

terrestre: tipos	1	1	Humus dulce (mull)
	2	2	Mull-moder
	3	3	Transición multi-moder
	4	4	Humus ácido (mor)

Naturaleza del humus

terrestre: subtipos	0	0	Indeterminado
	1	1	Fibroso
	2	2	Duro (o xero)
	3	3	Arenoso (o cripto)
	4	4	Grueso
	5	5	Medio
	6	6	Fino
	7	7	Cálcico
	8	8	Turboso
	9	9	Hidro.

La fertilidad edafotópica es una medida que expresa las disponibilidades de nutrientes inorgánicos para la fitocenosis. Es una medida que en conjunto con el agua y la energía, determina la capacidad productiva del sistema.

El nivel de fertilidad de un sistema es, a menudo, la limitante de la productividad. Se diferencia de otras limitantes en que es de fácil corrección, siendo a menudo utilizada como una medida

eficiente para mejorar el funcionamiento de los sistemas silvoagropecuarios.

La cantidad de fertilizantes minerales, orgánicos y de enmiendas aplicadas a un ecosistema, constituyen un elemento valioso de juicio en el diagnóstico clínico. Resulta especialmente valioso si se lo relaciona con la productividad y con sus posibilidades de mejoramiento.

Fertilidad edafotópica	0	0	No determinada
	—	—	Nitrógeno
	—	—	Fósforo
	—	—	Potasio
	—	—	Azufre
	—	—	Magnesio
	—	—	Calcio
	—	—	Boro
	—	—	Elemento menor _____
	—	—	Elemento menor _____
	—	—	Capacidad intercambio catiónico
	—	—	Capacidad intercambio aniónico
	—%	—%	Materia orgánica.

Reacción del suelo

pH _____	0	0	No determinada
	1	1	Extremadamente ácido, < 4,5
	2	2	Muy fuertemente ácido, 4,5 a 5,0
	3	3	Fuertemente ácido, 5,1 a 5,5
	4	4	Acidez media, 5,6 a 6,0
	5	5	Levemente ácido, 6,1 a 6,5
	6	6	Neutro, 6,6 a 7,3

	7	7	Levemente alcalino, 7,4 a 7,8
	8	8	Moderadamente alcalino, 7,9 a 8,4
	9	9	Fuertemente alcalino, 8,5 a 9,0
	10	10	Muy fuertemente alcalino, > 9,0
Fertilización			
mineral aplicada	0	0	No determinada
	1	1	Ninguna
—kg ha^{-1} cada — años	—kg ha^{-1} cada — años		Nitrógeno
—kg ha^{-1} cada — años	—kg ha^{-1} cada — años		Fósforo
—kg ha^{-1} cada — años	—kg ha^{-1} cada — años		Potasio
—kg ha^{-1} cada — años	—kg ha^{-1} cada — años		Azufre
—kg ha^{-1} cada — años	—kg ha^{-1} cada — años		Magnesio
—kg ha^{-1} cada — años	—kg ha^{-1} cada — años		Calcio
—kg ha^{-1} cada — años	—kg ha^{-1} cada — años		Caso particular
Enmiendas y fertilizantes aplicados			
	0	0	No determinada
	1	1	Ninguno
—kg ha^{-1} cada — años	—kg ha^{-1} cada — años		Yeso molido
—kg ha^{-1} cada — años	—kg ha^{-1} cada — años		Yeso agrícola
—kg ha^{-1} cada — años	—kg ha^{-1} cada — años		Cal viva
—kg ha^{-1} cada — años	—kg ha^{-1} cada — años		Cal magnésica
—kg ha^{-1} cada — años	—kg ha^{-1} cada — años		Cal fosfatada
—kg ha^{-1} cada — años	—kg ha^{-1} cada — años		Cal apagada
—kg ha^{-1} cada — años	—kg ha^{-1} cada — años		Dolomita calcárea y cal apagada
—kg ha^{-1} cada — años	—kg ha^{-1} cada — años		Caso particular
Fertilizantes orgánicos aplicados			
	0	0	No determinada
	1	1	Ninguno
	2	2	Devolución estiércol del ganado
	3	3	Abonadura con estiércol
	4	4	Compost
	5	5	Paja
	6	6	Caso particular

La importancia de la salinidad del suelo en la determinación de la salud ecológica del sistema, se origina más en el hábitat que en los recursos. La concentración salina modifica el potencial

hídrico del suelo, el intercambio iónico de la planta y de las partículas de suelo; sólo de manera muy leve afecta directamente a las disponibilidades de nutrientes de las plantas.

Salinidad del suelo	0	0	No determinada
mm hos/cm	1	1	No salino 0-0, 15% y 0-4 mmhos, cm
	2	2	Levemente salino, 0,15-0, 35% y 4-8 mm hos/cm
	3	3	Moderadamente salino 0,35-0, 65% y 8-15 mm hos/cm
	4	4	Fuertemente salino 0,65 y > 15 mm hos/cm
Alcalinidad del suelo	0	0	No determinado
	1	1	No alcalino
	2	2	Levemente alcalino
	3	3	Moderadamente alcalino
	4	4	Fuertemente alcalino.

La textura y estructura son de importancia indirecta en la determinación de las características del suelo. La textura indica la proporción de partículas de arcilla, limo y arena. Conociendo esa propiedad es posible inferir algunas propiedades del suelo, tales como permeabilidad, infiltración, retención de agua, fertilidad, porosidad y otras que están en alguna forma relacionadas con la textura.

La estructura del suelo tiene especial importancia como indicador del manejo a que ha sido sometido, y de algunas características propias que están íntimamente relacionadas con ella. El

grado, el tamaño, el tipo y la consistencia de la estructura definen esta característica. La plasticidad del suelo y la cementación de las partículas son también de importancia en el análisis de sus características como en la asignación de su potencial de uso y manejo.

La cantidad de materia orgánica, la masa radical y los microorganismos del suelo son de importancia en el suelo y están muy relacionados con su estructura. La buena estructura de un suelo es indicativa de buen manejo; está relacionada con la fertilidad y sus características hídricas.

Textura	0	0	No determinada
	1	1	Arcilloso
	2	2	Arcillo-limoso
	3	3	Francoarcilloso
	4	4	Arcilloarenoso
	5	5	Franco-arcillo-limoso
	6	6	Franco-arcillo-limoso
	7	7	Franco
	8	8	Franco-limoso
	9	9	Franco-arenoso
	10	10	Limoso
	11	11	Franco arenoso
	12	12	Arenoso
	13	13	Caso particular

Grado estructura	0	0	No determinada
	1	1	Masiva, sin agregación
	2	2	Granos aislados, sin agregación
	3	3	Débil
	4	4	Moderada
	5	5	Fuerte

Tamaño de los agregados de estructura	0	0	No determinada
	1	1	Muy fino
	2	2	Fino
	3	3	Medio
	4	4	Grueso
	5	5	Muy grueso
Tipo de estructura	0	0	No determinada
	1	1	Granular
	2	2	Migajón
	3	3	Plana
	4	4	Prismática
	5	5	Columnar
	6	6	Angular
	7	7	Subangular
Consistencia de la estructura seca	0	0	No determinada
	1	1	Suelta
	2	2	Blanda
	3	3	Levemente dura
	4	4	Dura
	5	5	Muy dura
	6	6	Extremadamente dura
Consistencia de la estructura húmeda	0	0	No determinada
	1	1	Suelta
	2	2	Muy friable
	3	3	Friable
	4	4	Firme
	5	5	Muy firme
	6	6	Extremadamente firme
Consistencia de la estructura mojada	0	0	No determinada
	1	1	No pegajosa
	2	2	Levemente pegajosa
	3	3	Pegajosa
	4	4	Muy pegajosa
Plasticidad del suelo	0	0	No determinada
	1	1	No plástico
	2	2	Levemente plástico
	3	3	Plástico
	4	4	Muy plástico

Grado de cementación	0	0	No determinada
	1	1	Débil
	2	2	Fuertemente cementado
	3	3	Indurado

Continuidad de la cementación	0	0	No determinada
	1	1	Continua
	2	2	Discontinua

La porosidad y raíces son otras dimensiones de la textura y estructura. La porosidad es el resultado de la estructuración de las partículas edáficas, siendo los poros el subproducto de la

estructura. Las raíces contribuyen a la porosidad a través de su acción perforadora en el suelo y mediante el aporte de materia orgánica de las raíces en descomposición.

			Finas y muy finas		Media y gruesas	
			unidades/dm ²		unidades/m ²	
Raíces en el suelo	0	0	No determinada			
	1	1	Muy pocas	< 16	< 1	
	2	2	Pocas	16-48	1-3	
	3	3	Muchas	64-224	4-14	
	4	4	Abundantes	> 224	> 14	
Poros en el suelo	0	0	No determinado			
	1	1	Muy pocos	< 16	< 1	
	2	2	Pocos	16-48	1-3	
	3	3	Común	64-224	4-14	
	4	4	Muchos	> 224	> 14	
Diámetro de los poros	0	0	No determinado			
	1	1	Microporo	0,075mm		
	2	2	Muy fino	0,075	-1,0	
	3	3	Fino	1	-2	
	4	4	Medio	2	-5	
	5	5	Grueso	> 5		
Continuidad de los poros tubulares	0	0	No determinada.			
	1	1	Continuos			
	2	2	Discontinuos			
Orientación de los poros	0	0	No determinada			
	1	1	Verticales			
	2	2	Horizontales			
	3	3	Oblicuos			
	4	4	Al azar			

Morfología de los poros individuales.			
Tipos modificados	0	0	No determinada
	1	1	Simple
	2	2	Dendrítica
	3	3	Abierta
	4	4	Cerrada
Tipo de morfología de los poros			
	0	0	No determinada
	1	1	Vesicular
	2	2	Intersticial
	3	3	Tubular

El tipo de clima indica la información general relacionada con el nombre, ubicación en mapas climáticos, con el símbolo que la representa y su clasificación de acuerdo a las características

fundamentales. Las características detalladas y específicas aparecen registradas en otras secciones.

Tipo de clima	0	0	No determinado
	—	—	Nombre
	—	—	Símbolo
	—	—	Clasificación.

La irradiación solar es una medida valiosa en la interpretación del funcionamiento y productividad del ecosistema. Las disponibilidades de energía luminosa, especialmente aquella de longitud de onda susceptible de ser utilizada en

el proceso de fotosíntesis, expresan la capacidad productiva del sistema. La cantidad de días nublados puede ser una medida indirecta de la energía luminosa, en aquellas regiones donde no existen buenas mediciones de luz.

Energía neta anual, total	0	0	No determinada
	—	—	calorías/cm ² /año

Energía luminosa anual, total	0	0	No determinada
	—	—	calorías.cm ² .año

Días nublados	0	No determinada
— % anual	1	0-5% de los días
	2	5-10
	3	10-20
	4	20-40
	5	40-60
	6	60-80
	7	80-100.

La temperatura y el viento tienen acción catalizadora sobre la biocenosis y sobre los procesos de génesis del edafótomo. Las temperaturas anuales y mensuales dan la pauta de los cultivos y especies animales susceptibles de adaptarse

al medio. La época de ocurrencia de las heladas, establece limitantes de biocenosis y de cultivos de primores. La temperatura se halla, también, relacionada con la productividad.

Temperaturas anuales	0	0	No determinada
	—	—	Media anual °C
	—	—	Máxima media anual °C
	—	—	Mínima media anual °C
	—	—	Máxima absoluta anual °C
	—	—	Mínima absoluta anual °C
Temperatura media mensual	0	0	No determinada
	—	—	Enero
	—	—	Febrero
	—	—	Marzo
	—	—	Abril
	—	—	Mayo
	—	—	Junio
	—	—	Julio
	—	—	Agosto
	—	—	Septiembre
	—	—	Octubre
	—	—	Noviembre
	—	—	Diciembre
Heladas. Número medio mensual	0	0	No determinado
	—	—	Enero
	—	—	Febrero
	—	—	Marzo
	—	—	Abril
	—	—	Mayo
	—	—	Junio
	—	—	Julio
	—	—	Agosto
	—	—	Septiembre
	—	—	Octubre
	—	—	Noviembre
	—	—	Diciembre

Epoca de ocurrencia de viento e intensidad	0	0	No determinada
	1	1	Primavera, moderado
	2	2	Primavera, fuerte
	3	3	Primavera, muy fuerte
	4	4	Verano, moderado
	5	5	Verano, fuerte
	6	6	Verano, muy fuerte
	7	7	Otoño, moderado
	8	8	Otoño, fuerte a muy fuerte
	9	9	Invierno, moderado
	10	10	Invierno, fuerte a muy fuerte
Variación térmica diaria	0		No determinada
	1		Leve
	2		Moderada
	3		Pronunciada
	4		Muy pronunciada
	5		Extrema.

La humedad atmosférica tiene importancia en el diagnóstico porque está relacionada con el poder desecante de la atmósfera, con la temperatura y su rango de variabilidad, con ciertas

enfermedades de las plantas y con el hábitat de adaptación de algunas especies que requieren un determinado contenido de humedad para desarrollarse normalmente.

Humedad relativa del aire, anual	0	0	No determinada
	1	1	Baja, 0-60%
	2	2	Media, 60-80%
	3	3	Alta, 80-95 %
	4	4	Muy alta, 95-100%
	5	5	Neblinas y camanchacas
	6	6	Caso particular

Humedad estación de crecimiento	0	0	No determinada
	1	1	Baja
	2	2	Media
	3	3	Alta
	4	4	Muy alta
	5	5	Neblinas y camanchacas
	6	6	Caso particular.

Entre las características de la fitocenosis debe conocerse el tipo vegetacional, y el uso primario y secundario que se hace del sistema. La estructura de la vegetación debe describirse, al menos de manera muy somera, indicándose los valores de densidad, dominancia, sociabilidad y frecuencia de hasta las seis especies más importantes, indicándose tanto lo que existe al momento de la anamnesis, como a lo que se pretende llegar.

La intensidad de utilización de la fitocenosis es la expresión del uso en un momento determinado, sin indicar lo ocurrido en el pasado. La condición de la fitocenosis permite conocer la calidad de la utilización en el pasado. Otras características que deben ser consideradas son la frecuencia de la utilización y la índole de las acciones directas de naturaleza antropogénica ejercidas sobre la fitocenosis.

Los cambios endógenos, debidos a la etapa seral de la comunidad, son también de importancia en la interpretación de la anamnesis. Cada tipo de biocenosis sólo se desarrolla en alguna etapa sucesional determinada. La productividad y el rendimiento constituyen los mejores índices para evaluar la salud ecológica del sistema. Estos índices son aún mejores si se les relaciona con la calidad del producto obtenido.

La limitante de la fitocenosis puede estar

centrada en las plagas y enfermedades que dañen la vegetación en alguna etapa o período, lo cual debe ser estudiado en el examen general del sistema. Las prácticas culturales y las labores superficiales modifican la estructura y el funcionamiento biocenosico de una manera directa, y constituyen estrategias de frecuente uso en sistemas antropogénicos.

En comunidades monófitas o de composición florística y vegetacional, regulada antropogénicamente a través de control de plagas, raleo, dosis de semilla, distancia de siembra o de plantación y otras, la plasticidad morfológica y anatómica de los organismos puede ser empleada como fitómetro del medio en que el organismo se desarrolla. Aquellos organismos cuya plasticidad anatomorfológica sea baja, pueden tener una plasticidad fisiológica marcada. El análisis foliar, la coloración de las hojas y las manchas en el tejido pueden, en este caso, constituir los síntomas más valiosos en la interpretación de las relaciones causales de la fitocenosis con el ambiente, donde la fitocenosis es el efecto y el ambiente de la planta es la causa.

El fitocenosis polífitas, sin control florístico directo de naturaleza antropogénica, la composición florística y vegetacional pueden ser el mejor fitómetro.

Tipo vegetacional	0	0	No determinada
(Figura IV-5).	1	1	Barbecho
	2	2	Cultivos escardados anuales (tomates, remolacha, maíz, zapallo, etc.)

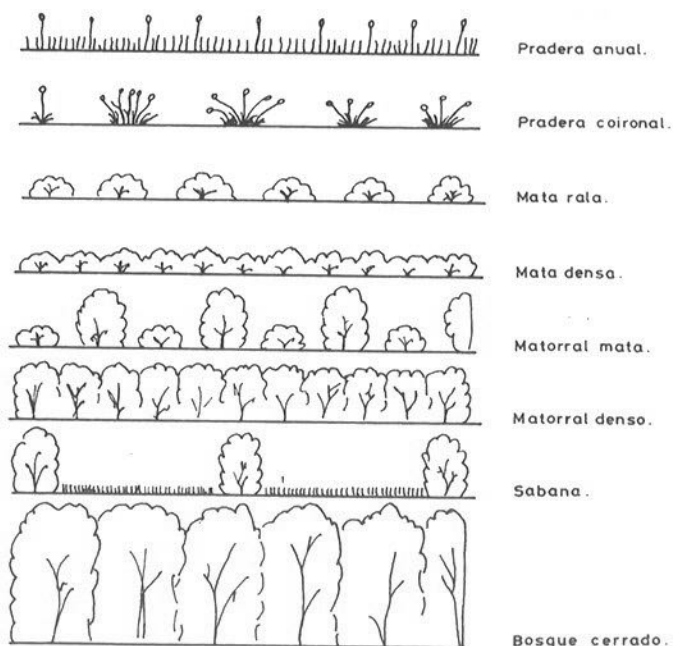


Figura IV-5. Esquema de algunos ejemplos de tipos vegetacionales.

3	3	Cultivos escardados herbáceos perennes (frutillas, espárragos, etc.)
4	4	Cultivos escardados perennes leñosos (árboles frutales)
5	5	Cultivos no escardados anuales: trigo, cebada, trébol alejandrino
6	6	Cultivos no escardados perennes, herbáceos: alfalfa, falaris, pasto ovillo
7	7	Cultivos no escardados perennes leñosos: pino, eucalipto, álamo
8	8	Malezas anuales
9	9	Malezas perennes
10	10	Renoval de matorral
11	11	Renoval de bosque
12	12	Pradera anual natural o naturalizada
13	13	Pradera de herbáceas perennes naturales o naturalizadas
14	14	Coironal. Pradera de herbáceas perennes, duras o espinosas, fibrosas, de champa. Con algunas matas.
15	15	Vega seca
16	16	Vega húmeda
17	17	Mata rala
18	18	Mata densa
19	19	Matorral-mata
20	20	Matorral denso
21	21	Matorral ralo
22	22	Sabana
23	23	Bosque latifoliado abierto
24	24	Bosque latifoliado cerrado
25	25	Bosque angustifolio abierto
26	26	Bosque angustifolio cerrado
27	27	Desnudo
28	28	Caso particular

Rotación de fitocenosis.
Indicar en secuencia el número de años de la cubierta y el número correspondiente a la cubierta.

