

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
FACULTAD DE AGONOMÍA E INGENIERÍA FORESTAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS VEGETALES**

**TIPIFICACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS Y
DESARROLLO AGRÍCOLA A ESCALA COMUNAL**

SEMINARIO DE TÍTULO

**PROFESOR: SR. JUAN GASTÓ C.
ALUMNNO: FRANCISCO OBREQUE A.**

AGOSTO DE 1999

Índice general

	Página
1. Introducción	1
2. El predio rural visto como un sistema. Fundamentos e implicancias.	6
3. El Desarrollo de la Agricultura. Marco conceptual.	11
3.1 Hacia una visión integradora del desarrollo agrícola y rural.	12
3.2 Concepto de Desarrollo Agrícola	13
3.2.1 Agricultura, definición y estilos	13
3.2.2 Desarrollo como proceso coevolutivo	18
3.2.3 Uso múltiple del territorio	18
3.3 Determinantes de la dirección del desarrollo agrícola	20
3.4 Los objetivos del desarrollo agrícola	21
3.5 Escala de desarrollo	24
4. Tipificación de ecosistemas prediales. Fundamentos y experiencias	26
4.1 Investigación con enfoque de sistemas y tipificación	27
4.2 Experiencias de tipificación. Metodologías y aplicaciones	29
4.2.1 Propuesta metodológica general de RIMISP. El caso de la provincia de Ñuble en la VIII región del Biobío en Chile	29
4.2.2 Propuesta metodológica en base a herramientas SIG. El caso del Municipio de Campinas en San Pablo, Brasil.	39
4.2.2 a) Los Sistemas de Percepción Remota (SPR)	40
4.2.2 b) SPR y tipificación de sistemas en Campinas	42
4.2.3 Discusión de los resultados obtenidos por ambas metodologías	49
5. Conclusiones	52
6. Propuesta de Proyecto de Título	55
7. Bibliografía	59
Anexos	63

Figuras

2.1 Esquema de modelo isomórfico del ecosistema	10
3.1 Estilos de agricultura de tres predios de Paraguay y Chile	17
3.2 Representación gráfica del modelo de Nijkamp	22
3.3 Ejemplo de una jerarquía de sistemas agrícolas	25
4.1 Etapas en la investigación de sistemas agrícolas	29
4.2 Esquematización del dendograma del análisis de conglomerados	34
4.3 Calendario de conglomeración	35
4.4 Mapa territorial de las dos primeras funciones-discriminantes canónicas	38
4.5 Municipio de Campinas (San Pablo). Mapa de SIG del uso de las tierras.	46
4.6 Municipio de Campinas (San Pablo). Mapa de SIG del impacto ambiental de las actividades agrícolas.	47
4.7 Municipio de Campinas (San Pablo). Mapa de SIG de la sustentabilidad económica y ambiental.	48

Cuadros

1.1	Clasificación de los predios de acuerdo a la superficie que ocupan y al número de predios en cada clase	2
1.2	Uso del suelo en la comuna de Santo Domingo, de acuerdo al Sexto Censo Nacional Agropecuario de 1997.	3
3.1	Nivel de input, output y potencial del ecosistema, en los distintos sistemas de agricultura.	15
4.1	Componentes principales y su interpretación	33
4.2	Tipos de sistema descritos en la Provincia de Ñuble	37

Anexos

1. Variables seleccionadas por GIA para la tipificación y clasificación de sistemas de producción en la provincia de ñuble, VIII región de Chile 64
2. Municipio de campinas (San Pablo). Detalle de imagen de satélite spot de la región de campinas (composición en color verdadero) 65
3. Municipio de campinas (San Pablo). Detalle de imagen de satélite spot de la región de campinas (pancromática) 66
4. Municipio de campinas (San Pablo). Detalle de imagen de satélite spot de la región de campinas (con bosques clasificados) 67

1. INTRODUCCIÓN

1. Introducción

El Programa Ecología y Ambiente de la Pontificia Universidad Católica de Chile desarrolla desde 1998 y hasta el presente año un proyecto que cuenta con el auspicio del Fondo Nacional de Desarrollo Regional Región de Valparaíso y el Fondo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, en que se pretende elaborar un PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARA LA RURALIDAD DE LA COMUNA DE SANTO DOMINGO¹.

Dentro de las actividades del Proyecto, el 5 de mayo de 1999 se desarrolló en el Fundo San Enrique de Bucalemu una Mesa de Discusión en que se invitó a un panel de expertos para reflexionar en torno al desarrollo de la ruralidad de la comuna y el Ordenamiento territorial a fin de clarificar la meta comunal, parte sustancial de la metodología de elaboración del Plan. Una de las principales conclusiones que se obtuvo en dicho encuentro fue la necesidad de desarrollar la agricultura e integrarla al desarrollo turístico, clara orientación de esta comuna "Parque". No hay ruralidad sin agricultura, su importancia en el contexto comunal no puede ser medida únicamente en la significancia económica actual en que lejos la parte urbana (Balneario) le supera, sino que debe ser valorada con respecto a la identidad y calidad de vida de la población rural, como también basada en la sostenibilidad del negocio y la conservación de los recursos naturales.

El Plan de Ordenamiento Territorial debe entregar un marco de referencia para la evolución de la Agricultura de la comuna, entre otros ejes de desarrollo. Debe establecer límites claros y a su vez flexibles sobre la utilización del territorio, a fin de que contribuya a orientar mejor las diferentes actividades productivas hacia los ámbitos más adecuados para ellas.

¹ Los datos de la comuna de Santo Domingo contenidos en esta introducción se basan en Gastó, Rodrigo y Aránguiz, 1998a.

La comuna de Santo Domingo que pertenece a la provincia de San Antonio, en la quinta región de Valparaíso, consta de aproximadamente 56.450 ha. Según el VI Censo Nacional Agropecuario, 50.054,9 ha. están destinadas a actividades silvoagropecuarias con un total de 557 predios encuestados (INE, 1997). Según el Servicio de Impuestos de impuestos internos, existen en la comuna 951 predios rurales, por lo que es posible concluir que al menos un 89 % de la superficie comunal está destinada directamente a actividades relacionadas con la agricultura "tradicional".

A partir del cuadro 1.1, que muestra una clasificación arbitraria de los predios existentes en la comuna de Santo Domingo en función de su tamaño, se puede obtener que aproximadamente el 80 % de ellos tienen menos de 64 ha.