0	0	No determinada
1	1	Cultivo permanente. No rotativo. Nombre de la cubierta: _____

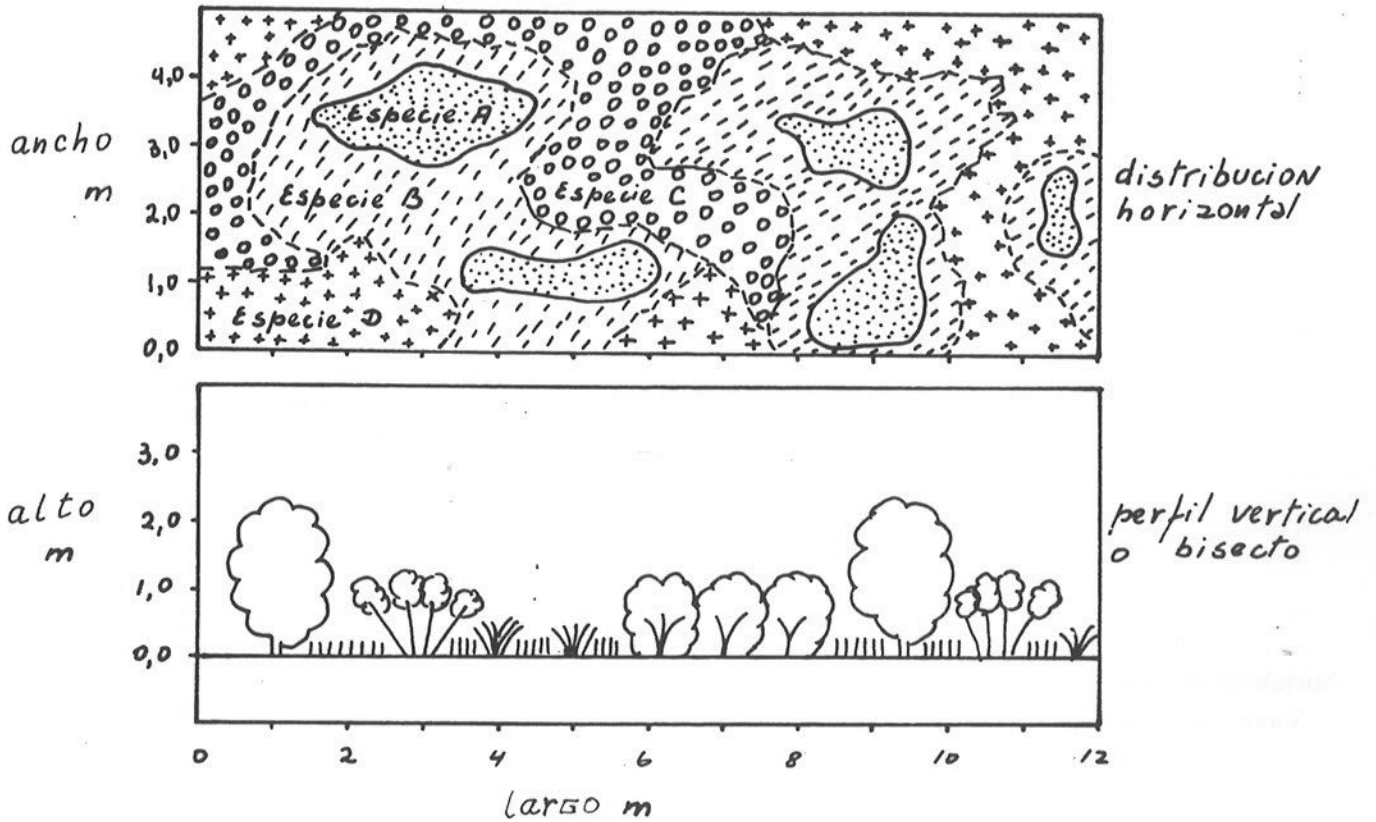


Figura IV-6. Ejemplo de croquis de vegetación.

Uso de la fitocenosis. Indicar hasta los 4 usos principales precediendo correlativamente con las letras a, b, c, y d.

0	0	No determinado
1	1	Producción de flores
2	2	Producción de frutos
3	3	Producción de semillas granos
4	4	Producción de hojas
5	5	Producción de tallos
6	6	Producción de raíces y tubérculos
7	7	Producción de forraje
8	8	Producción de corteza
9	9	Producción de savia
10	10	Producción de leña
11	11	Producción de madera
12	12	Producción de agua
13	13	Producción de fibra
14	14	Recreación
15	15	Fauna silvestre
16	16	Ganado
17	17	Urbano industrial
18	18	Abandonado
19	19	Caso particular

Densidad. Número de individuos. Valor exacto o clase (Cuadro IV-1)	0	0	No determinada
	1	1	Muy escasa
	2	2	Escasa
	3	3	Poco frecuente
	4	4	Abundante
	5	5	Muy abundante
Dominancia o tamaño total. Valor exacto o clase	0	0	No determinada
	1	1	Cubre de 1% a 5% de la superficie
	2	2	Cubre de 5% a 25%
	3	3	Cubre de 25% a 50%
	4	4	Cubre de 50% a 75%
	5	5	Cubre de 75% a 95%
	6	6	Cubre de 95% a 100%
Sociabilidad o agrupación. Valor exacto o clase	0	0	No determinada
	1	1	Crecimiento en lugares aislados
	2	2	Agrupadas en champas
	3	3	En pequeñas manchas, cojines o céspedes
	4	4	En pequeñas colonias o manchas extensas
	5	5	Grandes grupos o poblaciones puras
Frecuencia o porcentaje de presencia en muestras	0	0	No determinada
	1	1	Presentes en menos del 20% muestras
	2	2	Presentes 21 a 40%
	3	3	Presentes 41 a 60%
	4	4	Presentes 61 a 80%
	5	5	Presentes 81 a 100%
Forma y magnitud foliar	0		No determinada
	1		a: aciculifolias o espinosas
	2		g: plantas gramínoideas
	3		m: plantas de hojas medianas o pequeñas (hasta 2.000 mm ²)
	4		b: plantas de hojas anchas (más de 200 mm ²)
	5		c: plantas de hojas compuestas
	6		t: plantas taloides
Biología foliar	0		No determinada
	1		d: hojas caedizas
	2		w: hojas marcescentes
	3		v: hojas verdes todo el año
	4		s: plantas suculentas con hojas verdes todo el año o áfila

Textura foliar	0	No determinada
	1	f: membranosa
	2	z: muy delgada casi membranosa
	3	x: esclerófila
	4	h: suculenta o planta fungoide

Información por unidad de volumen o superficie. Diversidad.

$$D_v = K \frac{1}{V} \ln \frac{N!}{N_1! N_2! \dots N_s} = \text{bits}$$

$K = 1,443$; $n = \text{número}$

Diversidad por individuo

$$D_n = K \frac{1}{N} \ln \frac{N!}{N_1! N_2! \dots N_s!} = \text{bits}$$

Número de especies por estrata

0	0	No determinada
1	—	Líquenes
2	—	Musgos
3	—	Terófitas
4	—	Helechos
5	—	Hierbas
6	—	Geófitas
7	—	Hemicriptófitas
8	—	Caméfitas
9	—	Nanofanerófitas
10	—	Microfanerófitas
11	—	Mesofanerófitas
12	—	Megafanerófitas
13	—	Epífitas
14	—	Lianas

Estabilidad interna de la arquitectura fitocenósica

1	1	Nula
2	2	Muy mala
3	3	Mala
4	4	Regular
5	5	Alta
6	6	Estable

Superficie cubierta del suelo

0	0	No determinada
—	—	Mantillo
—	—	Musgos y líquenes
—	—	Roca
—	—	Pavimento de erosión
—	—	Vegetales superiores

Intensidad de utilización de la fitocenosis _____ %	0	0	No determinada
	1	1	No usado
	2	2	Leve
	3	3	Liviano
	4	4	Moderado
	5	5	Intenso
	6	6	Severo
	7	7	Extremo
	8	8	Destruyivo
Condición de la fitocenosis	0	0	No determinada
	1	1	Excelente
	2	2	Buena
	3	3	Regular
	4	4	Mala
	5	5	Muy mala
Tendencia de la sucesión	0	0	No determinada
	1	1	Progresión
	2	2	Progresión interrumpida o cultivo
	3	3	Estabilidad
	4	4	Retrogradación
	5	5	Destrucción
	6	6	Caso particular
Velocidad de la sucesión	0	0	No determinada
	1	1	Alta
	2	2	Media
	3	3	Baja
	4	4	Muy baja
	5	5	Casi estabilizada
Acción antropogénica direc- ta sobre la población útil	0	0	No determinada
	1	1	Ninguna labor
	2	2	Extirpación de malezas
	3	3	Siega del remanente
	4	4	Protección
	5	5	Limpia, poda, desbrote
	6	6	Emparejamiento y raleo
	7	7	Emparejamiento
	8	8	Poda
	9	9	Corte y despunte
	10	10	Caso particular

Periodicidad de la cosecha	0	0	No determinada
	1	1	Constante
	2	2	Mensual
	3	3	Bimestral
	4	4	Trimestral
	5	5	Semestral
	6	6	Anual
	7	7	Cada 2 años
	8	8	Cada 2 a 5 años
	9	9	Cada 5 a 10 años
	10	10	Cada 10 a 25 años
	11	11	Mas de 25 años
	12	12	No cosechada
13	13	Caso particular	
Etapa sucesional	0	0	No determinada
	1	1	Prístina
	2	2	Inicial
	3	3	Intermedia
	4	4	Avanzada
	5	5	Disclímax
	6	6	Clímax
Producción fitocenosis	0	0	No determinada
	—	—	Productividad (total producido) kg ha^{-1} año^{-1}
	—	—	Rendimiento (total cosechable) kg ha^{-1} año^{-1}
Calidad de la cosecha	0	0	No determinada
	1	1	Excelente
	2	2	Buena
	3	3	Regular
	4	4	Mala
	5	5	Muy mala
Plagas y enfermedades a fitocenosis	0	0	No determinada
	1	1	Población sana
	2	2	Ataque leve
	3	3	Ataque a la planta
	4	4	Ataque a las raíces y coronas
	5	5	Ataque a tallos y ramas
	6	6	Ataque a flores y frutos
	7	7	Ataque a las hojas
	8	8	Ataque a toda la planta

	9	9	Ataque a toda la población
	10	10	Caso particular
Causa del daño	0	0	No determinada
	1	1	Aves
	2	2	Roedores
	3	3	Nematodos, ácaros, e insectos
	4	4	Fanerógamas, parásitos, hongos, bacterias y virus
Prácticas culturales sobre fitocenosis	0	0	No determinada
	1	1	Ningún cuidado
	2	2	Binaje y escarda
	3	3	Emparejadura del suelo
	4	4	Quema
	5	5	Aporca
	6	6	Corte
	7	7	Herbicidas selectivos
	8	8	Defoliantes químicos
	9	9	Caso particular
Ritmo de intercepción de prácticas culturales	0	0	No determinada
	1	1	Ninguna
	2	2	Irregular
	3	3	Varias veces al año
	4	4	Todos los años
	5	5	Cada 2 a 5 años
	6	6	Cada 5 a 10 años
	7	7	Cada 10 a 50 años
	8	8	Más de 50 años
	9	9	Caso particular
Labores superficiales	0	0	No determinada
	1	1	Ninguna
	2	2	Aradura
	3	3	Rastraje
	4	4	Regeneración pradera
	5	5	Rodillado
	6	6	Cross-kill
	7	7	Cultipacker
	8	8	Subsolador
	9	9	Cinzel
	10	10	Caso particular

Ritmo de intercepción de labores superficiales

0	0	No determinada
1	1	Ninguna
2	2	Irregular
3	3	Varias veces al año
4	4	Todos los años
5	5	Cada 2 a 5 años
6	6	Cada 5 a 10 años
7	7	Cada 10 a 50 años
8	8	Más de 50 años.

Los sistemas ganaderos son manejados con el propósito de desarrollar al máximo la canalización de la producción primaria hacia la producción pecuaria de interés antropogénico. El examen de sistemas cuyo uso primario o secundario sea la producción animal debe incluir el análisis de factores que directa o indirectamente afectan la productividad.

Dentro de la zoocenosis debe considerarse al sistema de pastoreo y la distribución del ganado; ambas características están directamente relacionadas con la productividad misma de la comu-

nidad animal y afectan la condición, tendencia y otros atributos de la fitocenosis.

El agua, tanto en lo que se refiere a su calidad, cantidad y distribución, puede ser el factor limitante de la productividad. La especie animal que utiliza la fitocenosis y el objetivo de la operación ganadera debe ser considerada en conjunto con el resto del ecosistema. La elección de la especie y del producto animal exportable deben corresponder a aquellas que optimicen las exportaciones del sistema.

Sistema de pastoreo

0	0	No determinado
1	1	No pastoreado
2	2	Continuo
3	3	Rotativo
4	4	Estacional-continuo
5	5	Estacional-rotativo
6	6	Rotativo-descanso
7	7	Put and take
8	8	No dirigido
9	9	Caso particular

Efectividad de la distribución del ganado en el campo

0	0	No determinada
1	1	Bien distribuido
2	2	Distribución regular
3	3	Distribución irregular
4	4	Distribución muy irregular
5	5	Caso particular

Mecanismo regulador de la distribución	0	0	No determinada
	1	1	Ninguno
	2	2	Cercos
	3	3	Pastores-arreos
	4	4	Sal
	5	5	Agua de bebida
	6	6	Aspersión de arbustos y coirones
	7	7	Fuego
	8	8	Construcción de senderos
	9	9	Sombra
	10	10	Refugio invernal
	11	11	Caso particular
<hr/>			
Cantidad de agua de bebida _____ m ³ día ⁻¹	0	0	No determinada
	1	1	Suficiente
	2	2	Insuficiente
Distancia al agua de bebida _____ km	0	0	No determinada
	1	1	Reducida
	2	2	Moderada
	3	3	Moderada en terreno accidentado
	4	4	Excesiva en terreno no accidentado
	5	5	Excesiva en terreno accidentado
	6	6	Falta de agua
	7	7	Caso particular
<hr/>			
Calidad agua de bebida	0	0	No determinada
	1	1	Dulce
	2	2	Dulce-contaminada
	3	3	Salina
	4	4	Salina-contaminada
	5	5	Inadecuada no bebible
	6	6	Caso particular
<hr/>			
Estacionalidad de la disponibilidad hídrica	0	0	No determinada
	1	1	Todo el año
	2	2	Invierno
	3	3	Primavera
	4	4	Verano
	5	5	Otoño
	6	6	Caso particular
<hr/>			

Especie animal indicar el orden correlativo de importancia de las especies precediendo el número con letras a, b, c, d, en el caso de ser múltiple de varias especies.

0	0	No determinada
1	1	No utilizado
2	2	Bovino
3	3	Ovino
4	4	Caprino
5	5	Equino
6	6	Asnal
7	7	Llama
8	8	Alpaca
9	9	Porcino
10	10	Aves domésticas
11	11	Aves silvestres
12	12	Mamíferos menores silvestres
13	13	Mamíferos mayores silvestres
14	14	Caso particular

Objetivo de producción de la zoocenosis. (Indicar en orden correlativo de importancia con letras a, b, c, d)

0	0	No determinada
1	1	Ninguno
2	2	Producción de miel
3	3	Producción de leche
4	4	Producción de mantequilla
5	5	Producción de suero de leche
6	6	Producción de queso
7	7	Producción de huevos
8	8	Producción de carne
9	9	Producción de cuero
10	10	Producción de lana
11	11	Producción de plumas
12	12	Producción de pelo
13	13	Producción de pieles
14	14	Producción de huesos
15	15	Producción de dientes
16	16	Producción de guano
17	17	Reproducción: terneros, corderos u otro
18	18	Mantenimiento
19	19	Engorda
20	20	Caso particular

Valor económico de la unidad de zoocenosis producida, multiplicado por la cosecha	Productividad kg/ha	Valor por unidad	Total. Valor Real Prod.	
_____ kg ha ⁻¹ año ⁻¹	0	0	0	No determinada
_____ pesos kg ⁻¹	1	1		Ninguno
_____ pesos ha ⁻¹ año ⁻¹	_____	_____	_____	Producción de miel
	_____	_____	_____	Producción de leche
	_____	_____	_____	Producción de mantequilla
	_____	_____	_____	Producción de suero de leche
	_____	_____	_____	Producción de queso
	_____	_____	_____	Producción de huevos
	_____	_____	_____	Producción de carne
	_____	_____	_____	Producción de cuero
	_____	_____	_____	Producción de lana
	_____	_____	_____	Producción de plumas
	_____	_____	_____	Producción de pelo
	_____	_____	_____	Producción de pieles
	_____	_____	_____	Producción de huevos
	_____	_____	_____	Producción de dientes
	_____	_____	_____	Producción de guano
	_____	_____	_____	Reproducción. Producción de crías
	_____	_____	_____	Producción de ganado

Alimentación zoocenosis (Indicar las alternativas en orden correlativo de importancia con las letras a, b, c y d)

0	0	No determinada
1	1	Sólo pastoreo directo
2	2	Suplementación heno.
3	3	Suplementación granos
4	4	Suplementación soiling
5	5	Suplementación ensilaje
6	6	Suplementación raíces y tubérculos
7	7	Suplementación rastrojos
8	8	Sin pastoreo directo
9	9	Caso particular _____

Estacionalidad de la utilización del pastizal

0	0	No determinada
1	1	Todo el año
2	2	Veranada
3	3	Invernada
4	4	Primavera
5	5	Otoño
6	6	Caso particular _____

Migraciones	0	0	No determinada
	1	1	Sedentario
	2	2	Trashumancia cercana
	3	3	Trashumancia lejana
	4	4	Caso particular _____
Adecuación de alimentos	0	0	No determinada
	1	1	Adecuada todo el año
	2	2	Adecuada parte del año
	3	3	Inadecuada todo el año
	4	4	Caso particular _____
Salud zoocenosis. Enfermedades y parásitos	0	0	No determinada
	1	1	Adecuada
	2	2	Problemas menores
	3	3	Parcialmente inadecuada
	4	4	Deficitaria
	5	5	Problemas graves
6	6	Caso particular _____	
Daño de predadores al ganado y fauna silvestre útil _____ % de muertes de _____	0	0	No determinada
	1	1	No existente
	2	2	Leve
	3	3	Moderado
	4	4	Fuerte
	5	5	Excesivo
6	6	Caso particular _____	
Calidad genética ganado Raza: _____	0	0	No determinada
	1	1	Excelente
	2	2	Buena
	3	3	Regular
	4	4	Deficiente
5	5	Muy mala	
Tipo de animal _____ kg cabeza ⁻¹ _____ gordura _____ desarrollo	0	0	No determinado
	—	—	Carga animal UAA ha ⁻¹
	—	—	Capacidad sustentadora UAA ha ⁻¹
Características de la utilización fitocenosis	0	0	No determinada
	—	—	Carga animal UAA ha ⁻¹
	—	—	Capacidad sustentadora en condición buena

	_____	_____	Capacidad sustentadora/carga animal
			Veces
	_____	_____	Rapidez de avance. Días
	_____	_____	Permanencia. Días
	_____	_____	Densidad animal. UAA ha ⁻¹
	_____	_____	Número de animales
	_____	_____	Tamaño ha
Producción ganadera	0	0	No determinada
	_____	_____	kg/ha de peso vivo
	_____	_____	kg/animal de peso vivo
	_____	_____	% de extracción de la masa ganadera (en biomasa animal)
	_____	_____	% de extracción de la masa ganadera (en número de animales)
	_____	_____	Caso particular _____
Tasa de extracción ganadera, % de cabezas removidas al año	0	0	No determinada
	_____	_____	Tasa real y tasa ideal
Estructura por sexos	0	0	No determinada
	_____	_____	Machos adultos
	_____	_____	Hembras adultas
	_____	_____	Machos jóvenes
	_____	_____	Hembras jóvenes
Estructura por edades. Porcentajes	0	0	No determinado
	_____	_____	Infantil
	_____	_____	Jóvenes
	_____	_____	Maduros
	_____	_____	Seniles.

El examen general del sistema debe completarse agregando otras características generales que posteriormente serían utilizadas en la interpretación del diagnóstico y recomendación de tratamiento. No corresponde hacer aquí una presentación detallada de ellas, pero dada su importancia deben ser mencionadas, pues en el estudio de integración de sistemas pueden tener una importancia decisiva.

Los caminos de acceso al ecosistema examinado permiten modificar las importaciones y exportaciones que se apliquen al sistema. La electricidad hace que la influencia antropogénica pueda ser mayor, estableciendo un grado de transformación que en el futuro permita aumentar su productividad. Las bodegas, silos, corrales, agua potable, maquinaria y transporte deben ser considerados

en cualquier examen general, realizado para mejorar el sistema.

Diagnóstico

Metodología

El diagnóstico ha sido definido como el conjunto de los signos que fijan el carácter peculiar de una enfermedad. Esto involucra varias consideraciones generales, que deben ser tomadas en cuenta antes de proceder a diagnosticar.

Las etapas que se siguen en la práctica al hacer diagnósticos clínicos, aunque sea inconscientemente, son las siguientes (Ledley y Lusted, 1959). Primero se hace el examen completo, incluyendo la reseña del paciente, historia clínica

y análisis. Luego se evalúa la importancia relativa de los diversos signos y síntomas y se clasifican de acuerdo a su grado de importancia. Enseguida se hace un diagnóstico diferencial, en el cual se comparan todos los síntomas del paciente con una lista de enfermedades semejantes al caso específico; luego, se eliminan aquellas enfermedades que no correspondan con los síntomas del paciente. Finalmente, se emite el fallo, el cual indica a qué enfermedad corresponde, o bien, señala una duda, a la espera de mayor información.

No puede hacerse un diagnóstico acertado si los signos elegidos son incompletos o no corresponden a los que fijan el carácter de la enfermedad. El ecosistema silvoagropecuario es algo tan complejo y variable, pues la cantidad de signos sobrepasa las posibilidades de examen. Por otra parte, la magnitud de variabilidad de cada signo dentro del rango de posibilidades del ecosistema es tan amplia, que su cuantificación pierde valor al momento en que se le desea emplear en el diagnóstico. Diferencias cuantitativas muy sutiles, en algún signo, pueden significar alteraciones muy marcadas en el funcionamiento ecosistémico.