Cuadro 1.1 Clasificación de los predios de acuerdo a la superficie que ocupan y al número de predios en cada clase

Clase	Clase superficie predial	Número de predios	Superficie total ocupada (ha)
1	0 - 1	261	190,46
2	> 1 - 2	234	284,63
3	>2 - 4	46	136,15
4	>4 - 8	81	464,71
5	>8 - 16	56	637,18
6	>16 - 32	46	1.049,37
7	>32 - 64	91	4.428,38
8	>64 - 128	62	5.697,16
9	>128 - 256	36	5.953,15
10	>256 - 512	13	5.195,02
11	>512 - 1024	12	8.863,52
12	>1024 - 2048	11	15.053,67
13	>2048 - 4096	2	6.224,62

Fuente: Gastó et al., 1998a

Predominan en el territorio comunal las parcelas resultantes de la Reforma Agraria y la actual subdivisión para parcelas de agrado con superficies que salvo prácticas de manejo muy intensivas, difícilmente generarían una actividad productiva sostenible en el contexto de la agricultura tradicional. Existen también en el territorio comunal diferentes tipos de propietarios como son aquéllos de propiedad especulativa, de empresas extrarurales como Ariztía S.A. y Agrícola Súper S.A., explotaciones grandes de orden rural con superficies no mayores a 4.000 ha, empresas rurales de actividad en la comuna como BRIMAR S.A., pequeños productores no campesinos, campesinos concentrados en varios sectores de la comuna y recolectores en la caleta El Ejemplo.

Cuadro 1.2 Uso del suelo en la comuna de Santo Domingo, de acuerdo al Sexto
Censo Nacional Agropecuario de 1997.

	NÚMERO	SUPERFICIE (ha)
Total explotaciones agropecuarias	547	50.054,9
Suelos de cultivo		
Anuales y permanentes		5.428,1
Praderas sembradas permanentes y rotación		802,1
Barbecho y descanso		3.442,1
Total cultivos		9.672,3
Pastizales		
Praderas mejoradas		1.509,2
Naturales		24.670,2
Total Pastizales		26.179,4
Forestales		
Plantaciones forestales		4.085,4
Bosque natural y montes		5.810,8
Total forestal		9.896,2
Caminos, canales y lagunas		
Total caminos canales y lagunas		674,0
Tierras estériles		
Total tierras estériles (pedregales, arenales, árido)		3.336,0

Fuente: Gastó et al., 1998

El Cuadro 1.2 muestra la distribución por usos del territorio comunal. Al combinar usos, tipos de predio y tipos de propietarios, es posible tener una idea global de la orientación de la agricultura de la comuna de Santo Domingo. Rápidamente se puede visualizar el problema que presenta el hecho de lo reducido del tamaño de las propiedades combinado con una agricultura orientada a cultivos anuales y ganadería extensiva, rubros que precisamente para competir requieren de producciones de mayor escala. Éste es sólo un ejemplo de entre los múltiples problemas que presenta la agricultura "tradicional" de la comuna en los cuales el Plan de Ordenamiento Territorial podría contribuir a encontrar soluciones.

El tema del presente Seminario es el Desarrollo de la Agricultura para una escala comunal. Bajo un *paradigma sistémico*, se plantea como *hipótesis* que *el desarrollo de la agricultura de un territorio será consecuencia a su vez del desarrollo de los diferentes tipos de sistemas productivos existentes en el espacio rural*. Se hace por tanto necesario encontrar una metodología que permita clasificar y agrupar los sistemas productivos, a fin de evaluarlos y buscar la mejor estrategia de desarrollo para cada tipo. Para que el Plan de Ordenamiento Territorial pueda integrar esta información en la solución final, la clasificación y evaluación de los sistemas productivos debe ser georreferenciada y ligada al territorio.

El objetivo general de este trabajo es presentar en forma sistemática una revisión de bibliografía en torno al tema de la clasificación de sistemas agropecuarios, que permita el diseño de una metodología aplicable a una comuna como la de Santo Domingo dentro de un futuro Proyecto de Título, que a su vez contribuya a la elaboración del Plan de Ordenamiento Territorial. De manera específica, se persiguen los siguientes objetivos:

- 1) construir un marco teórico que fundamente el análisis y clasificación de sistemas agropecuarios para el desarrollo de la agricultura y
- 2) describir y analizar experiencias de tipificación de sistemas a nivel nacional e internacional a fin de obtener elementos metodológicos para ser aplicados directamente a la comuna de Santo Domingo.

El presente Seminario está dividido de la siguiente manera. En una primera parte, se explican las bases que fundamentan el paradigma sistémico con que se enfoca el desarrollo de la agricultura.

Posteriormente se ahonda en los principios que conformarán el enfoque global del desarrollo agrícola a una escala predial y comunal. Se revisan tres elementos considerados como fundamentales: la agricultura y sus estilos, el desarrollo como proceso co-evolutivo y el principio de uso múltiple del territorio.

Una vez detallado el marco teórico que sustenta el desarrollo para la agricultura, se revisan dos casos de metodología de tipificación de sistemas productivos y sus aplicaciones respectivas en Chile y Brasil. Se discuten los procedimientos desde el punto de vista de su utilidad para el desarrollo de la agricultura y la aplicabilidad a la comuna de Santo Domingo y el Plan de Ordenamiento Territorial.

Luego de establecer las principales conclusiones de la revisión bibliográfica, se hace una propuesta de Proyecto de Título conforme al problema planteado en esta introducción.

2. EL PREDIO RURAL VISTO COMO UN SISTEMA

FUNDAMENTOS E IMPLICANCIAS

2. El predio rural visto como un sistema. Fundamentos e implicancias.

La visión sistémica del predio rural encuentra su base en los principios de la Agroecología. Esta forma de entender la agricultura nace principalmente a partir de dos grandes hechos: el desarrollo de la ciencia Ecológica a partir de la segunda mitad de este siglo y las limitantes que ha mostrado el esquema de desarrollo agrícola basado en la Revolución verde especialmente en los países del tercer mundo (Conway, 1985; Hecht, 1997).

A partir de la teoría general de sistemas que Ludwig von Bertalanffy formula por primera vez en los años 30 se desarrolla un nuevo paradigma científico. Aparece una epistemología de sistemas, que difiere profundamente de las epistemologías del positivismo lógico o del empirismo, aunque comparte con ellas la misma actitud científica (Delgado y Ortega, 1972). En esta teoría, el universo es visto como una jerarquía de sistemas compuesta por distintos niveles de organización. En cualquier nivel un sistema funciona simultáneamente como subsistema del sistema próximo superior y como suprasistema de aquéllos pertenecientes al nivel próximo inferior. Los sistemas individuales son niveles arbitrarios en jerarquías de sistemas continuos y están conectados por flujos de materia, energía e información (Von Bertalanffy, 1968; Lazlo, 1972; Allen y Satarr, 1982; citados por Escobar y Berdegué 1990).

La Ecología es la ciencia que estudia la estructura y funcionamiento de la naturaleza y entre sus bases está la teoría general de sistemas. En la Ecología la naturaleza es un espectro continuo de niveles de organización o de sistemas en una jerarquía (Odum, 1986). La unidad básica de estudio es el ecosistema definido por Gastó (1979) como un arreglo de componentes bióticos y abióticos, o un conjunto, o colección de elementos que están conectados o relacionados de manera que actúan o constituyen una unidad o un todo (Figura 2.1).

El concepto de Agroecosistema, término abreviado de ecosistema agrícola, es el centro de la Agroecología (Hecht, 1997). Éste se diferencia de un ecosistema natural o seminatural

El concepto de Agroecosistema, término abreviado de ecosistema agrícola, es el centro de la Agroecología (Hecht, 1997). Éste se diferencia de un ecosistema natural o seminatural nutrido por el sol, como lagos o bosques, de tres maneras fundamentales (Odum, 1986): 1) la energía extra que incrementa o subsidia el ingreso de energía solar está bajo el control del hombre y consta de labor humana y animal, fertilizantes, plaguicidas, irrigación, maquinaria de combustión interna; 2) la diversidad de organismos es muy reducida (nuevamente por acción humana) con el propósito de elevar al máximo el rendimiento de un alimento u otro producto específico, y 3) las plantas o animales dominantes se encuentran bajo selección artificial y no bajo selección natural. X

A partir del paradigma ecológico, los problemas que se presentan en un campo de cultivo, una pradera de pastoreo o una plantación forestal son integrados (no fragmentados) en un nivel de integración superior que es el ecosistema. Para resolver los problemas de la agricultura desde este nuevo enfoque es necesario situarse en una escala que permita la comprensión general de los fenómenos incidentes, pero desde donde a la vez sea posible actuar con el grado de precisión y detalle apropiados. Para este efecto, la escala predial resulta ser la indicada, puesto que es a la vez una unidad ecológica y una unidad administrativa: el sistema predial (Gastó, González y Rodrigo, 1993).

El predio rural debe ser considerado como un sistema debido a que existen numerosas actividades relacionadas entre sí, donde se integran las labores agrícolas, el trabajo, el capital, los riesgos, la tierra, las construcciones, las obras de ingeniería y la capacidad de producir. Son unidades donde se integran el ecosistema, con la unidad independiente de actividad económica, la unidad social y la cultural. Es el lugar donde se toman decisiones para el desarrollo agrícola por lo cual debe ser considerado como un sistema complejo (Gastó, Rodrigo y Aránguiz, 1999). En consecuencia, en el presente trabajo se utiliza en forma indistinta el término predio y sistema agrario o agrícola para referirse a “una unidad organizada de toma de decisiones, un espacio de recursos naturales renovables, conectados interiormente y limitados exteriormente, cuyo fin es hacer agricultura” (Gastó, Armijo y Nava, 1984; Woerman, 1959; Ruthenberg, 1980; citados por Gastó et al., 1999).

El enfoque agroecológico permite abordar la agricultura desde una perspectiva holística del medio ambiente y, por tanto, se afirma que no debe limitarse únicamente al sector campesino, sino ser la base tanto de una agricultura general de baja externalidad como del desarrollo global del espacio rural (Altieri, 1992; Calatrava, 1995).

Como consecuencia de la aplicación de este enfoque al problema agrícola a través de la Ecología, se ha desarrollado en los últimos 20 años formas de hacer investigación alternativas al procedimiento convencional en que la unidad de trabajo es la estación experimental y el análisis de los resultados se basa en las herramientas estadísticas generalmente univariadas (Conway, 1985; Zandstra, Price, Litsinger y Monis, 1986; Berdegú y Ramírez 1995; Escobar *et al.*, 1990; Berdegú y Nazif, 1988; Miranda, Dorado, Guimarães, Mangabeira y Miranda, 1995; Dalton, 1975) e incluso se han creado redes internacionales de investigación en sistemas de producción como RIMISP¹ y RISPAL². La investigación con enfoque de sistemas en general es descrita por Calatrava (1995) y sus principales características son:

- la unidad básica de estudio es el sistema agrario;
- su objetivo es mejorar el sistema en lo que respecta a la sustentabilidad ecológico-económica a mediano-largo plazo;
- debe estar basada en un profundo conocimiento endógeno del sistema en cuestión e
- incorpora a agricultores, investigadores y extensionistas, dando gran importancia al conocimiento agrario local.

¹ RIMISP: Red Internacional de Metodologías de Investigación en Sistemas Productivos

² RISPAL: Red de Investigación en Sistemas Pecuarios de América Latina .

3. EL DESARROLLO DE LA AGRICULTURA

MARCO CONCEPTUAL

3. El Desarrollo de la Agricultura. Marco conceptual.

3.1 *Hacia una visión integradora del desarrollo agrícola y rural.*

Hace casi dos décadas, apareció en el diario "El Mercurio"¹ un artículo que hablaba sobre los problemas que aquejaban en ese momento al sector rural de nuestro país. En él se diferenciaban dos grandes tipos de problemas: los agrícolas y los rurales. En el primero de ellos, como aspecto central se consideraba el tema de la producción y rentabilidad de la agricultura (responsabilidad de agrónomos y economistas). En el segundo, lo fundamental era el campesinado, la educación y la pobreza rural, o sea una "cuestión social". Finalmente agregaba que ambos tipos de problemas coexistían en el área rural por meras circunstancias accidentales. Bajo este enfoque, aparece una notoria dicotomía entre los conceptos de desarrollo rural y desarrollo agrícola, los que perseguirán objetivos diferentes y estarán interrelacionados sólo casualmente.

Una visión que acentúa más la complementariedad de ambos tipos de desarrollo es la que presenta la CINDA/FAO (1988), en que el desarrollo agrícola tiene como objetivo sólo aumentar la productividad independiente de quién se beneficie con este incremento, mientras que el desarrollo rural se orienta a incrementar el bienestar económico y no económico de quienes viven en el sector rural. En estas definiciones es posible apreciar que si bien parcialmente hay una relación entre los conceptos por medio del crecimiento económico y su distribución, hay una importante carencia en lo que respecta al papel de la agricultura en el manejo sostenible de los recursos naturales renovables y la calidad ambiental, aspectos fundamentales en el desarrollo de la ruralidad en general.