Debe además, considerarse la jerarquización de los signos. Shenckel y Baherle (1971) por ejemplo, han analizado la fertilidad de las principales series de suelos de varias provincias de Chile. En todos ellos han encontrado deficiencias muy marcadas de algunos elementos, pero la corrección de ellos no tiene valor si no se hace de acuerdo a su jerarquía de deficiencias, lo cual significa que las correcciones deben hacerse siguiendo un orden. Si las correcciones son las adecuadas, pero no lo es el orden o jerarquía de las correcciones, el tratamiento que se aplique al sistema no produce los resultados pronosticados. Igualmente, al hacer el diagnóstico y estudiar un signo de jerarquía secundaria puede que se presente como un síntoma negativo de la enfermedad y que sólo intervenga cuando los signos de jerarquía primaria estén presentes.

Otra consideración que debe tomarse en relación al proceso del diagnóstico es la exactitud y la precisión de las mediciones de los signos. Un ejemplo puede contribuir a clarificar la idea. En un estudio presentado por Williams (1963) se midió la intensidad luminosa y se llegó a la conclusión que a los 79 días era de 34.000 lux y a los 99 días de 40.000 lux. Estos valores tienen un alto grado de precisión y exactitud, pero no son los que regulan la productividad, pues sólo una pequeña porción de la luz solar puede ser aprovechada por las plantas. El porcentaje de radiación solar utilizada varió entre 1,6 y 2,2%, de acuerdo a la especie o mezcla de especies. Estas cantidades no pueden ser medidas en forma directa, de manera que se calculan indirectamente basadas en otras mediciones, por lo cual el grado de precisión y exactitud es muy variable. Estos resultados son, a su vez, la consecuencia del área foliar, temperatura, posi-

ción en el follaje y de muchos otros factores difíciles de cuantificar con precisión.

En el diagnóstico clínico es de fundamental importancia considerar combinaciones de síntomas y compararlos con el complejo de enfermedades. Este aspecto es muy importante, porque a menudo se recurre a hacer comparaciones individuales de algún síntoma con alguna enfermedad, aunque ello esté relacionado con combinaciones de enfermedades que el paciente puede tener (Ledley y Lusted, 1959). La interacción entre los signos es uno de los obstáculos que se presentan en el diagnóstico. En ecosistemas, donde deben conjugarse cientos de signos, las posibilidades de interacción de multiplicidad de factores son muy altas ya que el ecosistema actúa holocénicamente.

Dos disciplinas matemáticas son fundamentales en la comprensión del razonamiento para hacer el diagnóstico clínico: la lógica simbólica y la teoría de probabilidades. Una tercera disciplina matemática, la teoría de valores o de juegos, puede ayudar en la elección de los tratamientos óptimos. Estos tres conceptos básicos son inherentes a cualquier estudio clínico, aunque se les emplee inconscientemente (Ledley y Lusted, 1959).

La primera etapa en el diagnóstico debe ser el estudio general de los signos, con el objeto de clasificarlos en dos categorías: aquellos que indican salud ecológica y aquellos que indican enfermedad, para ir definiendo la correlación que existe entre síntoma y enfermedad.

La forma de diagnosticar o estilo puede ser muy variable de una persona a otra; pero la lógica, como ciencia, da los fundamentos de este proceso. La metodología o lógica aplicada a las ciencias naturales es diferente a la que se aplica a las matemáticas y a las ciencias del espíritu.

La lógica es la ciencia de las leyes y de las formas del pensamiento que da normas para la investigación científica, suministrando un criterio de verdad. Todas las operaciones de raciocinio deductivo e inductivo y otras auxiliares necesarias en la investigación, arraigan en la lógica. Cualquier investigación que se haga debe cumplir las exigencias lógicas que se impongan desde afuera a los métodos de investigación. El método es un conjunto de procedimientos ordenados hacia el alcance de algún conocimiento o descubrimiento. El método que siga en el diagnóstico debe incluir a todos los procedimientos o conocimientos de los problemas que afectan al sistema, supuestamente enfermo (Meringo, 1952).

La definición de método incluye dos conceptos diferentes, uno de los cuales está implícito y significa ordenamiento. La información obtenida en el proceso de anamnesis debe ser reunida, ordenada y clasificada, como una primera etapa del diagnóstico. Los signos que representan síntomas de estado defectuoso del paciente ecológico deben ser utilizados como pruebas positivas o negativas de

enfermedad. Los restantes deben ser, posteriormente, utilizados con otros fines. La clasificación y ordenamiento de los signos debe hacerse con criterios múltiples que conduzcan a descifrar las hipótesis contenidas en el planteamiento general.

El segundo elemento contenido en la definición de método está explícitamente incluido y significa descubrimiento o conocimiento de algo nuevo. De ello deriva la doble modalidad del método, que puede ser sistemático o inventivo. El enfoque sistemático es de valor, pues permite ordenar y clasificar situaciones similares y, por analogía, comparar la situación normal de la defectuosa. Es posible en esta forma cambiar a los signos en síntomas.

Signos son atributos que pueden ser percibidos por los sentidos o por instrumentos y equipo de laboratorio; se caracterizan por su color, tamaño, forma, textura o cualquier otra particularidad que los defina. El signo es la característica misma, que no contiene ninguna interpretación proveniente del raciocinio de la mente humana. El signo se transforma en síntoma cuando es sometido a un proceso de análisis, raciocinio y comparación con otros signos equivalentes, pero de distinta magnitud o intensidad, encontrados en otros ecosistemas que se suponen normales.

Las posibilidades de emplear signos como síntomas varían de acuerdo a la capacidad del equipo de mediciones y a la preparación profesional de quien haga el diagnóstico. El *status praesens* o estado de un ecosistema es el conjunto de todos los signos. Con ello se persigue distinguir entre los que sólo son signos, de los que además son síntomas.

Los métodos y procedimientos seguidos para hacer el diagnóstico pueden ser muy variados. Dada la importancia del tema, se cita, a manera de ejemplo, el procedimiento propuesto por Ledley y Lusted, 1959, del cual se incluye un extracto de una parte de su trabajo.

Los autores indican que tres factores están involucrados en el análisis lógico clínico: I conocimiento del sistema general que permita relacionar el complejo de la enfermedad con el complejo de los síntomas; II determinación del complejo particular de los síntomas del paciente, y III determinación del complejo de la enfermedad que constituye el diagnóstico final. El conocimiento clínico ecosistémico permite al especialista eliminar y no considerar enfermedades o complejos de enfermedades no relacionadas, con el complejo de síntomas del paciente.

En ciencias silvoagropecuarias no se estudian leyes, principios, síntomas o enfermedades de manera aislada o de una por una. Lo que se estudia y trata de probar es su acción holocénica en el sistema (Thrall, Coombs y Davis, 1954).

Si se tiene un paciente con algún atributo o enfermedad específica, tal como salinidad del suelo, alguna plaga, un horizonte edáfico cementado o cualquier otro, se puede usar algún símbolo para representarlo. Usando la misma nomenclatura, al atributo se le puede denominar con letras tales como X o Y. Si el paciente no presenta ese atributo, se expresa por el símbolo \bar{X} o \bar{Y} , es decir, el atributo con una línea sobre él. Puede existir también una combinación simultánea de atributos y en tal caso las posibilidades son las siguientes:

Símbolo	Nombre	Interpretación
\bar{Y}	Negación	El atributo no está. No Y
$X \cdot Y$	Producto lógico	Ambos presentes. X e Y
$X + Y$	Suma lógica	Uno o el otro, X o Y
$X \rightarrow Y$	Implica	Uno es consecuencia del otro. Si se tiene X luego se tiene Y

Si se tiene dos conjuntos de síntomas:

$S(1)$ y $S(2)$

y dos conjuntos de enfermedades:

$D(1)$ y $D(2)$

y si se tiene que en la literatura científica se ha establecido la siguiente relación general:

$D(2) \rightarrow S(1)$

$D(1) \cdot \bar{D}(2) \rightarrow S(2)$

Cuando se tiene la enfermedad 2 se tiene el síntoma 1

Cuando se tiene la enfermedad 1 no se tiene la enfermedad 2, el síntoma es 2

$$\overline{D(1)} \cdot D(2) \rightarrow \overline{S(2)}$$

Cuando no se tiene la enfermedad 1 y se tiene la 2, no se puede tener el síntoma 2.

$$S(1) + S(2) \rightarrow D(1) + D(2)$$

Si el paciente tiene uno o los dos síntomas tiene que tener una o las dos enfermedades.

Los tres ingredientes que se requieren en el diagnóstico clínico empleando las funciones booleanas son E, G y f. La función E proviene de la información científica general o principios conocidos que aparecen en la literatura o son de aplicación y validez universal. En el caso en referencia, se tiene la relación general:

$$E = [D(2) \rightarrow S(1)] \cdot [D(1) \cdot \overline{D(2)} \rightarrow S(2)] \cdot [\overline{D(1)} \cdot D(2) \rightarrow \overline{S(2)}] \cdot [S(1) + S(2) \rightarrow D(1) + D(2)]$$

La situación del paciente es más simple, pues puede tratarse de un paciente que tenga solamente el síntoma 2 y no tenga el síntoma 1. En este caso, si G son los síntomas del paciente, se tiene que:

$$G = \overline{S(1)} \cdot S(2)$$

Es interesante hacer resaltar que, en el caso de los síntomas del paciente, se deben registrar tanto los síntomas que él tiene como los que no tiene. De no saberse si el paciente tiene o no el síntoma 1, la notación entonces sería:

$$G = S(2)$$

La función f que se refiere a la o las enfermedades, se calcula luego de conocer E y G

$$f = D(1) \cdot \overline{D(2)}$$

La función booleana se representa, según Ledley y Lusted (1959) por:

$$E \rightarrow (G \rightarrow f)$$

Luego de tratada la enfermedad, los síntomas desaparecen y al desaparecer los síntomas se sabe que, por ende, la enfermedad también desaparece:

$$E \rightarrow (\overline{f} \rightarrow \overline{G})$$

El diagnóstico, sin embargo, sólo puede hacerse de acuerdo a probabilidades. La probabilidad es la proporción de pacientes que presentan algún atributo específico en relación al total de pacientes en la población:

$$P(f) = \frac{N(f)}{N}$$

siendo P(f) la proporción de pacientes con el atributo F, N(f) el número de pacientes en el atributo f, y N el número total de pacientes en la población muestreada.

La probabilidad condicional, en cambio, es análoga a la total, sólo que en este caso el muestreo se hace únicamente con pacientes categorizados en un determinado caso.

$$P(G/f) = \frac{N(G/f)}{N(f)}$$

lo cual significa que pacientes que tengan el atributo f, tienen además el atributo G. P(G/f) es la proporción de pacientes que presentan simultáneamente los atributos de enfermedades y síntomas en relación a aquellos que sólo presentan enfermedad P(f).

En la resolución de problemas silvoagropecuarios o en la investigación, en general, se procede por análisis o por síntesis. Análisis significa la descomposición de una unidad en las partes que la integran o constituyen. El químico, por ejemplo descompone el CO_2 en C y O y la glucosa $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ en CO_2 y H_2O . El fisiólogo, el entomólogo, el edafólogo, el climatólogo, el zootecnista, el patólogo y muchos otros especialistas del agro, son analistas del ecosistema, pues descomponen el todo y se especializan en alguno de sus componentes.

El análisis se puede definir, según Meringo (1952), como el procedimiento que va del sujeto al predicado; pues en un juicio el sujeto, por lo común, representa el todo, siendo el predicado una de sus partes. Analizar significa descomponer y no debe por lo tanto confundirse con dividir un todo en partes homogéneas.

El análisis del ecosistema en cada una de sus partes constitutivas puede llegar hasta límites extremos. Desde un punto de vista silvoagropecuario, el análisis es una herramienta útil en el conocimiento detallado del ecosistema. Pero, ocurre que mientras más se analiza, más se pierde la noción de conjunto, lo cual puede llegar a límites extremos que lo hagan alejarse del problema principal en lugar de acercarse a él. Y puede llegarse a perder la noción de la unidad, en este caso, el ecosistema. Sólo durante los últimos años se ha empezado a comprender que los componentes del sistema ecológico, los recursos, el hábitat, la fitocenosis y la zoocenosis, son una unidad coherente y no el mero resultado de la casualidad. Se ha tratado, entonces, de considerar el sistema en el conjunto de todos sus componentes e incluso desarrollar modelos matemáticos que los integran.

Cuanto más se analiza, más se aleja del problema principal, el que luego se pierde de vista. Así sucede hasta llegar a un punto en el cual se es incapaz de dar nuevamente con él mediante los fenómenos que se estudian, por más que se sienta que lógicamente debería haber una conexión entre ellos (Meringo, 1952). Se ha tratado, a menudo, al estudiar la resolución de los problemas del agro, de analizar hasta los niveles tan altos de descomposición la unidad ecológica en la química y en la física, que finalmente se llega a perder por completo la noción del ecosistema, y la función y procedimientos adecuados a la resolución de problemas silvoagropecuarios.

La síntesis, al contrario, es lo opuesto al análisis, y consiste en componer un todo con sus elementos constitutivos. La combinación de C y O en CO_2 y de CO_2 y H_2O en $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, son ejemplos de síntesis. Asimismo la integración de recursos, el hábitat, las fitocenosis y zoocenosis para formar una unidad o ecosistema, son procesos de síntesis. Esta va del predicado al sujeto, pues en un juicio, por lo general, el predicado represen-

ta a cada una de sus partes y el sujeto al todo (Meringo, 1952).

El análisis y la síntesis son procedimientos de un método; en cambio, inducción y deducción son métodos de raciocinio. El método inductivo va de lo particular a lo general, de lo específico a lo genérico, de lo complejo, según la comprensión, a lo simple, de los efectos a los hechos, causas o principios, basándose en la observación (Meringo, 1952) y es por lo tanto, afín con el procedimiento analítico.

Es importante distinguir las leyes causales de las proposiciones causales singulares que enuncian ejemplificación de las leyes (Stebbing, 1965). Una proposición causal singular enuncia un fenómeno causal que ocurrió una sola vez. Por ejemplo la afirmación: "la aplicación de molibdeno al suelo cambió la coloración de la hoja". Esta afirmación causal singular establece una relación que no va más allá de la simple narración histórica de algo que se ha hecho. La ley causal indica que "siempre que se aplica molibdeno a la planta bajo las condiciones en que se hizo la experiencia, se produce un cambio de coloración de la hoja". Lo fundamental es que la ley causal esté bien definida y las condiciones bajo las cuales la relación se manifiesta, es bien determinada. La proposición particular sólo enuncia un tipo de causación y no tiene, por lo tanto, validez a no ser que la ley causal esté bien definida e interpretada.

El método deductivo es lo opuesto al inductivo, siendo, por lo tanto, afín a síntesis. Es el método que va de lo general a lo particular, de lo simple, según la comprensión a lo compuesto, de lo genérico a lo específico, de la causa o hechos a los efectos (Meringo, 1952).

La Figura IV-7 representa la escala de Bacon y explica gráficamente la relación entre inducción y análisis, deducción y síntesis. Con frecuencia se presume que la investigación utiliza, fundamentalmente, como procedimiento al análisis y que la síntesis es sólo un procedimiento de exposición. El método científico considera la utilización de ambos, de acuerdo a la figura. Las ciencias matemáticas y las filosóficas usan de preferencia la deducción, y las ciencias de la naturaleza, que tienen por objeto la materia inorgánica y la materia organizada en seres vivos, la inducción.

El método científico utiliza las dos, en cualquiera de las ciencias, pero da amplia preferencia a uno u otro de acuerdo a la naturaleza de las ciencias y del problema que se trate de resolver. En la escala de Bacon se va de lo singular a lo general para establecer principios y leyes, que luego son comprobados en la segunda parte de la escala, al descender desde lo general a lo particular.

La generalización de una cierta clase de casos observados, que se supone no constituyen todos los de esa clase, se llama inducción por enumeración simple. Un solo caso contradictorio que se halle

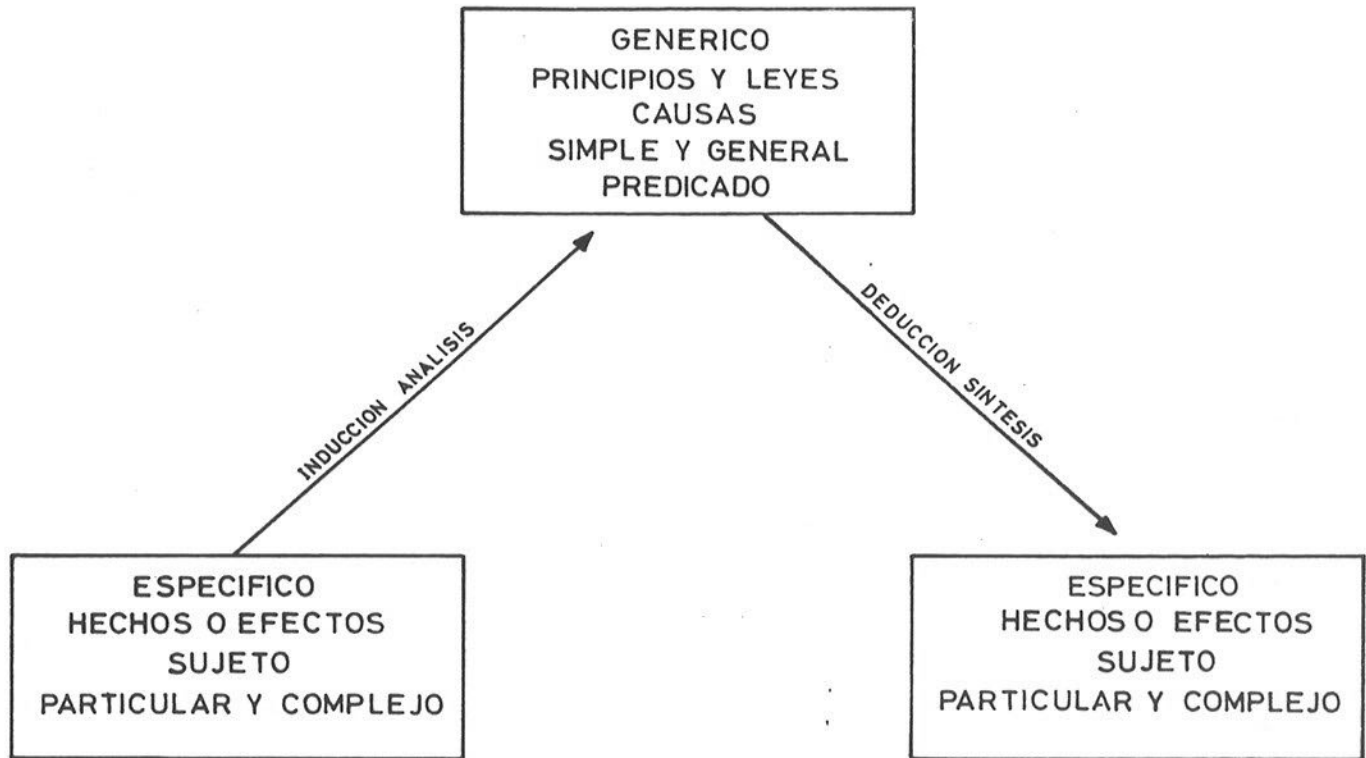


Figura IV-7. *Escala de Bacon, según Meringo (1952).*

con posterioridad, refuta inmediatamente la conclusión (Stebbing, 1965).

Todas las ciencias, excepto las matemáticas y la lógica son empíricas; se basan, por lo tanto, en la observación, el experimento y las generalizaciones hechas a partir de la experiencia (Stebbing, 1965).

Las ciencias de la naturaleza usan seres reales y concretos y no seres ideales como las matemáticas. Debido a que utilizan el método inductivo, las ciencias de la naturaleza, no tienen carácter de certidumbre. Por eso las generalizaciones que se hacen en el método científico se logran mediante probabilidades. De allí el carácter estadístico de las demostraciones, basadas en la teoría de las probabilidades, lo cual es consecuencia del método inductivo que utilizan. Un ejemplo basta para aclarar esta idea. Si se demuestra que el oro, la plata, el hierro y el estaño son dúctiles, se puede concluir que los metales son dúctiles; pero esta conclusión es válida solamente en términos de probabilidades y no tiene validez absoluta y universal, ya que no todos los casos particulares han sido estudiados. La deducción que se haga desde un principio, demostrada en términos de probabilidades, sólo tiene validez en la medida que también se la interprete en términos de las probabilidades. Se podría concluir por ejemplo, que si los metales son dúctiles, el cobre que es metal, probablemente, es también dúctil (Meringo, 1952). La teoría de

las probabilidades se aplica en el diagnóstico, por cuanto en clínica el resultado final es raramente absoluto. Es sólo una probabilidad de certeza en la cual se presentan posibilidades que ofrecen mayor o menor grado de corrección (Ledley y Lusted, 1959).