En este trabajo, se postula que los conceptos de desarrollo agrícola y rural son distintos, pero tienen una relación muy estrecha que nace -en primer término- de valorar la agricultura no sólo por la aportación de rentas y empleos o su función productiva primaria,

¹ El Mercurio, edición del día sábado 18 de octubre de 1980, Temas Económicos, página 3.

sino también por los usos secundarios y terciarios de los productos y, sobre todo, relacionada con el mantenimiento del espacio y el paisaje, es decir en su valor cualitativo y no sólo cuantitativo (Calatrava, 1995). En la presente sección se pretende ahondar en el concepto de desarrollo agrícola y su implicancia en el desarrollo rural global. Junto con ello, se toca el tema de los determinantes de la trayectoria de progreso que puede tener la agricultura, los objetivos finales que persigue este proceso y la importancia de las diferentes escalas en que se produce.

3.2 Concepto de Desarrollo Agrícola

La concepción de desarrollo agrícola que se presenta en este trabajo se basa en tres principios o enfoques que serán explicados a continuación, los que son: (1) agricultura, definición y estilos; (2) el desarrollo como proceso coevolutivo y (3) el uso múltiple del territorio.

3.2.1 Agricultura, definición y estilos

Según Gastó, Rodrigo y Aránguiz (1999), la agricultura (A), puede ser definida operacionalmente como "el proceso de artificialización de la naturaleza". Simbólicamente se tiene:

$$A = f(\Pi_a / \Pi_a: \Sigma_i \rightarrow \Sigma_j)$$

$$\text{con } a_j > a_i$$

donde

Π_a = conjunto operadores de artificialización

Σ_n = ecosistema en estado n

a_n = nivel de artificialización de la naturaleza para el estado n

La definición anterior implica que el término agricultura incorpora no sólo una artificialización del sistema con objetivos de producción (cultivos, ganaderos, forestal, de agua, peces, praderas, etc.), sino también con otros propósitos según las necesidades del tomador de decisiones como puede ser -por ejemplo- la protección (suelos, control de erosión, de fauna, de riberas, de paisajes, etc.) y recreación (cabalgadura, canotaje, senderismo, paisajismo, observación de fauna, pesca deportiva, etc.). La magnitud alcanzada entre el estado Σ_i y el Σ_j será el grado de artificialización alcanzado por el sistema a través de un proceso que busca conducir al ecosistema-predio a un estado óptimo, según una meta determinada.

El concepto de estilo de agricultura (EA) puede ser definido como la combinación de producciones agrícolas, factores de producción, y tecnologías e itinerarios de labores, que el agricultor organiza de manera específica en su predio como procesos de producción en función de sus objetivos. Los EA, así definidos, se basan en una combinación específica de variables que involucran una específica y coherente organización del predio con una estructuración específica del proceso de trabajo, y a su vez vinculan diferencialmente la estructura organizada del predio con el mercado y la tecnología (Ploeg, 1992; Eresue, 1987; Ruf, 1987; citados por Vélez, 1998).

Según Gastó, Guerrero y Vicente (1995), el nivel y tipo de input determina en gran medida el EA y se trata de una inserción de energía, masa, o información en el ecosistema con el fin de obtener un cierto output o simplemente de mantenerle en un estado dado. El Cuadro 3.1 muestra como la aplicación de un nivel de input a un sistema, el que tiene un cierto potencial, y la obtención a su vez de un determinado tipo de output, constituyen ocho EA. Esta clasificación tiene la ventaja de proporcionar en forma sencilla una idea global del EA que se está realizando en una región determinada y su grado de sustentabilidad, pero presenta como desventaja su difícil aplicación en una escala menor de estudio debido a las múltiples definiciones (cualitativas y cuantitativas) posibles de darse a alto, bajo o potencial.

Cuadro 3.1. Nivel de input, output y potencial del ecosistema, en los distintos sistemas de agricultura.

Nivel de input	Potencial del sistema	Nivel de input	Estilo de Agricultura
Bajo	Bajo	Bajo	Agricultura sostenible de bajo input, ej. buen manejo de pastos, buen manejo de especies silvestres. Dehesa.
Bajo	Bajo	Alto	Agricultura extensiva. No sostenible, ej. cultivo de cereales en áreas marginales de secano.
Alto	Bajo	Bajo	Agricultura intensiva en ecosistemas de bajo potencial con alto output, ej. cultivos bajo plástico en el desierto.
Alto	Bajo	Alto	Agricultura extensiva en ecosistemas de alto potencial. Ecosistemas infrautilizados.
Bajo	Alto	Bajo	Agricultura extensiva. No sostenible.
Bajo	Alto	Bajo	Agricultura intensiva de bajo output.
Alto	Alto	Alto	Agricultura intensiva en ecosistemas de alto potencial. Es lo normal cuando la situación social lo permite, ej. Revolución verde.

Fuente: Gastó *et al.*, 1995

Vélez (1998) propone un modelo para el estudio de los estilos de agricultura a nivel predial, basado en cuatro variables relevantes, ellas son: 1) receptividad tecnológica, 2) intensidad tecnológica, 3) intensidad en el empleo de la mano de obra y 4) diversidad. En el trabajo se establece un marco conceptual para el estudio de los estilos de agricultura a nivel predial, se definen conceptual y operativamente cada una de las variables consideradas y se desarrolla una metodología para su parametrización y evaluación, junto con una representación gráfica, lo cual se hace teniendo como referente las condiciones específicas de cada predio. Se estudian seis predios con el propósito de validar el modelo,

el resumen gráfico de los resultados para tres de ellos se presenta en la Figura 3.1.

El concepto de *receptividad tecnológica* se puede abordar desde dos perspectivas diferentes (Gastó, Vélez y D'Angelo, 1997):

- 1) como la capacidad de un ámbito de recibir y asimilar una cantidad y tipo de tecnología determinada como aportes y estructuras de artificialización, sin que deteriore su capacidad productiva o
- 2) como los costos y esfuerzos necesarios de aplicar para mantener al ámbito en adecuadas condiciones de producción, adicionales a los requeridos para mantener o aumentar los rendimientos y que pueden causar el deterioro del ámbito y consecuentemente aumentar los costos de producción (Nava, Armijo y Gastó, 1996).

La *intensidad tecnológica* puede definirse como el grado de artificialización del ámbito o magnitud de los aportes por unidad de área, con el fin de incrementar el flujo de recursos o los rendimientos por unidad de área, y aumentar la calidad y cantidad de recursos naturales movilizados y reproducidos para su conversión en valores específicos (Ploeg, 1992; Gastó, *et al.*, 1995; Meews, Ploeg y Wijermans, 1998; citados por Vélez 1998).

El concepto de *intensidad en el empleo* de mano de obra se refiere al cociente promedio entre el número de operaciones agrícolas y la cantidad de mano de obra requerida para el número de labores (Meews, Ploeg y Wijermans, 1988, citados por Vélez, 1998).

La *diversidad o uso múltiple* del predio se refiere a la diversidad de usos y flujos o intercambios dentro y entre ámbitos, entre los usos y actividades, entre el predio y la naturaleza y entre el predio y la sociedad (Vélez, 1998).

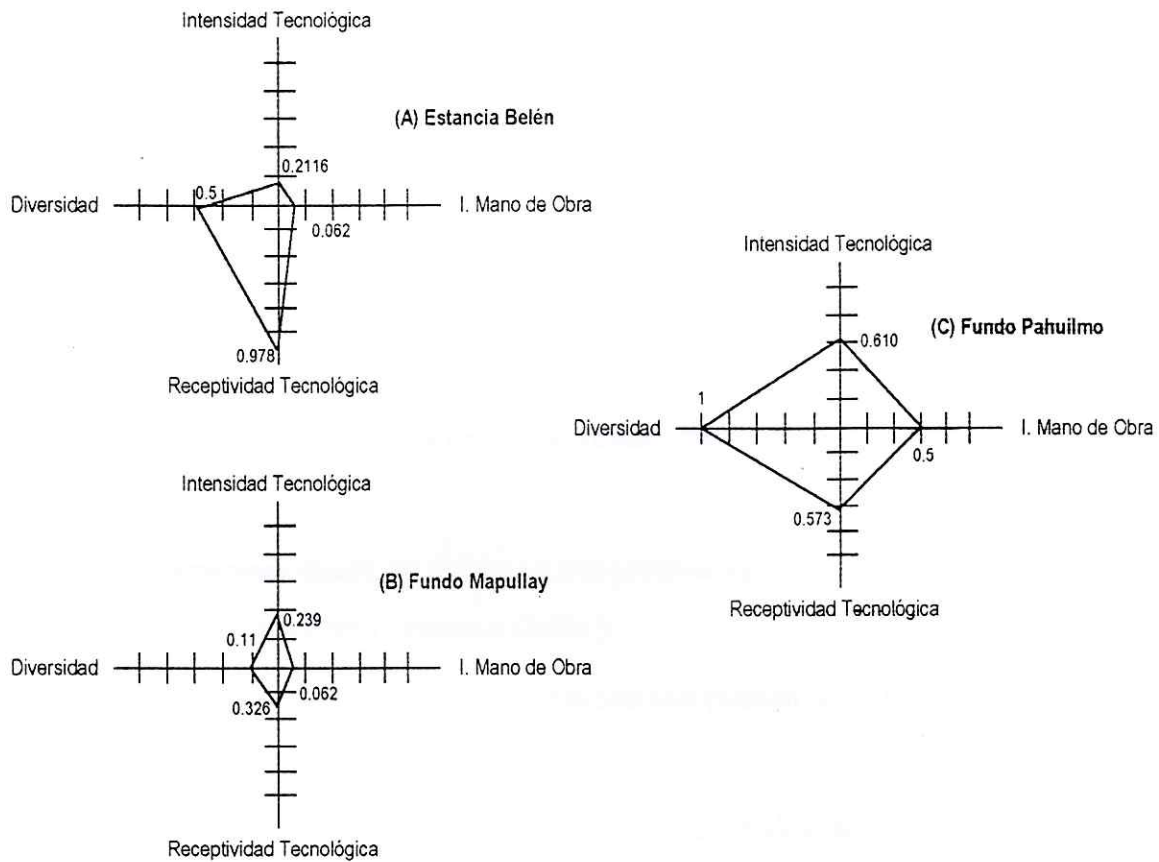


Figura 3.1 Estilos de agricultura de tres predios (Vélez, 1998), (a) “Belén” del Chaco central paraguayo, (b) “Mapullay” de la comuna de Santo Domingo, Chile y (c) “Pahuilmo” de la comuna de Melipilla, Chile.

3.2.2 Desarrollo como proceso coevolutivo

Norgaard y Sikor (1997) explican el concepto de desarrollo como un proceso de coevolución entre el sistema social que implica conocimiento, valores tecnológicos y valores organizacionales y el sistema ambiental, a modo de unísono. Esta perspectiva de desarrollo pone en relieve que los sistemas agrícolas deben ser considerados como sistemas integrales y en absoluto estáticos. Además valora el conocimiento y experiencia de los agricultores, poniendo a las personas y su forma de pensar en el proceso.

3.2.3 Uso múltiple del territorio

El principio de uso múltiple se basa en dos postulados básicos (Gastó, Rodrigo, Aránguiz y Urrutia, 1998b):

- 1) existen numerosas clases de ámbitos y ecosistemas agrícolas, cada uno de los cuales difiere en sus limitantes y potencialidades y
- 2) existen múltiples necesidades de la población que pueden ser satisfechas a través del uso y productividad de la tierra.

El principio de uso múltiple significa la gestión de todos los recursos renovables superficiales, de manera que puedan ser utilizados en la combinación que mejor se ajuste a las necesidades de la gente; haciendo el uso más razonable de la tierra para todos sus recursos o servicios relacionados en áreas lo suficientemente grandes que permitan ajustes periódicos en el uso y que satisfagan las necesidades y condiciones cambiantes, de manera que algunas tierras se utilicen para menos que todos los recursos; y la gestión de los varios recursos entre sí sea armónica y coordinada, sin dañar la productividad de la tierra y considerando el valor de los recursos, y no necesariamente la combinación de usos que proporcione el mayor retorno monetario con el mayor output unitario (Multiple-Use Sustained Yield Act., 1960, citado por Gastó et al., 1998b).