Las ciencias matemáticas, por el hecho de ser deductivas, racionales y sintéticas no requieren de la estadística en sus demostraciones. En matemáticas, se principia por definir la noción ideal u objeto, y en virtud de principios evidentes llamados axiomas y postulados, se deducen racionalmente de estas definiciones las propiedades, consecuencias y leyes que encierran. El conjunto de estos procedimientos constituye la demostración, término último de las ciencias matemáticas (Meringo, 1952).

El método científico en las ciencias naturales se basa en la observación, la hipótesis y la experimentación. El método en las ciencias naturales es netamente experimental, fundado en hechos comprobados por la experiencia. La inducción, en la forma practicada en ciencias naturales, es el conjunto de procedimientos racionales que, por medio de hechos particulares, permite establecer leyes generales (Meringo, 1952).

Consta de tres etapas fundamentales: observación, hipótesis y experimentación. La observación corresponde a lo que en el presente capítulo se ha denominado examen o anamnesis. La observa-

ción se hace por medio de los sentidos de seres sanos, normales y frecuentemente adiestrados, aunque puede hacerse también con la ayuda de instrumentos. El observador debe ser paciente, imparcial y sagaz.

La hipótesis es una inducción anticipada, pues corresponde a una ley o explicación provisoria que se utiliza para interpretar fenómenos de la naturaleza hasta que sea demostrada y se transforme en ley o se rechaza; es de innegable valor en la dirección de la investigación. Una hipótesis es una proposición sugerida por la evidencia disponible para establecer una conclusión, pero es insuficiente para demostrar la conclusión (Stebbing, 1965).

La sola experimentación o repetición de observaciones no tiene valor, a no ser que vaya seguida de explicaciones provisorias o hipótesis. El empirismo vale cuando se le conjuga con las explicaciones provisorias, como un procedimiento que tienda a dirigir la búsqueda de la ley. Las ciencias avanzan solamente por las ideas nuevas, siempre que ellas sean debidamente comprobadas o rechazadas con posterioridad, a través del proceso de experimentación.

La hipótesis debe cumplir ciertos requisitos para que pueda llegar a ser validada y se transforme en ley. Debe explicar todos los fenómenos que describe y predecir otros nuevos, sin contradecir ninguno de los fenómenos ciertos ya comprobados, además de ser sencilla y de aplicación general. La teoría es la hipótesis debidamente demostrada, pero no íntegramente comprobada. Debidamente comprobada, cuando presumiblemente ya no existen probabilidades de error, la teoría se transforma en principio y, luego, en ley.

La utilización de la hipótesis en el método científico empleado en la solución de problemas empíricos, consta de cuatro etapas. En la primera de ellas se examina la situación de algo que merece una explicación y es, por lo tanto, la anamnesis. En la segunda, se formula la hipótesis. Luego se deduce la hipótesis explicando lo que ocurriría si ella fuera verídica. La cuarta y última etapa es la de demostración o verificación de la hipótesis. En esta etapa sólo se demuestra que existe la relación causal, pero no que la proposición es verdadera.

La experimentación es una observación provocada a voluntad del investigador, en la cual él mismo suscita, varía o elimina el fenómeno que la hipótesis considera como causa, para comprobar si el fenómeno considerado como efecto se suscita, varía o cesa a consecuencia de ello (Meringo, 1952). La causalidad contiene tres elementos: una explicación de circunstancias pasadas o causalidad a posteriori, una predicción de sucesos futuros o causalidad a priori y una explicación teleológica. En los dos primeros elementos se trata de explicar cómo opera la relación de causa-efecto, en cambio, en el tercer elemento se trata de explicar evoluti-

vamente el por qué existe la relación causativa (Mayr, 1961).

Las relaciones de causa-efecto, según Grant (1963) pueden ser de cuatro tipos: causa simple produce un efecto simple; causa simple produce un efecto múltiple; causa múltiple produce un efecto múltiple; causas múltiples que interactúan producen un efecto simple o viceversa, y causas circulares múltiples producen un efecto simple o viceversa (Figura IV-8). Las explicaciones causales de los seres vivos, sin embargo, no pueden llevarse a cabo sólo en términos de fenómenos físicos y químicos (Mayr, 1961).

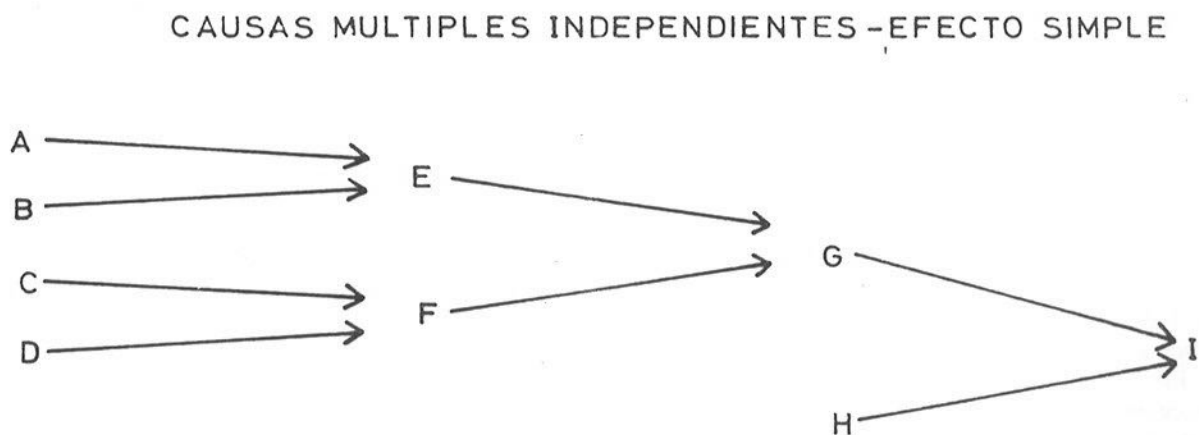
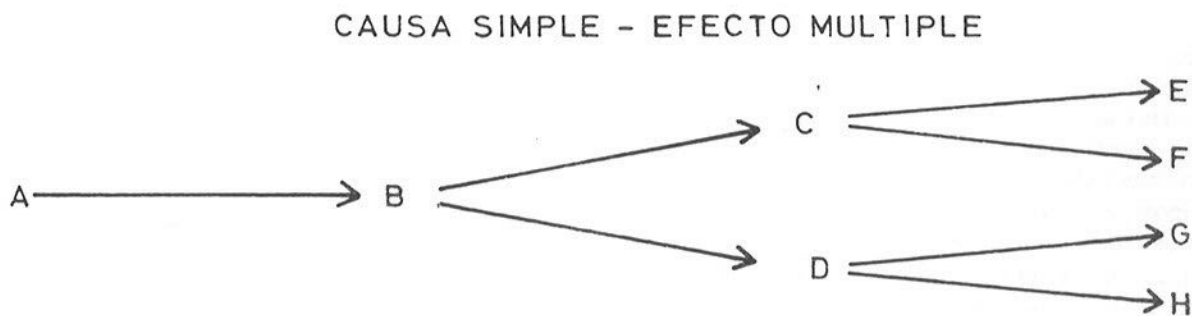
Debe distinguirse entre los fenómenos que están accidentalmente conectados y aquellos que tienen conexiones regulares. A los fenómenos del primer tipo se les denomina multiformidades y a los del segundo tipo uniformidades. Las conexiones regulares pueden tener características de coexistencia, o bien, en conexiones de fenómenos sucesivos se evidencian relaciones de causa a efecto, denominadas conexiones causales (Stebbing, 1965).

En el ecosistema es difícil encontrar tipos simples de relaciones de causa-efecto. Podría afirmarse que se trata, en general, de causas complejas que producen efectos complejos. Cuando el análisis se hace de una manera simplista, alterándose un factor, sólo se tiene una información parcial y errática. La falta de repetibilidad de las relaciones de causa-efecto se compensan con el error experimental, donde se incluye todas las diferencias no explicadas.

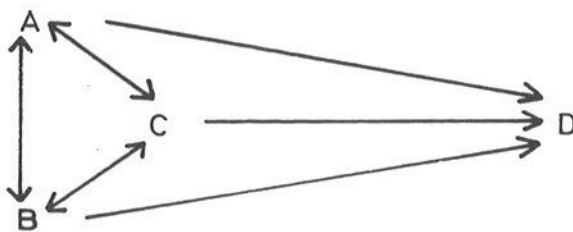
La resolución de los problemas silvoagropeduarios se ha hecho, fundamentalmente, mediante una dialéctica empirista. Es posible que una de las dificultades que se presentan se deba al pretender encontrar soluciones siguiendo la misma metodología con la que se obtuvo éxito en el pasado, pero que en la actualidad no demuestra una alta capacidad resolutoria de los problemas presentes. Quizá se trata de un problema básico, en el cual no se ha aplicado la dialéctica más adecuada.

Dialéctica ha sido definida como una serie ordenada de verdades o teoremas que se desarrolla en la ciencia o en la sucesión encadenada de los hechos. La agrupación social del ser humano en pueblos y villorrios y las necesidades de alimento, vestuario y habitación motivó al hombre hacia un mayor conocimiento de la materia, conocimiento que le permitiría manejarla mejor y ponerla a su servicio. En agricultura se logró un alto grado de desarrollo empleando una dialéctica empirista, que establece que la observación sensible es la fuente primordial y juez último del conocimiento y que no es más que un autoengaño creer que la mente humana tiene acceso directo a otra clase de verdad diferente de las diversas relaciones lógicas (Reichenbach, 1973).

El origen de la ciencia es la generalización. La dialéctica empirista de la investigación silvoagro-



CAUSAS MULTIPLES INDEPENDIENTE - EFECTO SIMPLE



RELACIONES CIRCULARES DE CAUSA - EFECTO

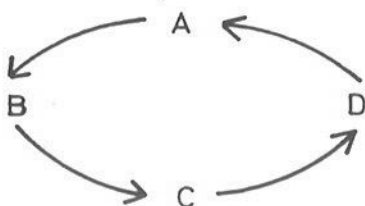


Figura IV-8. Tipos de relación causa-efecto. (1) Causa simple y efecto simple; (2) Causa simple y efecto múltiple; (3) Causa múltiple y efecto simple; (4) Causas múltiples interactuando y efecto simple, y (5) Relaciones circulares de causa-efecto (Grant, 1963).

pecuaria ha logrado, a través de la repetición provocada de la observación en la experimentación, establecer algunos principios generales que permiten, por analogía, predecir, en situaciones análogas, las relaciones de causa y efecto. La investigación silvoagropecuaria se ha hecho en estaciones experimentales representativas de zonas climáticas y edáficas, con lo cual se han logrado resultados aplicables a situaciones análogas, aunque no idénticas. Las discrepancias en los resultados se han atribuido al error experimental el cual, en algunos casos, puede ser elevado. Su capacidad de predicción se limita sólo a situaciones análogas y no permite interpolar ni extrapolar resultados. A veces se logra separar las relaciones causativas pertinentes de las impertinentes, lo cual es el origen de la ciencia y del conocimiento general.

Sin tratar de restarle méritos a esta dialéctica ni dejar de reconocer los logros derivados de ella en el progreso de las ciencias silvoagropecuarias, el grado de desarrollo general de las ciencias hace vislumbrar las ventajas de aplicar una dialéctica más racionalista. La escuela racionalista establece que la mente humana adquiere el conocimiento por medio de una facultad particular llamada razón, intuición o visión de ideas. El racionalismo suministra al hombre una clase de conocimiento que es inaccesible a la observación y experimentación con que se construyen las ciencias (Reichenbach, 1973).

No debe pretenderse, en ciencias silvoagropecuarias, ser exclusivamente racionalista. La enunciación de los principios, postulados y ecuaciones generales sólo pueden establecerse si se dispone de una fuente de información empírica que permita afirmar, aunque sea en forma de inducción por enumeración simple, donde los casos estudiados son sólo una muestra de la población y la validez de los resultados está sujeta a las probabilidades. Pueden establecerse generalizaciones perniciosas donde, con el fin de elaborar leyes universales se utilicen analogías superficiales, que no estén debidamente comprobadas.

Cada día se hace más obvia la necesidad de emplear una dialéctica empírico-racionalista conducente a resolver los problemas de la naturaleza, donde se conjugue la observación y experimentación como procedimiento de obtención de la información, y el raciocinio como procedimiento de interpretación de las relaciones pertinentes e impertinentes en los fenómenos observados.

El empleo del enorme acopio de resultados experimentales constituye una fuente para obtener la información básica de partida en la búsqueda de nuevas verdades. En este proceso es necesario utilizar un lenguaje preciso, tal como el que ofrecen las matemáticas, ya que el peligro de un lenguaje vago es dar origen a ideas falsas (Reichenbach, 1973).

Es posible construir modelos silvoagropecuarios, simples o complejos, que permitan explicar con mayor precisión las relaciones de causa y efecto. Estos modelos, sin embargo, requieren, a menudo, de un grado de preparación mayor y de conocimientos y resultados tan completos, que a veces son difíciles de construir. Presentan, en cambio, la ventaja que puede incorporarse información y ecuaciones de validez universal, calculadas en otras regiones del globo.

Los modelos, sin embargo, son sólo una técnica empleada en la clínica de ecosistemas y, como tal, incompletos para resolver los problemas silvoagropecuarios. Pretender que la construcción masiva y atolondrada de modelos simulados resuelven de inmediato los problemas que se presentan en la producción silvoagropecuaria, es sólo una quimera. Su empleo, sin embargo, dentro de la metodología clínica general para resolver, explicar o demostrar algunos procesos clínicos particulares o generales, especialmente en el diagnóstico y tratamiento, puede ser una herramienta valiosa en el estudio de ecosistemas defectuosos o enfermos.

No es el objetivo del presente trabajo analizar en detalle los fundamentos y técnicas empleadas en el desarrollo de modelos simulados, para lo cual puede consultarse la abundante literatura que existe al respecto (Van Dyne, 1970; Arcus, 1963; de Wit, Brouwer y de Vries, 1970; de Wit, 1970; Van Horn, 1971; Barea, 1963; Watt, 1969; Berman, 1963; Coombs, Raiffa y Thrall, 1954; Smith y Williams, 1973; Eberhardt, 1965; Garfinkel, MacArthur y Sack, 1964; Garfinkel y Sack, 1964; Sear, 1963; Lucas, 1960 y 1964; Spedding, 1971 y muchos otros. En el capítulo de funcionamiento se presenta una discusión más detallada sobre el tema.

A manera de ejemplo puede citarse el esquema presentado por Ollagnier y Prevot, 1967, para la palma aceitera. En él se establecen las relaciones generales calculadas entre los componentes de la producción y los factores ecológicos, entre los cuales se incluye separadamente al potasio. El esquema presentado en la Figura IV-9, además de estar construido siguiendo un esquema lógico, tiene la ventaja que presenta gráficamente las relaciones entre los factores más importantes reguladores de la productividad.

La interpretación del comportamiento del sistema al hacer su diagnóstico reviste dificultades mayores, si se considera la naturaleza de las causas. Mayr, 1961, clasifica las causas en próximas o inmediatas y últimas o mediatas. La causa próxima es la aparente del fenómeno pues, a menudo, es sólo un signo que se emplea como síntoma de un factor responsable de un efecto. La causa última, sin embargo, puede ser diferente; de allí, en parte, las dificultades de hacer un diagnóstico acertado.

El científico no está interesado en afirmaciones singulares, sino en la medida que ellas puedan transformarse en generales; pero tiene también interés en

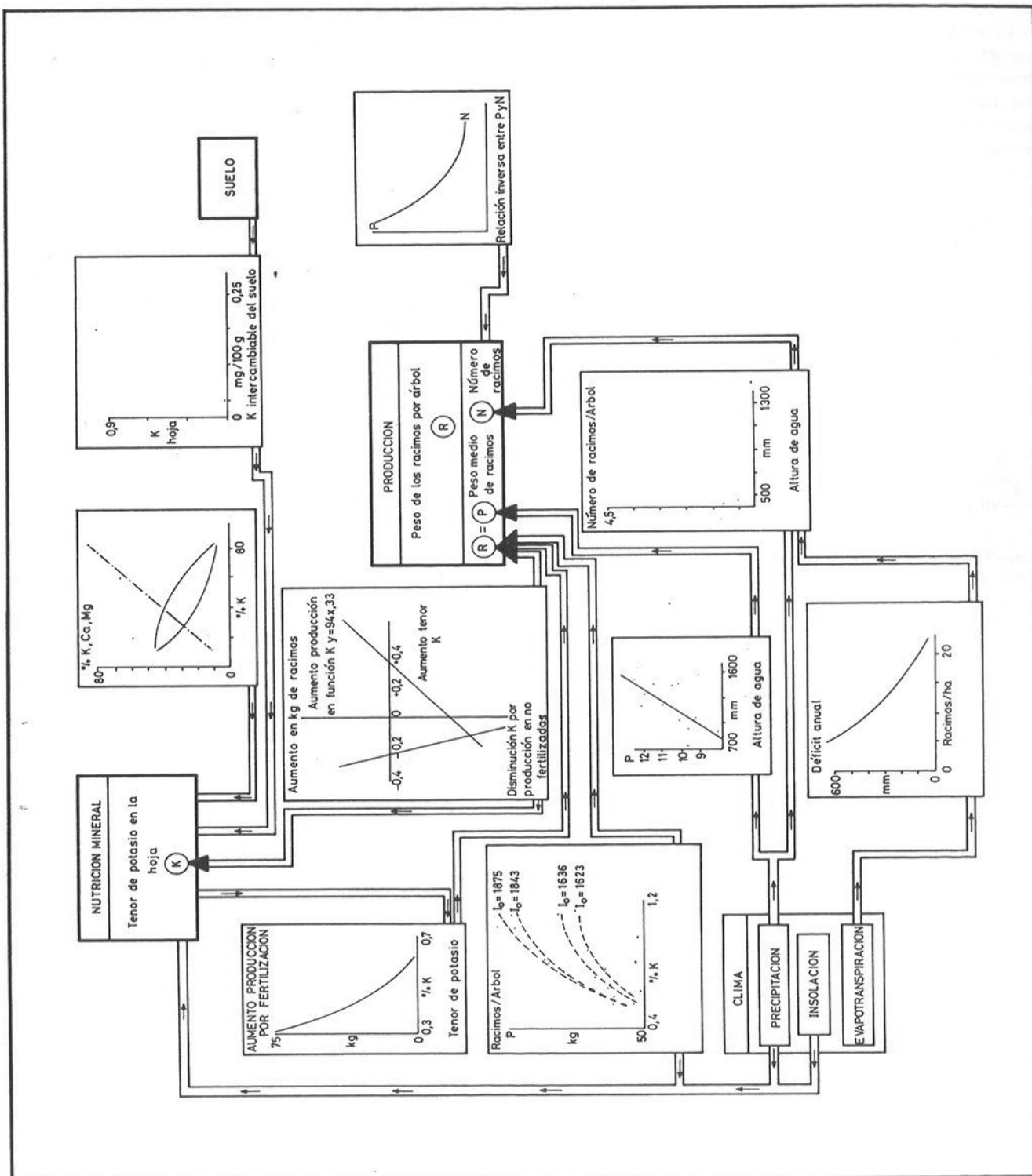


Figura IV-9. Esquema de las relaciones más importantes encontradas en la producción de la palma aceitera en relación a los factores ecológicos y a la nutrición del potasio (Ollangier y Prevot, 1967).

conocer lo opuesto, la aplicación de afirmaciones generales a casos particulares. El método científico contempla el empleo simultáneo de ambos procesos, de acuerdo a la escala de Bacon, que corresponde al proceso completo.

La investigación fundamental que se hace en las naciones más desarrolladas tiende a enfatizar en la transformación de afirmaciones singulares en generales, con el objeto de establecer principios y leyes ecológicas. Las naciones en desarrollo deben enfatizar el proceso opuesto de transformación de afirmaciones generales en afirmaciones particulares. Ello no es otra cosa que la aplicación de principios y leyes ecológicas conocidas y demostradas a casos particulares, donde se desea resolver alguna incógnita.

La explicación anterior puede ser más clara si se ilustra con algún ejemplo. Al científico no le interesa conocer afirmaciones singulares tales como «esta planta tiene nanismo» o «este animal está malformado». Se interesa cuando estas afirmaciones singulares puedan conducir a la búsqueda de afirmaciones generales, se interesa por conocer las relaciones causales del nanismo o malformación para llegar a establecer una afirmación general que indique los hechos donde ocurran las circunstancias especiales presentadas en la afirmación singular, con el propósito de establecer las relaciones pertinentes de causa-efecto.

El científico, especialmente el clínico del sistema silvoagropecuario, tiene también interés en conocer la relación que existe entre afirmaciones generales y casos particulares. En el diagnóstico del sistema se emplea la información acumulada, ordenada en leyes y principios ya calculados y establecidos para cualquier región del mundo y bajo las circunstancias más diversas. El estudio simultáneo de diversas afirmaciones singulares, relacionadas con temas análogos, puede concluir en el enunciado de afirmaciones generales.

Puesto que las ciencias silvoagropecuarias son de naturaleza analítica, utilizan principalmente el método inductivo. La experimentación y el empirismo resultan fundamentales en su progreso; pero no basta con hacer experimentación para lograr un avance en las ciencias del agro, es necesario que la experimentación se realice siguiendo un objetivo, el cual debe ser la resolución de la hipótesis que se estudie. La experimentación desordenada, que consista en repetir un cierto número de veces el mismo experimento, pero sin que persiga comprobar o rechazar alguna hipótesis, no tiene valor y no significa progreso alguno. La experimentación es una herramienta valiosa en la elaboración del diagnóstico, en el refinamiento y mejoramiento de él.

La investigación científica, la experimentación y el estudio de casos y pacientes ecológicos, ha permitido acumular resultados que correlacionan complejos de síntomas y complejos de enferme-

dades. Cualquier estudio clínico de una zona debe contener la elaboración de una hipótesis; si se trata de algún modelo de ecosistema que se repita en una zona muy amplia, y si se supone que el ecosistema enfermo tiene una exportación o productividad muy inferior a lo que debería esperarse, puede ser justificable realizar experimentación que conduzca a la comprobación de la hipótesis. Este es, precisamente, uno de los objetivos principales de las estaciones experimentales silvoagropecuarias.

La experimentación no tiene sentido si no está bien planificada y si no se realiza con seriedad; es una de las herramientas más formidables en el desarrollo agrícola acelerado de muchas naciones durante las últimas décadas. Las naciones en vías de desarrollo tienen aquí una herramienta poderosa para mejorar la utilización de sus recursos silvoagropecuarios, siempre que se emplee con acierto.

La observación sagaz, acertada e imparcial del agro, el examen minucioso de los signos que puedan constituir síntomas de enfermedad ecológica del sistema, y la elaboración de un diagnóstico ecosistémico que establezca hipotéticamente la relación de causa-efecto, son fundamentales en la primera etapa del estudio clínico del paciente. La comprobación del diagnóstico debe preceder a la extensión o recomendación masiva de tratamientos para mejorar la agricultura. La comprobación del diagnóstico debe ser esencialmente empírica y se practica corrientemente por medio de la experimentación. Otras técnicas o procedimientos pueden ayudar en la elaboración del diagnóstico, en su comprobación simulada y en su optimización, pero no pueden ir solos. En los estudios del agro se debe siempre concluir en la comprobación experimental del diagnóstico provisto o hipótesis temporal.

Es difícil, sin embargo, examinar con precisión al paciente ecológico, indicando los parámetros que deben ser estudiados en detalle. En biología existen varias razones o explicaciones de la indeterminación causativa. Mayr, 1961, indica que son cuatro: las características del azar del suceso en relación a su significación; las entidades de niveles superiores son únicas en la integración biológica; la extrema complejidad del sistema biológico debido a los efectos residuales, mecanismos homeostáticos y multiplicidad de cauces y posibilidades que hace que una descripción completa sea imposible, y, finalmente, la emergencia de nuevas cualidades en los niveles superiores de integración. Estas cuatro causas de indeterminación, consideradas individualmente y combinadas, reducen la precisión y la predictabilidad de los ecosistemas.

De manera específica, los modelos simulados han alcanzado gran prestigio y desarrollo durante los últimos años y se pretende que lleguen a ser la panacea en un futuro muy próximo. Los modelos tratan de simular con números los procesos

que ocurren en el sistema. La simulación misma permite corregir los valores calculados hasta alcanzar resultados similares a los que se presume ajustados a la realidad o que no contradigan a la lógica o a los valores registrados en sistemas análogos. Luego de simulado en su estado natural se le optimiza, utilizando técnicas de programación lineal o alguna otra. Finalmente, debe procederse a su comprobación experimental, lo cual equivale a la aplicación del tratamiento en la forma calculada en el diagnóstico del modelo y de su optimización, a través de la simulación hasta alcanzar el grado de funcionamiento adecuado o deseado. De ello se desprende que el desarrollo de modelos es sólo uno de los procedimientos susceptibles de ser empleados en la elaboración de diagnósticos. El modelo original examinado cumple la condición:

$$E \rightarrow (G \rightarrow f)$$

Luego de aplicado el tratamiento, su condición debe ser:

$$E \rightarrow (\bar{f} \rightarrow \bar{G})$$

Se deben buscar otros criterios con los cuales controlar el razonamiento inductivo, los cuales son diferentes de los criterios que proporcionan las reglas del razonamiento deductivo. Es más difícil descubrir estos criterios, hacerlos explícitos y formular reglas que en el caso de la deducción (Stebbing, 1965). Según Mill existen cinco métodos experimentales fundamentales. Dada la importancia del tema en relación a la metodología clínica y al papel que juegan en la verificación del diagnóstico, se indican a continuación en la forma descrita por Meringo (1952) y Stebbings, (1965):

Método de la concordancia: Si dos o más casos del fenómeno observado tienen sólo una circunstancia en común, esta circunstancia única en la cual concuerdan, es la causa o el efecto del fenómeno dado.

En forma esquemática se puede presentar el siguiente ejemplo:

$$\begin{array}{cc} ABC & ADE \\ abc & ade \end{array}$$

Si se desea averiguar el efecto de la causa A, se presume que éste no puede ser b o c porque sólo figuran en un grupo, ni d o e sólo figuran en el otro; debe ser, por lo tanto a.

Así por ejemplo, puede establecerse que todos los ecosistemas de una zona cuyas biocenosis presentan una alta productividad recibieron aplicaciones de nitrógeno. De ello se concluye que el nitrógeno está causalmente conectado con la alta productividad. Sin embargo, como a menudo se presentan simultáneamente dos o más

circunstancias en común, es muy difícil aislar a cada una de ellas para determinar realmente cuál es la causa.

Método de la diferencia: Si en un caso el fenómeno estudiado se presenta y en otro en el cual no se presenta, pero ambos tienen todas sus circunstancias comunes, excepto una: que sólo se presenta en el primer caso, esta única circunstancia es el efecto o la causa o una parte de la causa del fenómeno.

En forma esquemática se explica de la siguiente forma:

$$\begin{array}{cc} ABCDE & BCDE \\ abcde & bcde \end{array}$$

La circunstancia no común es A, la cual debe ser considerada como la causa o el efecto de a o viceversa. Este método se utiliza de preferencia en la experimentación con parcelas experimentales, donde se mantienen todas las circunstancias en común, excepto una, la cual corresponde al tratamiento que se está estudiando.

Método conjunto de concordancia y diferencia. Si un conjunto de casos del fenómeno a tienen sólo un factor en común, A mientras que varios casos en que el fenómeno a no se produce y tienen distribuidos entre ellos los otros factores que estaban presentes con el fenómeno excepto A, entonces A probablemente está conectado en forma causal con a.

$$\begin{array}{cc} \text{Casos positivos} & ABCDE & ABCFG \\ & abcde & abcfg \end{array}$$

En todos los casos positivos el fenómeno a está presente cuando ocurren varias circunstancias en común, A B C deben aislarse para descubrir cuál de ellas es realmente el factor. Esto se determina con los casos negativos.

$$\begin{array}{cc} \text{Casos negativos} & BDE & CDG \\ & bde & cdg \end{array}$$

Del estudio conjunto de los casos positivos y negativos, se desprende que sólo donde ocurre el factor A se presenta el fenómeno a. Es similar al anterior en los casos positivos, es decir, cuando el fenómeno B está presente junto al factor común A. Luego deben buscarse los casos en que el fenómeno y el factor están ausentes. Estos son los casos negativos.

Continuando con el ejemplo anterior de la aplicación de nitrógeno y altos rendimientos del cultivo, en los casos positivos se deben determinar otras circunstancias en común, pero que generalmente no tienen relaciones causales. Por ejemplo, junto con nitrógeno se puede haber agregado sodio en algunos casos, fósforo en otros, empleado variedades híbridas en otros, o bien haber preparado mejor el suelo. Debe indagarse, entre los cultivos que no presentan altos ren-

dimientos, los casos negativos, si han recibido sodio, fósforo, usado variedades híbridas o si el suelo fue mejor preparado. De ser así puede concluirse que estos factores no son responsables del efecto o fenómeno. Son, por lo tanto, factores impertinentes.

Método de las variaciones concomitantes: Si un fenómeno varía de cierto modo cada vez que otro fenómeno varía del mismo modo, se puede considerar como una causa o un efecto de este fenómeno o que está ligado con él por algún hecho de causación.

A B C	A' B C	A'' B C
a b c	a' b c	a'' b c

Estando A en una cierta relación en el primer grupo con a, y se determina que al aumentar a A' y A'' el consecuente sufre correlativamente una modificación desde a hasta a' y a''.

Ejemplos de ello son la aplicación de densidades variables de siembra de un cultivo, en relación a la variación de la productividad individual y poblacional de la fitocenosis.

Método de los residuos: Si se excluye de un fenómeno la parte conocida por inducciones anteriores, como una causa de ciertos efectos, el residuo es la causa del fenómeno.

A B	A B C
a b	a b c

Si se sabe por experiencias que los antecedentes a y b son el producto de A y B, se puede concluir, al eliminarlos, que el consecuente c es causado por C.

La metodología que se siguió en el descubrimiento del planeta Neptuno por Leverrier, es un ejemplo clásico de este método, cuando se comprobó que la órbita del planeta Urano no correspondía con la órbita natural, de acuerdo a los cálculos del astrónomo. Esta diferencia o residuo hizo suponer al astrónomo que existía en tal posición otro planeta, que de acuerdo a la ley de Newton influía en Urano. Como no disponía de un telescopio poderoso comunicó sus cálculos al astrónomo Galle, de Berlín, quien localizó al planeta a sólo un grado de diferencia de la posición calculada (Meringo, 1952).

Los métodos experimentales de Mill se basan en dos principios fundamentales: nada que esté ausente cuando el efecto se presenta es la causa del efecto, y nada que esté presente cuando el efecto deja de producirse, es la causa del efecto (Stebbing, 1965). Watt (1973), sin embargo, considera que existen cuatro métodos para realizar investigación: el método clásico o de inferencia, el método de las variaciones deductivas utilizado en matemáticas, simulación computarizada aplicada a situaciones particulares, y el método comparativo de Darwin. Todos ellos están contenidos en los fundamentos de lógica aplicados en ciencias naturales y en matemáticas, ya

descritos en este trabajo, pero siguiendo un orden diferente. La simulación computarizada y el método comparativo a que se hace referencia, son sólo situaciones particulares contenidas en los dos primeros. Son procedimientos dentro de los métodos inductivos y deductivo.

El diagnóstico de la enfermedad de un ecosistema o de un grupo de ecosistemas equivalentes, cualquiera que sea el procedimiento que se siga, no pasa de ser una hipótesis que debe ser confirmada para que cobre todo su valor y se transforme entonces de inducción provisoria en inducción científica, cambiándose la hipótesis en tesis, o sea, en verdad científica. Cualquier diagnóstico que se elabore para interpretar algún fenómeno de los recursos naturales no pasa de ser una hipótesis, cualquiera que sea el procedimiento que se haya seguido. La comprobación de la hipótesis debe hacerse empíricamente, para que tenga todo su valor.

La clasificación, en ciencias naturales, puede ser natural, si se basa en los caracteres esenciales de los seres, estableciendo así las relaciones de parentesco existentes entre ellos. Si la clasificación se hace tomando en consideración caracteres accesorios o secundarios de los seres que se ordenan, se denomina artificial. En la clasificación empírica los seres se clasifican tomando en consideración propiedades extrañas a su naturaleza.

La clasificación natural puede contribuir al desarrollo de la ciencia, pues ordena y agrupa a los seres que presentan características similares. Permite operar en forma deductiva en la búsqueda de seres ausentes a la clasificación y establecer generalizaciones válidas dentro de los límites de las probabilidades, para otros seres no conocidos. El ejemplo clásico de la utilización de la clasificación es la tabla periódica de elementos establecida en 1864 por Mendelejeff con los 63 elementos conocidos hasta la fecha, dejando desocupados 24 casilleros que deberían ser ocupados por elementos de peso atómico y otras propiedades descritas por el sabio. El tiempo ha sido testigo de cómo esos casilleros se han ido completando (Meringo, 1952).

La etapa más temprana de una ciencia consiste en distinguir las multiformidades y en reconocer en algunas multiformidades características pertinentemente conectadas de tal manera que puedan descubrirse las uniformidades de mayor generalidad y abstracción. Por lo tanto, la primera tarea del científico es la de describir y clasificar (Stebbing, 1965). El conocimiento científico no es ciencia; pero un conjunto de estos conocimientos pueden llegar a serlo, siempre que sean debidamente jerarquizados y ordenados en un sistema que los reduzca a una unidad coherente.

Uno de los temas que mayor polémica suscita es la diferencia que existe entre investigación aplicada e investigación básica. Balch, 1966, distingue tres tipos de investigación: aplicada, básica y fundamental.

La investigación aplicada es aquella cuyo objetivo es resolver problemas de importancia inmediata. La investigación básica tiene como objetivo principal la resolución de problemas específicos. Finalmente, la investigación fundamental, cuyo objetivo es establecer las relaciones y principios que regulan el funcionamiento de los organismos y del ecosistema.

La investigación fundamental debe ser realizada de preferencia por países desarrollados, pues las conclusiones que de ella se obtienen son válidas para cualquier país o situación. Los países desarrollados, que han alcanzado un alto nivel de avance agrícola, tienen algunos problemas que no pueden ser resueltos por la investigación práctica o aplicada ni por la investigación básica, debiendo por lo tanto recurrir a la investigación fundamental para resolver sus problemas.

La investigación fundamental es difícil de realizarse ya que requiere, a menudo, de equipo de laboratorio costoso y de profesionales altamente especializados. Las probabilidades de éxito son muy reducidas, por lo cual, sólo las naciones económicamente desarrolladas que necesitan de la información pueden concentrar su atención y esfuerzo en este tipo de actividades.

La diferencia fundamental entre los tipos principales de investigación no reside en el procedimiento que se utilice en la búsqueda de la respuesta a algún problema, sino que del objetivo que se persiga. La investigación fundamental en ciencias silvoagropecuarias es principalmente de naturaleza inductiva, y persigue que, a través del análisis, se lleguen a establecer principios, leyes o ecuaciones fundamentales aplicables posteriormente a la investigación o situaciones prácticas.

En la investigación fundamental se puede y debe utilizar cualquier equipo de laboratorio o de terreno, como asimismo realizarse en condiciones naturales o controladas. Su caracterización no está en la forma, sino que en el fondo u objetivo. Es el fin que se persigue lo que la define y no la técnica o procedimiento de estudio.

La investigación práctica, o aplicada, se distingue de la anterior sólo en sus objetivos. Su fin inmediato es resolver algún problema agrícola mediante la aplicación de principios y leyes conocidos. Los procedimientos por seguir corresponden principalmente a la aplicación de una metodología deductiva, pues utilizan los principios y leyes descritos o descubiertos en la investigación fundamental, los cuales son de aplicación universal y se estudia su aplicación

a circunstancias particulares. Las técnicas y los procedimientos que se sigan pueden ser de la más variada naturaleza, incluso aunque se utilice el equipo de laboratorio más elaborado y que se requiera trabajar bajo condiciones de máxima artificialización. Si el objetivo de la investigación es resolver un problema práctico, debe catalogarse como tal.

La investigación básica es un intermedio entre las dos, pues sus objetivos siguen siendo la resolución de problemas aplicados; pero se persigue una interpretación más general y básica del problema. Los países en desarrollo deben concentrar su atención en la investigación práctica y en la básica. Ella es la que produce los mayores retornos en relación a la cantidad y calidad del esfuerzo invertido y sólo bajo circunstancias muy especiales puede justificarse la realización de investigación fundamental.

A menudo se critica duramente a la investigación agrícola asignándole diversos epítetos. Se acusa a los investigadores agrícolas de estar desconectados de la realidad agrícola de la región o nación y de hacer investigación fundamental. En términos generales, las críticas que se hacen desde afuera a la investigación agrícola, sólo en algunos casos están justificadas. A menudo, sin embargo, la planificación de la investigación se hace para resolver algún problema de poca importancia en el desarrollo de la agricultura.

De manera pragmática es posible establecer índices que permitan hacer comparaciones del rendimiento de la investigación o del valor comparativo de los proyectos, para así asignarle prioridades. Arnon (1972) indica que uno de los índices que se emplea con tal propósito es el del rendimiento de Olin, que establece lo siguiente (Burgess, 1963):

$$I = \frac{\text{Valor estimativo de la investigación si ésta tiene éxito} \times \text{Estimación de probabilidades de éxito}}{\text{Costo estimado del proyecto de investigación}}$$

La elección del problema y objetivo de la investigación agrícola puede ser el resultado de un diagnóstico o hipótesis mal hecha, de lo cual deriva que la investigación que se haga no produzca resultados positivos, por muy bien ejecutada que esté. Un ejemplo, al respecto, sería la realización de estudios de mejoramiento genético del ganado como una estrategia para incrementar la productividad de la zoocenosis, en ecosistemas cuya capacidad productiva del ganado sobrepase ampliamente a la capacidad de la pradera.

La investigación agrícola bien planificada que se pretenda realizar, debe, para tener éxito, sobrepasar una serie de obstáculos, a menudo de muy difícil solución. La imposición de entregar

resultados en períodos muy cortos, la falta de personal calificado y las dificultades de transporte para viajar al terreno donde esté localizado el problema, son algunos de los obstáculos. Tanto la investigación aplicada como la fundamental, utilizan el método científico. Alcanzan sus resultados por medio de la inducción y de la deducción, en la forma presentada en la escala de Bacon. Ambos usan los dos métodos; pero la investigación fundamental es de preferencia inductiva, y la aplicada, ya sea que se trate de práctica o básica, utiliza de preferencia a la deductiva.

La demostración del diagnóstico es de mayor simpleza que su elaboración. Una de las estrategias demostrativas más socorridas es la que se produce en parcelas experimentales, utilizando los diseños estadísticos más variados y que mejor se adapten a las circunstancias. Si el diagnóstico emitido por el profesional silvoagropecuario es de los tipos que Grant (1963) denomina de causa simple, efecto simple, puede buscarse la correlación que exista entre la causa y el efecto que se desee medir. Si las causas son múltiples e independientes y se desea conocer su efecto simple, el empleo de la regresión y correlación múltiples puede ser una herramienta valiosa en la demostración de la hipótesis del diagnóstico (Cook, 1960).

El estudio de la productividad del maíz en la provincia de Santiago, realizado por Gandarillas, Acevedo y García (1969) es una prueba evidente de las ventajas que ofrece la regresión múltiple en la demostración de diagnósticos de problemas silvoagropecuarios ligados con causas múltiples. De los veintidós factores o causas que estudiaron los autores, se llegó a la conclusión de que sólo diez fueron de mayor incidencia en la productividad.

El papel que le corresponde desempeñar a la información proveniente de estudios empíricos, está ampliamente reconocido en investigaciones relacionadas con las ciencias silvoagropecuarias. De allí deriva, en parte, la importancia que se le asigna a los estudios experimentales y al desarrollo de estaciones experimentales, donde se ofrezcan las facilidades necesarias para efectuarlos.