La agricultura de bajo input se requiere para el desarrollo del uso múltiple de la tierra. No existe de manera independiente. Algunas clases de tierra se adaptan mejor a la agricultura de bajo input y otras de alto input y, al mismo tiempo, algunas se adaptan mejor a la protección y otras a la producción. Para incrementar la extensión de áreas destinadas a la agricultura de bajo input, se requiere a la vez elevar los inputs de las áreas de alto potencial, con el fin de compensar las necesidades de la población. Bajo input, no solo significa la reducción de los inputs, sino que también el cambio de uso y de la tipología de inputs. Un sistema de alto potencial, en las condiciones agrícolas actuales, no funciona bien si solamente se reduce la intensidad bajando el nivel de inputs. Se requiere también el cambio de uso; por ejemplo, si se está produciendo cereales de alto input, se puede cambiar a bosques cultivados.

Es así como el desarrollo agrícola se obtendrá bajo estos tres enfoques, de una continua readaptación que los actores involucradas hagan de los sistemas productivos existentes, de modo que avancen más eficazmente hacia aquellos estados-meta que mejor satisfagan en su conjunto las múltiples necesidades y deseos de la sociedad. Readaptación que es consecuencia de una combinación de los diversos estilos de agricultura y el uso múltiple de la tierra y que lleva implícitamente una carácter de persistencia y sostenibilidad, puesto que no tendría por qué autolimitarse.

Desde este punto de de vista, el desarrollo agrícola pasa a jugar un rol fundamental en el desarrollo global del espacio rural a través de una relación que lejos de ser meramente casual es interdependiente tanto en objetivos como en estrategias.

3.3 Determinantes de la dirección del desarrollo agrícola

El primer determinante de la dirección que puede tomar el proceso de desarrollo agrícola es el paradigma en que se basa, principalmente acerca de cómo se entienda la agricultura. Bajo un enfoque sectorialista o de rubros, el desarrollo agrícola de un territorio irá dirigido, por ejemplo, a los factores productivos limitantes más comunes entre los agricultores, a fin de maximizar los rendimientos (difusión de variedades de trigo que toleren mejor la sequía, políticas de fomento de riego, modernización de la postcosecha, entre otras). Desde un punto de vista sistémico, el desarrollo pasará por incrementar el grado de ordenamiento que tenga el sistema artificializado a fin de que llegue al estado-meta. En este contexto, Altieri (1992) afirma que existen dos trayectorias de artificialización del ecosistema: basada en la agroecología, con el uso de recursos locales y de alta eficiencia ecológica, y basada en la biotecnología, con altos costos, baja eficiencia ecológica, basada en la Revolución verde y fuera del alcance de los campesinos.

Bajo el paradigma ecosistémico definido en el presente trabajo, la dirección del desarrollo estará condicionada en segundo lugar por la meta del sistema, que es definida como el fin último al cual se dirigen las acciones o deseos de una persona o de un grupo de personas o de una sociedad entera. Se trata del estado final más probable de un sistema, en este caso el predio, que evoluciona internamente bajo la acción de fuerza externas conforme a tres componentes:

- 1) meta de la naturaleza: en forma natural, sin la intervención del hombre, ella evoluciona a través de procesos sistemogénicos hacia el estado de mayor desarrollo, representando por el clímax;
- 2) meta del predio como empresa: busca fundamentalmente optimizar el negocio relativo al uso del territorio para lo cual se requiere incorporar tecnología al sistema y, simultáneamente, extraer o modificar los elementos naturales, siendo por lo tanto, conflictiva e incluso antagónica con la meta de la naturaleza y

3) meta de la sociedad como un todo y está dada por la ocupación del territorio para satisfacer las necesidades vitales de la población, que en el caso del predio es fundamentalmente el propietario y el sector social con incidencia predial.

La meta que se pretende alcanzar en un predio cualquiera está dada por cuatro elementos fundamentales:

- 1) las características físicas del predio dadas por la superficie total que éste ocupa y por su receptividad tecnológica;
- 2) la racionalidad del propietario dada por la percepción de sus necesidades, funciones, y caprichos;
- 3) la tecnología aplicada, condicionada por la receptividad tecnológica del predio y por la racionalidad del propietario y
- 4) la capacidad de llevar a cabo las acciones que permitan aproximarlo al estado-meta buscado.

La superficie total del predio es la primera limitante que percibe el productor cuando inicia el proceso de búsqueda del estado meta que debe alcanzar. Pero no es ésta el objeto directo de su búsqueda sino que tres elementos relacionados con ello que afectan su capacidad sustentadora a saber: las características físicas del espacio acotado, las características del entorno y las conexiones de input-output con los sistemas externos (Gastó *et al.*, 1999).

3.4 Los objetivos del desarrollo agrícola

Según Nijkamp (1990, citado por Gastó, *et al.*, 1995) tres son los objetivos principales que permiten el desarrollo completo del sistema: crecimiento económico, equidad social y sustentabilidad ambiental. Estos objetivos son complementarios y mutuamente excluyentes. Las acciones de artificialización del sistema están inmersas en un ámbito formado por los recursos naturales o el ambiente agrícola en general, que difiere de un espacio a otro, y por tanto modifica el espacio de solución creado por estas tres variables. El cambio global dado por la integración de los productores y mercados en un contexto mundial, también afecta

cada situación y solución en particular (Figura 3.2). Aunque se trata de un modelo que presenta obstáculos de naturaleza conceptual, teórica y práctica (Dourojeanni, 1991, citado por Gastó *et al.*, 1995), tiene la virtud de permitir una sencilla visualización de la idea que el desarrollo debe buscar el logro de un óptimo para el sistema y no necesariamente un máximo de productividad, de acuerdo a la potencialidad del sistema y las condiciones socio-medioambientales.