El objetivo inmediato que se persigue en la búsqueda de resultados experimentales es obtener información que permita hacer afirmaciones singulares de los agentes causales de fenómenos de interés silvoagropecuario. El objetivo último es, sin embargo, ampliar el ámbito de aplicación de la afirmación a otras condiciones similares, siendo la etapa siguiente la transformación de la afirmación singular en general. Ello se logra repitiendo el experimento varias veces, en lugares diferentes y en años o circunstancias diferentes, pero análogas; con la cual se logra establecer varias afirmaciones singulares

que pueden eventualmente transformarse en una sola afirmación general o principio.

El problema mayor deriva de las dificultades para definir regiones homólogas o similares, donde las circunstancias son sólo parecidas, pero en ningún caso idénticas. En naciones o regiones cuyas condiciones fisiográficas y climáticas varíen abruptamente y en forma muy marcada, resulta muy difícil o imposible ubicar las estaciones experimentales en lugares representativos de áreas mayores.

Es presumir demasiado que con una sola afirmación singular pueda establecerse una afirmación general que explique cuantitativamente las relaciones causales que ocurren en una región. Ello sólo se puede lograr si se establecen relaciones causales singulares en varias localidades edáficas y climáticas que permitan, al ser consideradas en conjunto, establecer una sola afirmación general que contenga la gradiente ambiental.

Las afirmaciones generales empleadas en la formulación y derivación de hipótesis son válidas en el caso de la resolución de relaciones causales singulares contenidas en ellas. Las afirmaciones generales enunciadas en la resolución de afirmaciones singulares calculadas dentro de una gradiente, son válidas para resolver relaciones causales singulares que se presentan en cualquier punto de la gradiente ambiental.

De ahí deriva el hecho de que en lugar de establecer un solo lugar de experimentación o campo experimental en una zona que se presume homogénea sin serlo, y repetir varias veces el experimento hasta presumir que su valor sea interpretativo general, es preferible establecer estudios empíricos singulares a lo largo de la gradiente ambiental; lográndose en dicha forma, establecer afirmaciones generales que estén contenidas en hipótesis generales.

Un ejemplo puede contribuir a clarificar este aspecto de la discusión. Si se desea conocer el efecto de un fertilizante en una zona relativamente homogénea, pero con cierta gradiente precipitacional, puede elegirse un punto intermedio y allí estudiarse las relaciones causales durante varios años consecutivos. Los resultados de dicha estación experimental son sólo válidas para el lugar, los años y las condiciones donde se hizo el estudio. En cambio, si en lugar de ello, se eligen varios lugares dentro de la gradiente y se relaciona la reacción al fertilizante en función de la gradiente precipitacional y edáfica, los resultados pueden cuantitativamente ser válidos para toda la zona, en lugar de hacerse extrapolaciones no válidas, contenidas en afirmaciones generales, mediante generalizaciones perniciosas.

El desarrollo de modelos simulados en el estudio de ecosistemas es una de las formas de diagnóstico que mayor utilización ha tenido en los úl-

timos años. La simulación del modelo es un procedimiento matemático para diagnosticar y para señalar la demostración provisoria del diagnóstico, pero su validez es sólo aproximativa y simulada. En algunos casos los errores pueden ser muy grandes, de tal magnitud que no constituyan prueba alguna del diagnóstico.

En ciencias fundamentalmente empíricas, como la agricultura, la única demostración válida es la empírica. Constituye la resultante de la repetición de las causas ya modificadas para lograr un efecto, el cual sólo puede ser cuantificado de manera irrefutable a través del empirismo, practicado de acuerdo a la teoría de las probabilidades.

Zanafella y Gemesio (1969) han presentado un estudio metodológico de ataque a problemas regionales de productividad agrícola. Consideran que cualquier problema de productividad agropecuaria es el resultado de interacciones desfavorables de factores que ocurren en un ambiente determinado. Antes de intentar resolver un problema conviene estudiar los elementos y componentes que lo causan. Ello significa analizar la estructura del sistema silvoagropecuario en estudio y determinar las relaciones de funcionamiento entre ellos.

El método propuesto por los autores anteriormente citados, al cual denominan de análisis y síntesis ecológica, consta de varias etapas. Dada la importancia del tema en la forma tratada por los autores, la cual corresponde a su segunda aproximación, se presenta un resumen de las etapas más importantes que se consideran en el trabajo original.

La primera etapa se denomina corografía de la región estudiada. El objetivo de esta etapa es familiarizar al lector con la región en estudio, describiendo sucintamente sus principales características, y corresponde en realidad a la anamnesis general de la región. Se incluye la descripción de su ubicación, altitud, latitud, orografía, topografía, clima, hidrografía, riego, tenencia de la tierra, vegetación natural, elemento humano, vías de comunicación y otras características generales.

La segunda etapa es la confección del mapa de unidades agroecológicas. El propósito de esta etapa es confeccionar el mapa de unidades agroecológicas de manera tal que exprese geográficamente el contenido agronómico de una región, necesario para elegir los sectores que por su importancia justifican el estudio de los problemas de su productividad. Corresponde aproximadamente a la clasificación u ordenamiento dentro del capítulo de diagnóstico. Además de clasificar los ecosistemas en unidades similares que los autores denominan unidades agroecológicas, se hace un diagnóstico general del potencial productivo optimizado de cada unidad

con el objeto de seleccionar a aquellas que presenten mayor potencialidad. Utilizan el concepto de Papadakis (1964) en relación a tipo de tierra o lo que también se conoce como sitio o unidad de paisaje. Consideran también el concepto de unidad clima-suelo de Azzi (1947).

La tercera etapa es la determinación de la prioridad de estudio de las unidades agroecológicas. El propósito de ella es concentrar el estudio del rendimiento de una región agrícola sobre los problemas más importantes. La división de una región en sus unidades de paisaje facilita este propósito, pues establece el orden de prioridades de estudio en la región con lo cual se logra ordenar la información de la región entera.

La determinación de la prioridad sólo se puede concebir luego del diagnóstico general de la productividad de cada uno de los ecosistemas que constituyen unidades de paisaje, y de comparárselas respectivamente con su productividad optimizada, luego de eliminar las limitantes. La optimización puede ser el resultado del raciocinio elemental que haga inferir la prioridad o bien puede ser el resultado de otros procedimientos más acabados.

La cuarta etapa es el estudio de problemas de productividad mediante cultivos. El propósito de esta etapa es, una vez dividida la región en sus unidades agroecológicas, iniciar el estudio de sus problemas de productividad más trascendentes, que son los de las unidades agroecológicas más importantes.

Utiliza en el desarrollo de esta etapa los cultivos, lo que los autores denominan unidades ecoindicadoras. Corresponde a una mezcla de anamnesis, donde se analizan en detalle algunos factores examinados, con diagnóstico, donde se interpreta hipotéticamente el comportamiento de los cultivos en relación a un óptimo. En dicha etapa se utiliza intensamente la interpretación subjetiva. Finalmente, se hace una matriz ecológica que permita establecer relaciones de causa a efecto. Por el hecho de utilizar directamente al cultivo, el enfoque de esta etapa tiene algunos matices de experimentación.

La quinta etapa es la síntesis de los problemas de productividad y estructura del problema. El propósito del estudio de la productividad agrícola es, de acuerdo a los autores, hacer una síntesis interpretativa del problema general, pues al estudiar analíticamente cada uno de los factores se pierde la noción de conjunto. Algunos factores actúan directamente sobre la productividad y otros lo hacen de manera indirecta. En dicha etapa se establecen las relaciones entre los factores detectados entre sí con el rendimiento, a pesar que éste es, de por sí, algo complejo.

Es interesante resaltar la opinión de los autores, quienes señalan que, con frecuencia, los resultados logrados en un experimento no son via-

bles al nivel del cultivo por que la realidad no ha sido debidamente contemplada. Esta etapa corresponde, en parte, a diagnóstico y en parte, a determinación del tratamiento.

La sexta y última etapa consiste en el ataque del problema de productividad. Según los autores, el propósito de esta etapa es la selección de las vías más convenientes para resolver el problema de productividad de la unidad de paisaje.

En la quinta etapa se hace el diagnóstico general más acabado del problema. En la siguiente se puede, por lo tanto, elegir los caminos más convenientes, apreciar el grado de complejidad del problema y evaluar las posibilidades y factibilidad de resolución.

Desde el punto de vista de la lógica aplicada, esta etapa puede ser considerada de determinación del tratamiento, aun cuando también involucra elementos que corresponden al diagnóstico.

La metodología clínica general presentada por Zaffanella y Gemesio (1969) ofrece aspectos interesantes que deben ser conocidos en detalle por el profesional que realice estudios clínicos de ecosistemas silvoagropecuarios. A pesar de ser la segunda aproximación, presenta todavía algunas etapas y procesos que merecen ser discutidos intensamente antes de dar un juicio definitivo. Sería interesante modificar parcialmente algunos aspectos de este método incorporándole otras etapas y procedimientos correspondientes a los de la lógica básica; que aunque actualmente los contiene, siguen un ordenamiento diferente.

La metodología del diagnóstico considera tres etapas fundamentales: el ordenamiento, la elaboración del diagnóstico y la demostración. Cualquiera que sea el procedimiento que se siga debe considerar estas tres etapas.

El ordenamiento ya ha sido discutido en detalle en este capítulo. Es una etapa tan importante como las demás; pues por tratarse de un problema tan complejo, la información reunida es muy basta y variada, por lo cual debe ser clasificada, ordenada y comparada siguiendo alguna pauta. El solo ordenamiento de la información constituye una herramienta valiosa en el proceso de diagnóstico.

La elaboración del diagnóstico es una de las etapas más importantes en clínica de ecosistemas. Siendo el paciente tan complejo en su constitución, ya que está integrado por elementos bióticos y abióticos y dentro de los primeros, por vegetales y animales, los cuales pueden operar al nivel celular, histológico, orgánico, de sistemas de órganos, individual, poblacional, sinusal, comunitario o ecosistemático, las posibilidades de diagnóstico son muy elevadas. Se requiere un profesional con conocimientos generales del sistema, capaz de diagnosticar la naturaleza

general del problema, antes que se entregue el caso al especialista.

En la práctica, diagnosticar es el proceso de emitir un juicio o de ligar relaciones de causa a efecto en un ecosistema. El proceso de diagnóstico, generalmente, se hace en forma mental utilizando el conocimiento y la experiencia del profesional, quien hace el examen, clasifica y ordena la información, estudia los signos, determina los síntomas y finalmente emite un juicio sobre la naturaleza de la enfermedad.

El proceso puede también realizarse en forma matemática, utilizando calculadoras sofisticadas o computadoras que analizan la naturaleza de la causa que produce un efecto determinado. Aunque la respuesta sea calculada por una computadora, el proceso en sí no es de la naturaleza deductiva de las matemáticas. Sigue siendo un proceso empírico, resuelto por la dialéctica de quien programó la computadora. La experiencia y los resultados empíricos basados en la teoría de las probabilidades se utilizan en la programación. Si las premisas con que se alimenta a la computadora son falsas o erradas, el resultado también lo será. La respuesta que entrega la computadora se ajusta al programa que se le elabora. De allí deriva que de programas mal hechos resultan diagnósticos desacertados.

La diferencia fundamental en la forma de resolver un problema de diagnóstico no reside en la calculadora que se utilice, pues finalmente, sólo se traduce en una posible economía de tiempo y comodidad en las operaciones. La diferencia reside en la calidad del examen y en la utilización de principios supuestamente generales que se emplean al relacionarse signos, que posiblemente constituyen síntomas.

Se ha dicho que las ciencias naturales son de naturaleza inductiva y que por lo tanto, los principios que se establezcan son válidos sólo dentro de la teoría de las probabilidades. Si bien es cierto que muchos principios y leyes ecológicas fueron debidamente comprobados para que merezcan tal denominación, sus relaciones cuantitativas son frecuentemente oscuras. Además, la mayoría de las relaciones de causa-efecto no pasan de ser simples conjeturas o hipótesis que aún están lejos de ser comprobadas.

La información del status praesens del paciente ecológico constituye signos valiosos en el examen de la salud del sistema. No se puede considerar de una manera despectiva e ignorársele, especialmente al elaborarse el diagnóstico general, el cual proporciona mayores probabilidades para determinar las relaciones específicas.

Probablemente aún falta para llegar al día en que se puedan hacer diagnósticos acertados de sistemas complejos utilizando sólo relaciones cuantitativas de principios o leyes suficientemente demostrados, ignorándose los

signos indicativos del status praesens. No se trata de ser escéptico o abanderado del uso de computadoras en la elaboración de diagnósticos; se trata de considerar de una manera realista los procedimientos exitosos en ciencias silvoagropecuarias. El éxito alcanzado con los modelos simulados en las ciencias del espacio, especialmente en los vuelos espaciales, son una demostración de las diferencias fundamentales que existen entre la naturaleza o el avance de las ciencias físicas y matemáticas y la de las ciencias naturales. Las primeras son fundamentalmente deductivas y las otras, fundamentalmente inductivas. En las primeras se pueden establecer principios de validez universal, cuya demostración se hace utilizando axiomas, definiciones, postulados y teoremas, cuya validez es indiscutible. En matemáticas se principia por definir la noción ideal u objeto; y en virtud de principios evidentes llamados axiomas y postulados se deducen racionalmente las propiedades, definiciones y leyes que encierran. El conjunto de estos procedimientos constituye la demostración, término último de las ciencias matemáticas.

La demostración, en matemáticas, se hace luego de establecidas las definiciones, axiomas y postulados. Se logra, a través de una serie de etapas intermedias o ecuaciones sucesivas, que demuestran que la proposición está contenida en otra más general, que de por sí es evidente. En matemáticas, aunque se puede deducir algo falso, sólo se puede demostrar la verdad. La demostración matemática puede ser por análisis, síntesis, absurdo, indirecta y recurrencia (Meringo, 1952).

La demostración en ciencias naturales, al contrario de lo que ocurre en matemáticas, no es absoluta y sólo ocurre en términos de las probabilidades. La demostración, en ciencias naturales, es experimental. Un diagnóstico o proposición que se presume verdadera puede ser demostrada experimentalmente, pero ello ocurre sólo en término de las probabilidades. La demostración de la validez de un modelo simulado se hace por el proceso de validación, que corresponde a la comparación estadística de los valores calculados con los obtenidos experimentalmente en el sistema.

Prognosis pretratamiento

Prognosis es la predicción del curso probable de una enfermedad; significa conocer anticipadamente o predecir. Prognosis pretratamiento es la predicción que se hace del paciente ecológico, luego de conocido el diagnóstico y antes de recomendar el tratamiento.

El curso de la enfermedad del sistema y las posibilidades de recuperación se conocen a través de la historia del paciente, de la anamnesis y del diagnóstico mismo. Todo ello, tratado en conjun-

to por el profesional del agro, le permiten emitir un juicio prediciendo el futuro del sistema, al continuarse en condiciones similares de manejo.

Esta predicción, si se hace sobre bases sólidas, de un examen bien hecho y de un diagnóstico acertado, es de gran valor en la recomendación posterior del tratamiento. Resulta, sin embargo, muy difícil lograr hacer una prognosis cualitativa y cuantitativamente acertada. Las probabilidades de certeza en la prognosis dependen de la calidad del examen y del diagnóstico. Suponiéndose que el diagnóstico fuera acertado, las predicciones tienen mayor valor.

Tratamiento

Recomendación de tratamiento

Tratamiento ha sido definido como sistema o método que se emplea para curar a un enfermo. El tratamiento es la etapa que sigue a la de diagnóstico y a la prognosis pretratamiento; previo a la recomendación del tratamiento, el diagnóstico debe, en lo posible, haberse demostrado experimentalmente.

El tratamiento que se recomienda a un paciente ecológico debe ser el que corresponda para alterarlo hasta hacerlo alcanzar lo que se considere normal o sano. No existe un solo nivel de salud ecológica, sino que varios, de acuerdo al ecosistema mismo y a las condiciones generales del país o región donde se encuentre.

Gastó y Gastó (1970) consideran que cualquiera que sea el uso dado a la tierra, se deben cumplir tres requisitos: conservación del recurso natural renovable, adaptación de la fitocenosis y zoocenosis a las condiciones ambientales del recurso y hábitat, y detener un alto grado de productividad. De ello se desprende que cualquier tratamiento que no sea conservacionista, no debe ser considerado. Este aspecto de la definición no ofrece problema por cuanto los aspectos conservacionistas están bien descritos, siendo posible que los especialistas determinen cuándo existe conservación y cuándo existe destrucción del sistema.

No está claro, en la definición, qué se entiende por un alto grado de productividad, pues puede tratarse de productividad bruta o neta. Al estado le interesa, en general, la productividad bruta y a los agricultores, ganaderos y forestales les interesa la productividad neta. Debe buscarse un tratamiento que conjugue los dos, es decir, que se obtenga un alto grado de productividad bruta simultáneamente con una alta productividad neta.

La predicción de la naturaleza y volumen de la producción agrícola, basada en la jerarquía de los factores ecológicos, requiere de varias etapas (Langlet, 1971):

Inventario y estudio de las características principales del clima y terreno; examen de las aptitudes culturales de cada región donde el clima y el terreno sea suficientemente homogéneo; estimación de la producción potencial de los cultivos principales en cada región y de su utilización ecológica óptima, y estudio de algunos aspectos específicos de los sistemas de cultivo, especialmente del riego, y del comportamiento de algunos suelos aluviales.

Love y Williams (1956) concluyeron que el grado de control ambiental es mayor en los cultivos más productivos (Figura IV-10), lo cual puede interpretarse como indicativo de que el incremento de la productividad no se debe al cultivo en sí, sino que a la acción de mejores ambientes, lo cual permite la adaptación de cultivos más exigentes.

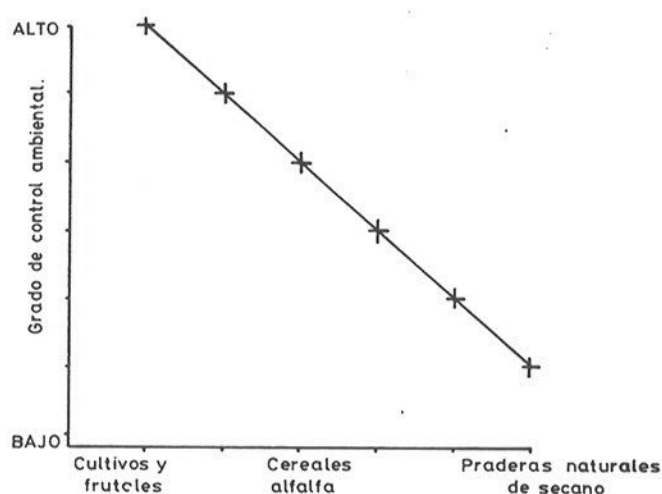


Figura IV-10. Grado de control ambiental necesario en varios cultivos para su adaptación y mantenimiento de niveles normales de productividad (Love y Williams, 1956).

Los ecosistemas antropogénicos son aquellos cuyo funcionamiento y arquitectura está regulado en forma directa o indirecta por el hombre a través de modificaciones o controles ambientales. La calidad y magnitud de estas modificaciones es lo que podría denominarse nivel tecnológico.

Los resultados del diagnóstico indican la naturaleza de los problemas que afectan al sistema, pero no establecen el tratamiento correctivo que debe aplicársele. La recomendación de tratamiento se hace considerando el nivel de productividad bruta y neta que se desee obtener; niveles que se logran luego de aplicar al sistema las transformaciones pertinentes.

El ecosistema puede ser modificado entre extremos muy amplios, pero la recomendación de

tratamiento debe ser hecha con un criterio realista en el cual se considere como soluciones generales las posibilidades de modificar el ecotopo o la biocenosis. A menudo, es preferible modificar el ecotopo, especialmente cuando se trata de factores fácilmente modificables. En lugar de cambiar el ecotopo, puede modificarse la biocenosis reemplazándosela por estructuras zoo y fitocénosis mejor adaptadas al medio abiótico.

A manera de ejemplo, puede citarse un ecosistema donde se cultiva una especie de baja tolerancia a la salinidad, en un suelo de salinidad media. La desalinización total del suelo para transformarlo en un hábitat adecuado para especies no tolerantes puede ser en exceso difícil y costosa. En ese caso, puede ser preferible, en lugar de desalinizar el suelo, reemplazar el cultivo por otro de mayor tolerancia.

Nivel tecnológico se podría definir como la magnitud de transformaciones de los factores y componentes del ecosistema aplicados con el objeto de lograr un incremento o disminución de la productividad bruta y neta o de la calidad del producto cosechado. La aplicación de un nivel tecnológico determinado demanda un esfuerzo que puede ser medido en unidades muy diversas, tales como quintales de trigo o del producto que se desee cosechar, calorías, o bien expresado en dinero. Los beneficios totales de la aplicación de un nivel tecnológico se pueden también medir en las mismas unidades que los empleados en el cálculo del esfuerzo. En términos económicos, esfuerzo significa costos, y beneficios significa producto bruto. La diferencia entre costos y la producción bruta es utilidad o producción neta (Figura IV-11).

El nivel tecnológico es difícil de medir en términos absolutos, pero por razones didácticas puede expresarse en forma de un índice. El valor 10 de este índice determina el nivel tecnológico máximo posible de alcanzar si se aplicara toda la tecnología conocida por la humanidad, en un momento determinado. En el caso de un cultivo, significaría la aplicación de la fertilización máxima requerida para que no produzca efectos negativos al cultivo; dominio total de malezas y otras plagas, mediante la aplicación de pesticidas u otros medios de control; riego óptimo; densidad óptima de siembra, de acuerdo al ambiente; métodos de cultivo y labores culturales adecuadas; variedad genética y especie mejor adaptada al ambiente óptimo, y modificación del hábitat de acuerdo a los requerimientos del cultivo. Lo opuesto es el nivel tecnológico cero o mínimo, donde no se aplica ningún control ambiental ni modificación al sistema. Bajo esas circunstancias, la productividad bruta es muy baja, comúnmente cercana a cero, pero los costos, especialmente los fijos, son frecuentemente superiores al producto bruto. La utilidad, vale decir la dife-

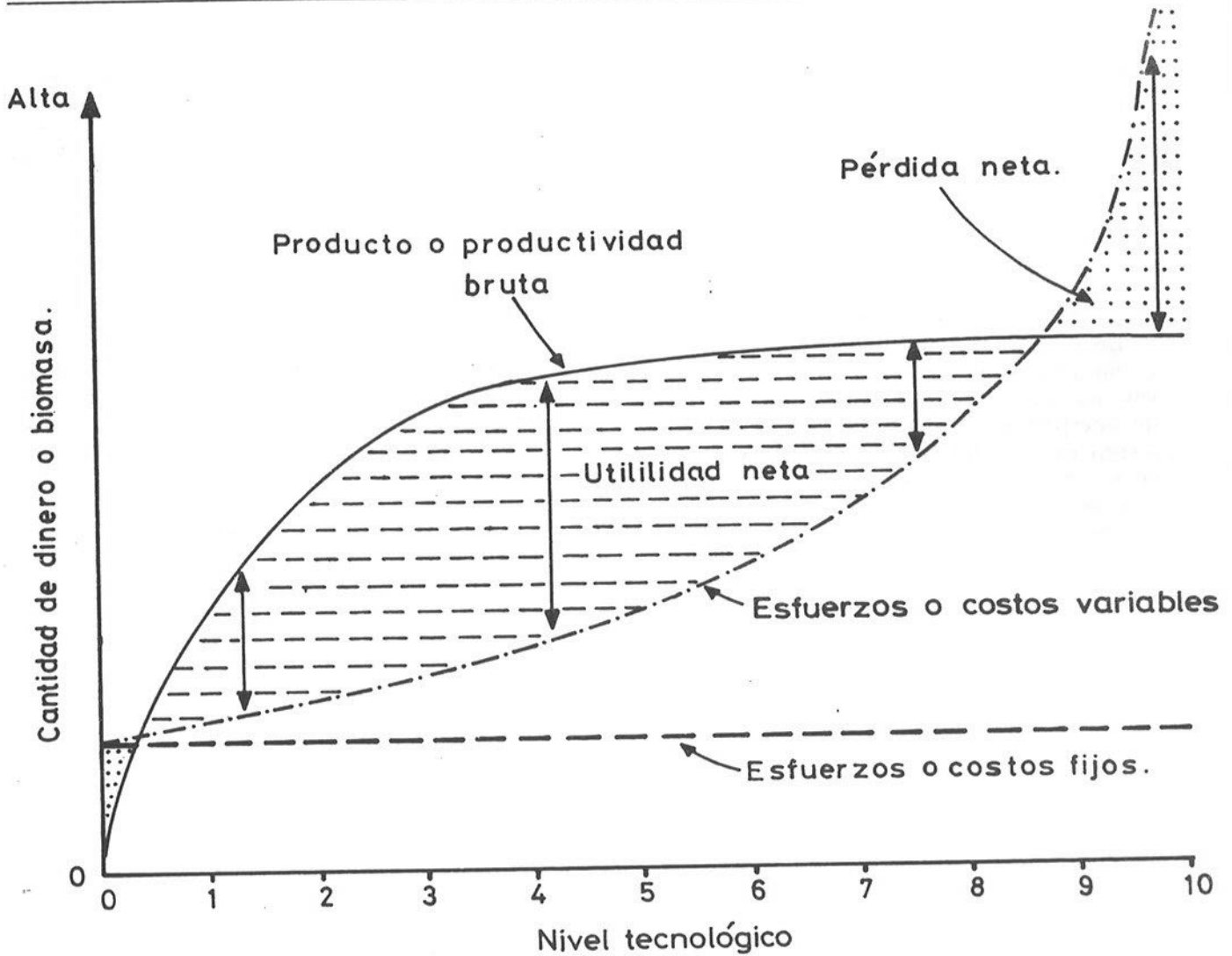


Figura IV-11. Índice del nivel tecnológico ordenado desde cero o nivel tecnológico mínimo a 10 o nivel tecnológico máximo posible de alcanzar en función de la productividad bruta y de los costos de producción.

rencia entre los costos y el producto, es negativa. A niveles tecnológicos muy altos, la utilidad es también negativa.

El nivel tecnológico de una agricultura es el resultado de dos grupos de causas diferentes. Uno de ellos está dada por las condiciones generales de la región y país donde se hace la agricultura; y siendo el otro la capacidad máxima cultural y tecnológica de la población para trabajar a un nivel más alto. Existe una relación general entre la riqueza de un país y la intensificación de la agricultura, la cual ha sido señalada según Slicher van Bath (1969) por el economista alemán Von Thuren, quien estableció que a medida que la riqueza y población de un estado aumenta, resulta económicamente más conveniente intensificar la agricultura.

El clínico que analiza un sistema sil-

voagropecuario debe considerar la factibilidad de aplicación de un tratamiento desde el punto de vista del interés nacional y regional, y desde los intereses de quienes laboran en el sistema analizado. En general, niveles tecnológicos muy bajos o muy altos producen utilidades negativas o, lo que es lo mismo a pérdidas.

Ninguna agricultura puede prosperar bajo esas circunstancias, a no ser que se le subvencione, lo cual es muy difícil que se haga en países en desarrollo. Es difícil también que se tenga éxito exigiendo un nivel tecnológico superior a agricultores y campesinos, que comprenden que la mayor tecnificación va en contra de sus propios intereses. Tecnificar, en las naciones en desarrollo, significa a menudo disminuir las utilidades hasta niveles tales que se originen pérdidas, mayor riesgo de fracaso, mayor esfuerzo y necesidades de capital. Cuando las condiciones no son

adecuadas para la tecnificación del agro, las desventajas de la tecnificación las comprenden hasta los agricultores y campesinos de menor cultura, los cuales se oponen tenazmente a ella.

Los profesionales del agro y los dirigentes de cada nación, especialmente aquellos que fomentan una mayor tecnificación agrícola deben crear las condiciones para que las utilidades sean máximas al nivel tecnológico óptimo para el interés nacional. Las naciones que así lo han comprendido y practicado han logrado desarrollar su agricultura hasta niveles que hace sólo algunos años habría sido imposible imaginar.

En naciones de economía dirigida, los precios de los insumos y de los productos agrícolas son fijados a niveles artificiales y corresponden, a menudo, a aquellos que satisfagan las ambiciones de algunos políticos que sólo persiguen alcanzar altas votaciones de las grandes masas humanas que están en las ciudades. Precios bajos a los productos agrícolas y elevados a los insumos, son medidas que elevan a corto plazo la popularidad de un gobierno, aunque a la larga terminen por destruir la agricultura de la nación.

Situaciones como las descritas en los párrafos anteriores sólo se pueden mantener si se dispone de alguna excusa o de algún sujeto a quien se pueda atribuirle la culpabilidad del problema. La resolución de los problemas de estagnación de la agricultura debe ser enfocada con criterio realista e imparcial. El diagnóstico debe buscar las causas mismas del problema y no una excusa para justificar una respuesta que ha sido solicitada.

Se ha dado como causa de los problemas de estagnación de la agricultura a la inadecuada tenencia de la tierra; y durante las últimas dos o tres décadas se ha empleado la mayor parte del esfuerzo en aplicar el tratamiento recomendable de acuerdo al diagnóstico emitido. La comprobación del diagnóstico ha demostrado que el tratamiento aplicado no ha producido los resultados que durante tantos años se preconizó. De allí se desprende que el diagnóstico estuvo mal hecho o fue incompleto, ya que la aplicación del tratamiento ha sido ejecutado por quienes han hecho el diagnóstico y se ha esperado un plazo prudente, en el cual los primeros síntomas de recuperación debieran presentarse, de acuerdo a la prognosis pretratamiento que se hiciera.

El cuadro es más complejo que el de la simple tenencia de la tierra o el de la destrucción del poder ejercido por una clase de terratenientes, lo cual constituye sólo una parte del problema global. Poco a nada se ha hecho para crear condiciones que hagan más atractivo trabajar a un nivel tecnológico más alto, y esto lo han comprendido perfectamente los grandes, pequeños y medianos agricultores y campesinos.

Se han creado condiciones que aparentemen-

te dan la sensación de favorecer a la agricultura; pero que en el fondo sólo contribuyen a mantenerla estagnada o a deteriorarla, en relación a otras actividades. Las bajas remuneraciones del trabajo agrícola es a todo nivel e incluye tanto a los que laboran directamente la tierra como a quienes contribuyen indirectamente a su producción.

Las facilidades de transporte, habitacionales, agua potable, electricidad, médicas, de mecanización, asistencia técnica, investigación agrícola, escuelas, estabilidad de trabajo y remuneraciones, son deficitarias en relación a otras actividades urbanas. Los pueblos y villorios de áreas rurales no disponen de las facilidades mínimas que la población campesina necesita para alcanzar un estándar de vida compatible con el que existe en los centros urbanos. La masa campesina no es recompensada por su trabajo en la misma proporción que en las industrias y servicios que se generan en centros urbanos. Ello no es culpa de latifundistas ni minifundistas, ni de asentamientos y ejidos. Es el resultado del abuso con que las masas urbanas mayoristas, o con mayor poder, han denominado sobre las rurales. Sólo se han tenido buenas intenciones para remediar el mal agrícola; pero muy poco positivo se ha hecho al respecto.

El problema de fondo sigue sin solución. Se debe elevar el nivel de producción agrícola. En los países que aún disponen de tierras no habilitadas, o subutilizadas, es posible recomendar como tratamiento la incorporación de nuevas tierras, de manera tal que la producción se aumente al incrementar la superficie, sin necesidad de aumentar la productividad.

Son pocas las naciones que aún disponen de superficies considerables de tierras susceptibles de ser incorporadas a la agricultura. El problema de sobreutilización de recursos naturales es a menudo más grave que el de subutilización, especialmente en naciones en desarrollo. La solución sólo puede alcanzarse a través de una mayor tecnificación.

Afanosamente se buscan cambios de estructuras como la solución de los problemas y la panacea y este modo de pensar es lo que constituye la miope psicología del subdesarrollo. Basta contemplar al mundo actual para darse cuenta de que la diferencia entre desarrollo y subdesarrollo no está básicamente en las estructuras políticas. Se llaman desarrollados aquellos países que en alguna forma han sido capaces de crear o utilizar los avances científicos y tecnológicos en beneficio de su sociedad y subdesarrollados a los restantes (Monckeberg, 1972).

Los países desarrollados poseen una agricultura más eficiente, que trabaja a niveles tecnológicos superiores a los de los subdesarrollados. Ello es posible con una masa consumidora de po-

der adquisitivo alto, en los cuales la agricultura recibe un tratamiento equitativo. Si en los países desarrollados se hubieran dado a la agricultura

el mismo trato que en los subdesarrollados, su nivel de productividad no sería superior al de estos últimos (Figura IV-12).

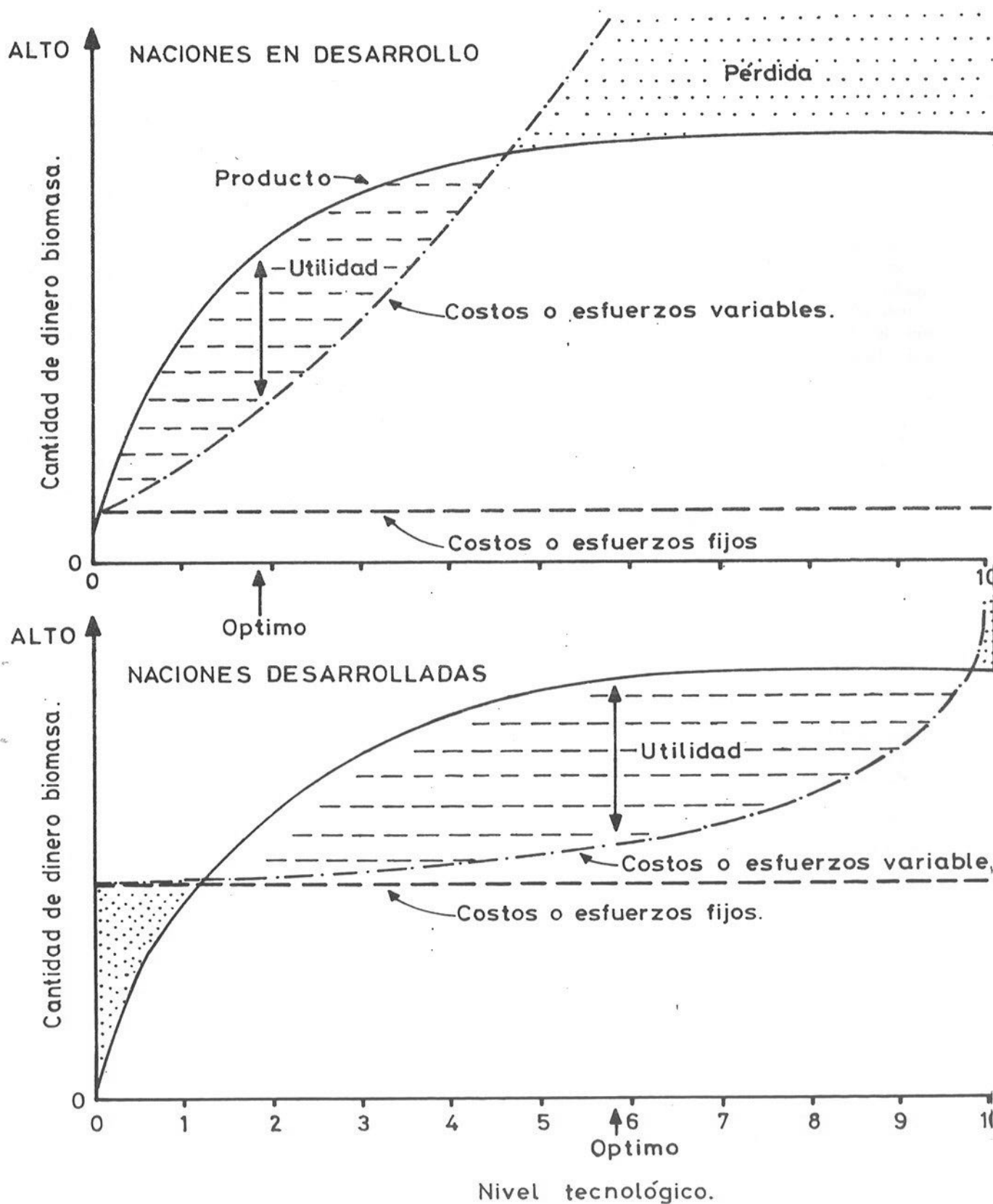


Figura IV-12. Esquema de la diferencia en nivel tecnológico donde se genera la máxima utilidad en naciones desarrolladas y naciones en desarrollo.

No basta con estimular condiciones adecuadas para alcanzar un alto grado de desarrollo tecnológico. Es necesario, también, capacitar a la población para trabajar a un nivel tecnológico superior. La introducción de nuevas prácticas desarrolladas en otras naciones o en los institutos de investigación de cada país, requiere la inversión de un esfuerzo adicional de capacitación tecnológica.

El éxito alcanzado depende del grado de preparación y educación general y especializada de quien trabaja la tierra o dirige el trabajo campesino. De allí la afirmación de Bradfield (1964) quien sostiene que las naciones más desarrolladas son, a la vez, aquellas cuya población tiene un más alto grado de educación, y las naciones subdesarrolladas son las otras. De ahí que las naciones con poblaciones de mayor educación tengan también un mayor grado de receptividad de tecnologías más avanzadas que las naciones menos desarrolladas.

Dentro de una nación en desarrollo existen personas que tienen mayor educación que otras. Esas personas son más receptivas a la comprensión y aplicación de los avances tecnológicos que las de menor educación. La Figura IV-

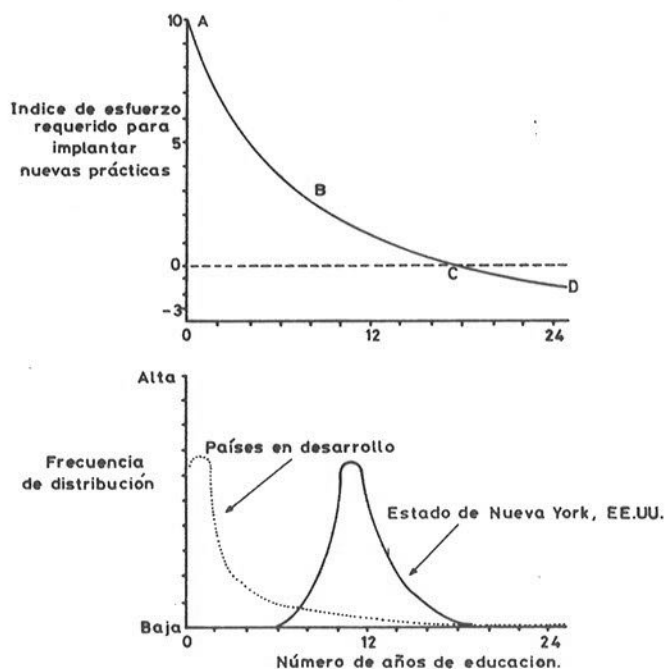


Figura IV-13. Relación hipotética de educación de los agricultores y campesinos, ajustada por iniciativa y experiencia y la cantidad de esfuerzo, en unidades arbitrarias, necesarias para la incorporación de una nueva práctica agrícola (gráfico superior). En el gráfico inferior se presenta la frecuencia de distribución de los años de educación de los agricultores y campesinos de EE.UU. basado en datos de Nueva York y la curva en un país en desarrollo, típico (Bradfield, 1964).

13 presenta la relación entre el esfuerzo requerido para implantar alguna nueva práctica tecnológica y el nivel de educación.

El esfuerzo requerido para elevar el nivel tecnológico del agro es muy alto cuando se trata de capacitar a personas de muy bajo nivel educacional, y el resultado es a menudo negativo. Lo cual no quiere decir que no deba hacerse; pero son proyectos de larga duración y que deben planificarse como tales. La entrega de las decisiones técnicas del agro a personas de baja cultura se traduce generalmente en una reducción considerable de la eficiencia y de la productividad, la que sólo se recupera una vez logrado un mayor nivel cultural, ya sea por educación de la población o por el reemplazo de directrices más capacitadas.

En la sección AB de la curva, el esfuerzo de demostración y persuasión es demasiado grande, pues corresponde a los adaptadores tardíos o lastre; desde B hasta C la labor de extensión es eficiente y desde C a D aparecen los innovadores que, a menudo, experimentan por sí mismo y se transforman en propagandistas activos de nuevas prácticas agrícolas. En esta última sección, el esfuerzo de extensión es negativo, lo cual significa que son los propios agricultores quienes se preocupan de indagar por sí mismos y de visitar las estaciones experimentales para incorporar nuevas prácticas.

La productividad agrícola es, fundamentalmente, un problema tecnológico, que tiene implicancias sociales. Por desgracia, en política, a menudo los intereses partidistas sobrepasan los intereses de las naciones y ambos se han confundido. Los problemas sociales de una pequeña proporción del país: el campesinado, deben ser resueltos con justicia a la mayor brevedad posible. La solución que se dé a los problemas sociales del campesinado no debe, sin embargo, perjudicar a la mayoría de la población urbana y rural que necesita de alimentos abundantes y a precios justos.