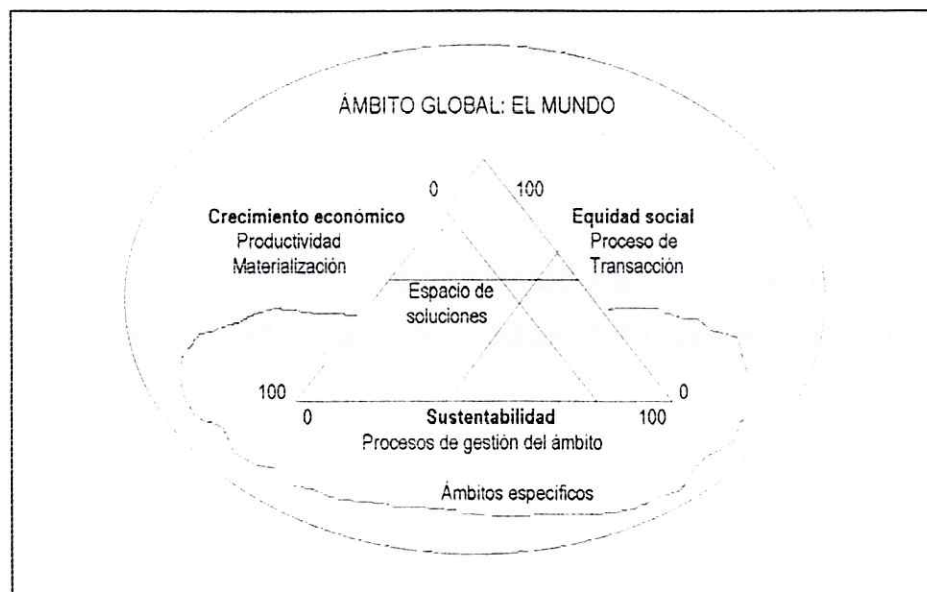


Figura 3.2: Representación gráfica del modelo de Nijkamp (Gastó *et al.*, 1995)

La idea de óptimo entre ciertos objetivos sistémicos también es mencionada Conway (1985) de manera similar, al afirmar que el desarrollo de los ecosistemas agrícolas pasa por lograr un balance entre las principales propiedades sistémicas que son productividad, estabilidad, sustentabilidad y equidad, y constituye uno de los aspectos centrales en el marco teórico de desarrollo agrícola propuesto en el presente trabajo.

Mención especial merece entre los objetivos de desarrollo la sustentabilidad, concepto sumamente mencionado en las publicaciones especializadas aunque con distintos énfasis según el autor (Magri, 1996; Altieri, 1997; Remenyi, 1985; Miranda *et al.*, 1995; CEPAL, 1992; Gastó *et al.*, 1995; Calatrava, 1995; Escobar *et al.*, 1990; Cañas 1998). Sería

interminable revisar cada una de las definiciones encontradas, sin embargo resulta útil para los objetivos de este trabajo considerar la definición de sustentabilidad que hace Berdegue et al. (1995) desde dos puntos de vista: la agroecología y la administración:

- desde la agroecología (citando a Conway, 1986) se define como la capacidad de un sistema de recuperarse de condiciones adversas o perturbaciones, gracias en gran parte a su diversidad, pues cuenta con numerosas vías de canalización de energía y nutrientes;
- desde la administración (citando a Batie, 1989) se define como la administración humana de los recursos del planeta, lo cual conlleva una responsabilidad, frente a las especies no humanas y las generaciones futuras, de utilizar y conservar esos recursos sabiamente.

Los factores determinantes de la sustentabilidad ambiental que persigue el desarrollo agrícola según Gligo, 1987 y Mansvelt y Mulder, 1993 (ambos citados por Gastó et al., 1995):

- coherencia ecológica: corresponde al uso de los recursos ecosistémicos en función de su aptitud;
- estabilidad socioestructural: referida especialmente a aspectos de tenencia de la tierra;
- complejidad infraestructural: la infraestructura deberá favorecer y ayudar los flujos de entrada y salida desde el sistema (materia, energía e información);
- estabilidad económica-financiera: sin una rentabilidad económica adecuada y una capacidad de pago suficiente no es posible la estabilidad del ecosistema transformado;
- disminución de la incertidumbre y el riesgo: referido a conocimiento y experiencias en torno al manejo de prácticas y sistemas de producción ecológicamente coherentes que deberán promoverse para lograr un desarrollo agrícola ambientalmente sustentable.

Como conclusión, es importante destacar que el objetivo final del desarrollo del espacio rural es lograr calidad de vida, concepto que según Gastó et al. (1995) citando a CONICYT (1988) puede definirse como el grado en que los miembros de una sociedad humana satisfacen sus necesidades y desarrollan plenamente su potencial. Los mismos autores citando también a Zumerlinder (1979) señalan que se trata de un concepto que integra el

bienestar físico, social y mental de una persona y su grupo y lo relaciona con su medio ambiente. Si se considera que la agricultura juega un rol fundamental en el proceso de desarrollo global, como se mencionó anteriormente, el objetivo de conseguir calidad de vida no puede estar ajeno al desarrollo agrícola.

3.5 Escala de desarrollo

Un aspecto fundamental para el presente trabajo es el tema de definir la escala de desarrollo. Ya se ha mencionado en la sección 2 la ventajosa situación de la escala predial para la resolución de los problemas de agricultura y se ha revisado con detalle los fundamentos teóricos que sustentan el desarrollo de este tipo de ecosistema. Sin embargo, existen otras escalas mayores en las que es posible concebir el desarrollo de la agricultura como son la comuna, cuenca, región, país e incluso comunidad de países, por citar algunas, conforme a lo que Escobar *et al.* (1990, citando a Hart, 1980, 1982 y a Conway, 1983), definen como sistemas agrícolas jerárquicos y que plantea un marco útil para la investigación agrícola orientada al desarrollo. Gráficamente es representado en la figura 3.3. La importancia que se le atribuye en el presente trabajo al tema de la escala de desarrollo es graficada con un ejemplo en el que sistemas agropecuarios se hacen más sustentables en un contexto de integración en un mismo nivel jerárquico.

Cañas (1998) muestra un caso en que las 30.000 toneladas de vísceras, cabezas y recortes de salmón que se generan en las empresas faenadoras del país, de alto poder contaminante, se utilizan en la alimentación animal. Por medio de una autólisis se produce con estos desechos una proteína hidrolizada y un aceite sobrepasante del rumen. La proteína hidrolizada se está utilizando en la producción de cerdos en la X región, los que hozando topinambur como parte de una rotación de cultivos, permite obtener alrededor de 2.000 kg de carne / ha. Además aumenta el nivel de nitrógeno y fósforo en el suelo, mejorando el rendimiento de los siguientes cultivos de la rotación. Por otra parte, el aceite es transformado a ácidos grasos sobrepasantes del rumen que son utilizados en la producción de vacas lecheras de alto rendimiento. De esta forma tanto los sistemas generadores de

desechos como los utilizadores de ellos, a modo de una simbiosis, se ven favorecidos aumentando su sostenibilidad ecológica y económica, y contribuyendo a un desarrollo global cuya escala sobrepasa al propio sistema productivo.