Los dos problemas fundamentales del agro, el tecnológico y el social deben ser resueltos a la brevedad posible, pero sin que la solución de uno perjudique a la de otro. Los problemas tecnológicos deben ser resueltos entregando el poder de decisión en el trabajo del agro a las personas más calificadas, de mayores conocimientos, de alta capacidad organizativa y de trabajo. De ello depende la eficiencia y la productividad en la agricultura, al igual que en la industria.

La capacitación tecnológica debe existir en todos los niveles de jerarquía, desde el administrador hasta el trabajador de campo. La asesoría técnica del Ministerio de Agricultura, de Universidades, de Bibliotecas, de Escuelas Rurales y de otras instituciones, son la fuente de origen de la tecnificación; pero el aprovechamiento de las enseñanzas tecnológicas no sólo depende de

la calidad docente de las instituciones de extensión, sino que de la capacidad receptiva del estudiantado, en este caso, el trabajador de campo. Más importante que la cantidad de educación, según Bradfield (1964), es la calidad de la educación.

El problema social campesino no corresponde ser tratado en el presente trabajo, pero se reconoce su importancia. Cualquiera que sea la solución que se le dé, no debe interferir con la eficiencia y la productividad agrícola, pues si así fuere, perjudicaría socialmente a las masas urbanas, que son la mayoría. Si la producción agrícola de una nación se deteriora, la nutrición de la población empeora, la capacidad intelectual de las personas disminuye como efecto de la desnutrición; y al mismo tiempo, se debe invertir dinero de la nación en la compra de alimentos de otras naciones, con lo cual, además de perjudicarse la capitalización del país, resulta cada día más difícil encontrar mercados donde se ofrezcan a la venta los alimentos que se necesitan.

Resumiendo lo ya afirmado, el tratamiento que se recomienda aplicar al paciente debe considerar, en primer lugar, las condiciones generales del país donde se desarrolla el sistema. Esto con el objeto de recomendar un nivel tecnológico compatible con la máxima productividad neta, donde se logre una productividad bruta elevada, de acuerdo a las condiciones generales de la región del país. En segundo lugar, debe tomarse en cuenta la estructura organizativa y empresarial, para aplicar el nivel tecnológico recomendado.

En un estudio realizado en la región centro-norte de Estados Unidos, se halló una amplia gama

de respuestas a las nuevas tecnologías que se trataba de implantar. Los agricultores se dividieron en los grupos indicados en la Figura IV-14. El grupo situado a la izquierda, sólo constituyó el 2,5% del total, y son los denominados innovadores. Es el grupo de agricultores de mayor cultura, que leen, viajan y observan más que los otros; se mantienen permanentemente en contacto con las estaciones experimentales y centros de investigación; son más avanzados y se arriesgan más en la adaptación de nuevas prácticas, y tienen, a la vez, mayores ingresos que el resto. El grupo siguiente denominado de adaptadores precoces, reacciona rápidamente en la adopción de nuevas prácticas, una vez que las conocen y se han cerciorado de la factibilidad de ellas. El último grupo se denomina adaptadores tardíos o lastre y son quienes ponen mayor énfasis en la magia agrícola o resultan excesivamente tradicionalistas. Aun cuando a menudo saben leer, no leen con frecuencia, ni participan en reuniones educacionales o de extensión. Se demoran diez o más años en aplicar prácticas ya difundidas en su zona. Los profesionales especializados en extensión, reconocen que aún no disponen de un sistema que sea efectivo con este grupo de agricultores (Bradfield, 1964).

Un ejemplo de desarrollo agrícola acelerado que merece ser citado es el caso de México, que en veinte años logró duplicar su producción agrícola. Las etapas emprendidas por México, al respecto, de acuerdo a la Fundación Rockefeller (1966), son las siguientes:

Primero: Iniciación de una investigación orientada hacia la producción, donde se estableció una coordinación separada para cada pro-

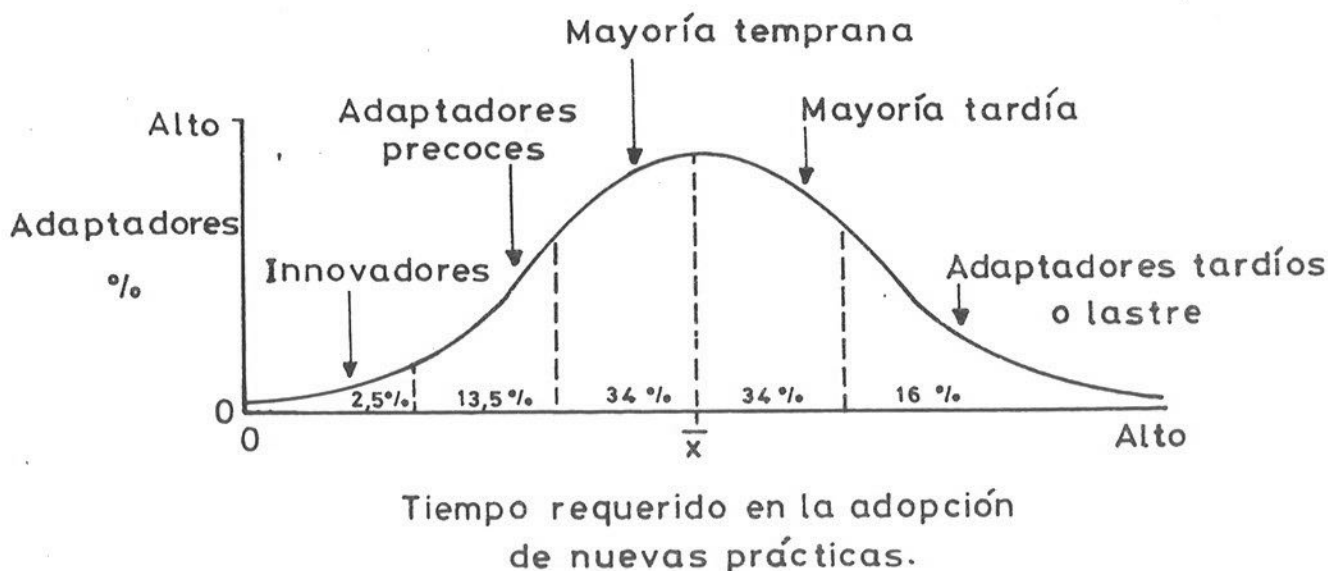


Figura IV-14. Clasificación de los agricultores de la región centro norte de los EE.UU. de acuerdo al tiempo empleado en la implantación de nuevas técnicas agrícolas (Extension Specialists, 1961).

grama o cultivo. Inicialmente se comenzaron proyectos de trigo y de maíz, con asesoría técnica internacional, de profesionales altamente calificados y estables que debían permanecer cooperando por períodos muy largos de tiempo.

Segundo: Formación de un grupo de investigadores altamente especializados y calificados en cada cultivo. Su período de formación y práctica profesional se realizó bajo la tutela de especialistas de experiencia. Familiarización del profesional joven en todos los aspectos relacionados con su área de trabajo.

Tercero: Colección del germoplasma mundial y selección de acuerdo a las necesidades del país. Iniciación de programas de cruzamiento orientados al desarrollo de variedades adaptables a cada región.

Cuarto: Para cada cultivo, se dio especial importancia a los problemas de fertilidad del suelo, a las enfermedades, plagas de insectos, control de malezas y riego.

Quinto: Establecimiento de metas nacionales de producción. El éxito de cada programa se evaluó en términos de la productividad media por unidad de superficie. La mayor atención y esfuerzo se concretó en la eliminación de los factores limitantes.

Sexto: La investigación inicial se concentró en una o dos estaciones experimentales del Ministerio de Agricultura. Luego se extendió a otras zonas.

Séptimo: La rapidez de los resultados fue considerada de alta prioridad. En los programas de mejoramiento, se hizo dos generaciones al año.

Octavo: El mejoramiento de variedades trajo aparejado mayores exigencias de fertilizantes, se identificaron los problemas y métodos de control de enfermedades, insectos, malezas y se determinó la forma de llevar la información de los resultados a los agricultores.

Noveno: Fijación de precios que permitieran a los agricultores obtener utilidades. Paralelamente a ello, las industrias de productos necesarios para la agricultura, tales como maquinarias, fertilizantes e insecticidas proporcionaban los elementos requeridos para elevar los rendimientos. Las disponibilidades de crédito agrícola también se aumentaron.

Se trabajó en problemas de trigo, maíz, papa, fréjol soya, hortalizas, forrajeras y ganado, que son los principales rubros. En todos ellos se concentró la atención en problemas de productividad. De acuerdo al mismo informe de la Fundación Rockefeller (1966), la importancia relativa de los componentes de los programas son de variada naturaleza.

El gobierno mejicano comprendió la importancia de invertir sumas considerables de dinero y de esfuerzo en la tecnificación de la agricultura y en el desarrollo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias. El proyecto se orientó de acuerdo a cultivos o explotaciones ganaderas específicas, entregando la responsabilidad de cada una a científicos calificados. La responsabilidad del éxito o del fracaso de cada proyecto era muy clara.

El objetivo de cada proyecto fue el aumento de la productividad, por lo cual no se invirtió esfuerzo en materias que sólo presentaban interés académico. La asesoría y liderazgo de cada proyecto fue permanente, tanto respecto a especialistas nacionales como internacionales. Además de los estudios profesionales de cada graduado, se les exigió un período prolongado de práctica y de especialización en el programa respectivo.

Prognosis postratamiento

Una segunda predicción del curso probable de la enfermedad ecológica debe hacerse luego de recomendado el tratamiento. Es la prognosis que se hace luego de recomendar las medidas para mejorar al paciente. Consiste en predecir el curso de recuperación del paciente si se le trata de acuerdo a las recomendaciones especificadas en el tratamiento, indicándose la meta o estado de salud óptimo que pueda alcanzarse una vez recuperado. La salud, en términos de sistemas silvoagropecuarios, debe especificar explícitamente la productividad pronosticada que puede esperarse al aplicar el tratamiento, además de otros atributos de funcionamiento, arquitectura y singenética.

Estrategia

Estrategia, en su acepción original, ha sido definido como la ciencia y arte de proyectar y dirigir la aplicación de algo, que en este caso corresponde al tratamiento recomendado.

La estrategia de aplicación del tratamiento al paciente ecológico es un problema que a menudo escapa del ámbito del profesional silvoagropecuario que hizo el examen, diagnóstico y recomendó el tratamiento. Debe ser el resultado con un enfoque más bien económico y sociológico que con un enfoque de campo. El esfuerzo adicional de capitalización requerido para el desarrollo del sistema puede involucrar la incorporación de recursos externos y de modificaciones económicas y sociológicas en el manejo de la unidad estudiada. La asistencia de sociólogos y su planificación estratégica de la forma y las etapas en que debe aplicarse el tratamiento general

recomendado puede ser una herramienta valiosa en el éxito de la modificación del sistema.

Los tratamientos sólo involucran mejoramiento del manejo del sistema ecológico, sin que intervengan especialistas de otras disciplinas, que no sean profesionales del agro. La estrategia de aplicación del tratamiento debe concluir en la aplicación misma de él. Si la aplicación corresponde a lo planificado, los resultados deben coincidir con los de la prognosis postratamiento. En caso contrario debe presumirse algún error, en cualesquiera de las etapas anteriores, ya sea de examen, diagnóstico, tratamiento o incluso en la aplicación de la estrategia del tratamiento.

Los planes de desarrollo agrícola elaborados durante las últimas décadas no han sido debidamente comparados con los resultados reales obtenidos. El estudio somero de los resultados demuestra serias discrepancias con los proyectos elaborados.

Comprobación

Es la última etapa del estudio clínico del ecosistema. Consiste en comparar los resultados finales de las transformaciones ecosistemáticas operadas a través de la aplicación del tratamiento recomendado con las predicciones establecidas en la prognosis postratamiento.

Las prognosis acertadas deben concordar con la realidad de los cambios; no debiendo haber discrepancias en los resultados reales con las predicciones. La comprobación es la demostración que el estudio clínico del sistema fue acertado. Cuando no existe concordancia, el examen, diagnóstico, tratamiento y estrategia deben ser revisados hasta lograr determinar las causas del error o diferencia entre el pronóstico y la realidad. Si fuere necesario, un nuevo diagnóstico debe ser hecho y otro tratamiento diferente debe aplicarse. En el caso de los modelos simulados, la demostración corresponde a la validación del modelo (Van Horn, 1971).

Bibliografía

- Azzi, G. 1954. *Ecología agrícola*. Min. Agric. y Cria. Caracas.
- Balch, G.C. 1966. *Future research on animal production*. Royal Agric. Soc. of England. 127:99-107.
- Barea, D.J. 1963. *Análisis de ecosistemas en biología, mediante programación lineal*. Archivos de Zootecnia 12:252-263.
- Beetle, A.A. 1956. *Range survey in Wyoming's Big Horn Mountains*. Wyo. Agric. Exp. Station. Bul. 341. 40p.
- Berman, M. 1963. *The formulation and testing of models*. Ann. New York Acad. Sci. 108: 182-194.
- Bradfield, R. 1964. *The role of educated people in agricultural development*. Agric. Sciences for the the Developing Nations. Amer. Ass. Adv. Sci. Public. 76:95-114.
- Busser, J.H. 1968. *Significance and accuracy in measurements*. Bioscience. 18: 1125-1128.
- Clendening, L. y E. H. Hashinger. 1947. *Methods of diagnosis*. Mosby, St. Louis, Mo.
- Cook, C.W. 1960. *The use of multiple regression and correlation in biological investigations*. Ecology 41:557-560.
- Coombs, C.H., H. Raiffa, y R.M. Thrall. 1954. *Some views on mathematical models and measurement theory*. En: R.M., Trail C.M. Coombs y R.L. Davis (ed.) *Decision Processes*. John Wiley and Sons. New York. 332p.
- Daget, P. y J. Poissonet. 1969. *Analyse phytologique des prairies. Application agronomiques*. Document 48. Centre National Recherche Scientifique. Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques. 69 p.
- Eberhardt, L.L. 1965. *Notes on the analysis of natural systems* :27-40. En H. Hollister, y L. L. Eberhardt. *Problems in estimating the biological consequences of nuclear war*. U.S. Atomic Energy Commission TAB-R-5.
- Einstein, A. 1940. *Considerations concerning the fundamentals of theoretical physics*. Science 91:487-492.
- Extension Specialists. 1961. *Adopters of new farm ideas*. North Central Regional extension Publication 13. Chicago 4 p.
- Gandarillas, M.J., E. Acevedo H. y R. García, L. 1968. *Estudio de la productividad del maíz en la provincia de Santiago*. Agr. Téc. 28:7-15. Santiago.
- Garfinkel, D., R.H. MacArthur, y R. Sack. 1964. *Computer simulation and analysis os simple ecological systems*. Ann. New York Acad. Sci. 115:934-951.
- Garfinkel, D. y R. Sack. 1964. *Digital computer simulation of an ecological system, based on a modified mass action law*. Ecology 45:502-507.
- Gastó C., J. 1966. *Variación de las precipitaciones anuales en Chile*. Bol. Téc. 24, Est. Exp. Agronómica Univ. Chile. 22 p.

- Gastó C., J. y J. Gastó C. 1970. *Uso de la tierra*. El Campesino. Santiago. abril, 34-50.
- Grant, V. 1963. *The origin of adaptations*. Columbia Univ. Press. N.Y. 606 p.
- Harris, R.S. 1962. *Judging Minnesota land*. Univ. Min. Agric. Ext. Sers. 20 p.
- Hospers, J. 1954. *An introduction to philosophical analysis*. Rautlege and Kegan London.
- King, A.S. y M.D. Dawson. 1962. *Soil judging from the group up*. Oregon State Univ. Coop. Extension Service 20 p.
- Langlet, A. 1971. *Essai de prévision de l'orientation de la production agricole dans diverses régions naturelles, en fonction des factures écologiques*. Ann. Agron. 22:425-449.
- Ledley, R.S. y L.B. Lusted. 1959. *Reasoning foundations of medical diagnosis*. Science 130:9-21.
- Love, R.M. 1954. *Range management standards*. The appraisal Journal. 22:409-414.
- Love, R.M. and E.L. Begg. 1966. *Use of the soil vegetation survey in predicting success of establishment of improved grassland species*. Proc. X Inter. Grassland Cong. Finlandia: 892-896.
- Love, R.M. y W.A. Williams. 1956. *Rangeland development by manipulation of the soil-plant-animal complex in the difficult environment of a mediterranean type climate*. Proc. 7th. Int. Grass Congr. N. Zeland 12. 48:1-11.
- Lucas H.L. 1960. *Theory and mathematics in grassland problems*. Proc. Intern. Grassl. Congr. 8:732-736.
- Lucas, H.L. 1964. *Stochastic elements in biological models; their sources and significance*. p. 335-383. En: Gurland, J. (ed.). *Stochastic models in medicine and biology*. U. Wisc. Press, Madison, Wisc. 393 p.
- Mayr, E. 1961. *Cause and effect in biology*. Science 134:1501-1506.
- Meringo, A. de. 1952. *Lógica y ética*. Lumen. Lima. 168 p.
- Monkeberg, B., F. 1972. *Necesidad de investigación científica y tecnológica para el desarrollo socioeconómico*. Portada 31 junio, 1972: 11-16, Santiago.
- Ollangier, M. y P. Prevot. 1967. *L'organisation de recherches sur la fertilization a L'I.R.H. O*. En: *Le colloque sur la fertilité des sols tropicaux* Tananarive, Madagascar.
- Papadakis, J. 1964. *Soils of the world*. Buenos Aires.
- Penman, H.L. 1970. *The water cycle*. En: *The biosphere*. W.H. Freeman, San Francisco: 14-23.
- Reichenbach, H. 1973. *Filosofía científica*. Fondo de Cultura Económica. 335 p. México.
- Rockefeller Foundation. 1966. *Program in the agricultural sciences*. Annual Report 1965-1966. Rockefeller Found. New York.
- Sears, P.B. 1963. *The validity of ecological models*. p. 35-42. En: XVI International Congress of Zoology. Vol. 7. Science and Man Symposium Nature, Man and Pesticides.
- Shenkel S., G. y P. Baherle. 1971. *Exploración de las deficiencias nutritivas con suelos en macetas II. Método usado*. Agr. Téc. 31: 9-24 Santiago.
- Slichter van Bath, B.H. 1969. *Eighteenth-century agriculture on the continent of Europe: evolution or revolution*. Agric. History 43: 109-179
- Soil Conservation Service. 1962. *Definitions and abbreviations for soil descriptions*. U.S. Dept. Agr. Soil Cons. Serv. Form CF-123. Berkeley, Calif.
- Smith, R.C. y W.A. Williams. 1973. *Model development for a deferred-grazing system*. J. Range Manage. 26:454-460.
- Spedding, C.R.W. 1971. *Grassland ecology*. Clarendon. Oxford. 221 p.
- Stebbing, L.S. 1965. *Introducción a la lógica*. Brevarios del Fondo de Cultura Económica. México. 357 p.
- Storie, R.E. 1964. *Handbook of soil evaluation*. Associated Students Store Univ. Calif. 225 p.
- Thrall, R.M., C.H. Coombs, R.L. Davis. 1954. *Decision processes*. Wiley, N.Y.
- Van Dyne, G.M. 1970. *Ecosystems, systems ecology and systems ecologists*. Oak Ridge National Laboratory, Report 3957:1-31.
- Van Horn, R.L. 1971. *Validation of simulation results*. Management Science 17:247-258.
- Watt, K.F. 1973. *Principales of environmental science*. McGraw-Hill, N.Y.
- Wit, L.T. de, R. Browner and F.W.T. Penning de Vries. 1970. *The simulation of photosynthetic systems*. En: *Prediction and measurement of photosynthetic productivity*. Proc. IBP/pp. Tech. Meeting Trebon. Sept., 1969: 47-70. Centre for agricultural Publishing and Documentation. Wageningen.
- Wit, C.T. de. 1970. *Dinamic concepts in biology*. En: *Prediction and measurement of photosynthetic productivity*. Proc. IBP/pp. Tech. Meeting, Trebon. Sept., 1969:17-23. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen.
- Zafanella, M.J.R. y M. Gemesio. 1969. *Ataque de problemas regionales de productividad agrícola mediante análisis y síntesis ecológicas*. En: E.E. Reynaert. *La investigación de fertilidad de suelos para la producción agrícola en la zona templada*. IICA. Zona Sur. Montevideo :7-55.