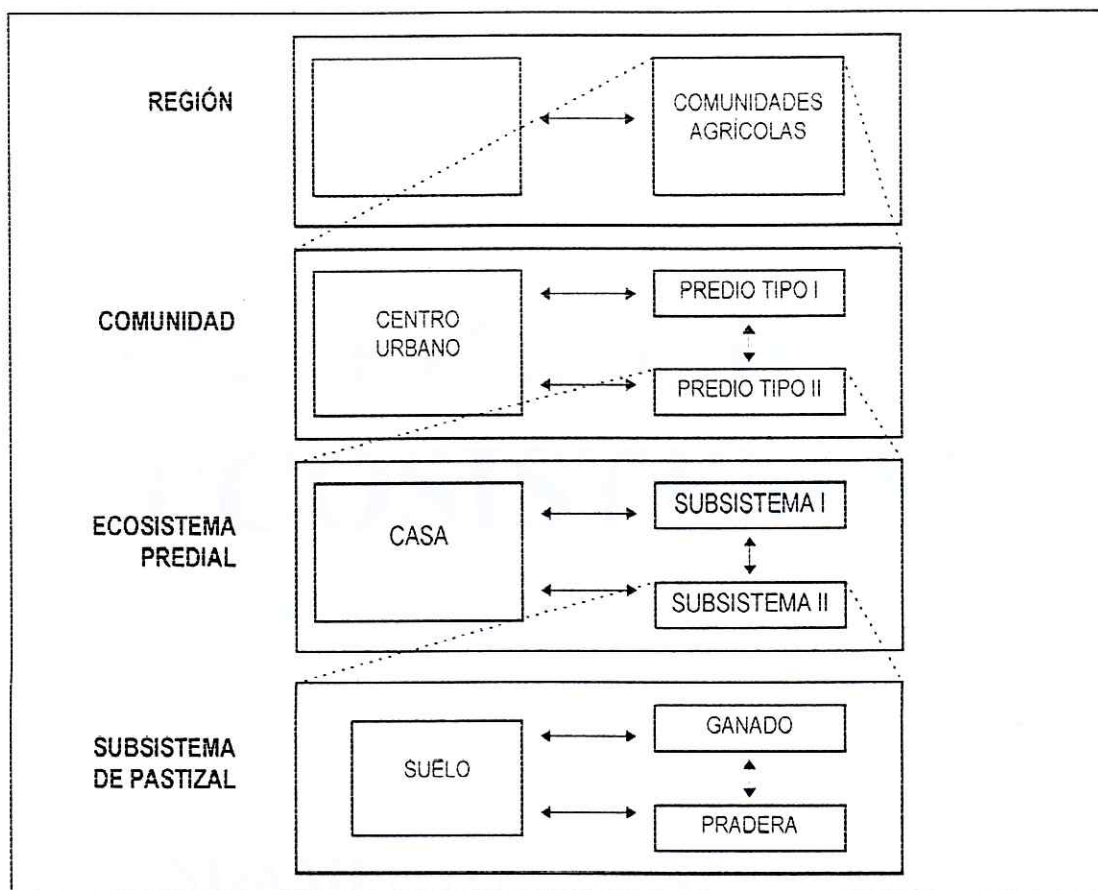


Figura 3.3: Ejemplo de una jerarquía de sistemas agrícolas (adaptado de Escobar et al., 1990).

Para el agente de desarrollo, el primer paso es definir la o las escalas de trabajo. A medida que se pase de un nivel jerárquico a otro algunas características de los sistemas pasarán a ser relevantes y otras irrelevantes, y por tanto el siguiente paso será responder a la pregunta de qué es lo que realmente interesa para el desarrollo del sistema dentro de la escala seleccionada. Para este trabajo se ha seleccionado una escala comunal y se postula como elemento central para el desarrollo de la agricultura una tipificación de los ecosistemas prediales existentes, tema que será explicado con detalle en la siguiente sección.

4. TIPIFICACIÓN DE ECOSISTEMAS PREDIALES

FUNDAMENTOS Y EXPERIENCIAS

4. Tipificación de ecosistemas prediales. Fundamentos y experiencias.

Como ya se ha mencionado, este trabajo se basa en el supuesto que una escala comunal de desarrollo agrícola hace necesaria una clasificación de sistemas productivos, a fin de fortalecer y readaptar los sistemas de cada tipo en su progreso al estado meta. Se asume también que la sumatoria de los estados óptimos de todos los ecosistemas-predio conduce al estado de mayor desarrollo de la agricultura del territorio comunal.

En esta sección se pretende ahondar en el tema de la clasificación de sistemas agrarios. En una primera parte se presenta este procedimiento como parte fundamental de una forma global de hacer investigación con enfoque de sistemas. Posteriormente se analizan dos metodologías para agrupar sistemas en categorías aplicadas tanto en Chile como en otros países del continente, ambas en el contexto de la investigación que RIMISP está realizando, y se muestran los resultados obtenidos.

4.1 Investigación con enfoque de sistemas y tipificación

Norman y Collison (1985) señalan que el primer paso en el diagnóstico de la agricultura de una localidad es la agrupación de sistemas, idea que también menciona Altieri (1997) refiriéndose particularmente a los agroecosistemas de zonas tropicales. El procedimiento de tipificación es también uno de los pasos iniciales en el modelo general de investigación en sistemas que es propuesto por Escobar *et al.* (1990) y que es representado en la figura 4.1. En él, todas las actividades de las fases subsiguientes se ordenan según categoría de predio, las que incluyen: caracterización en profundidad de predios tipo y diseño de alternativas tecnológicas con experimentación y difusión masiva de los resultados.

Escobar *et al.* (1990) señalan también que el investigador, en base al propósito del estudio, determinará las características de los sistemas a partir de las que puede lograr una clasificación útil, por lo que toda tipificación será función de los objetivos formulados. Es

así como luego de hacer una extensa revisión bibliográfica, agrupa los numerosos estudios de clasificación encontrados en función de cuatro objetivos generales:

- 1) ayudar al conocimiento de la dinámica de desarrollo agrícola de una región;
- 2) apoyar el diseño de políticas agrícolas;
- 3) facilitar la definición de políticas de investigación y transferencia de tecnología y
- 4) gestionar proyectos concretos de investigación y desarrollo.

Un concepto que ayuda a entender mejor aún las razones por las cuales se hace conveniente agrupar los sistemas productivos es el de dominios de recomendación, que Escobar et al. (1990) definen bajo tres características:

- 1) está basado en agrupación de agricultores;
- 2) maximiza la variación entre grupos y minimiza la variación dentro de cada grupo y
- 3) se puede hacer para los grupos más menos la misma recomendación.

El supuesto que sustenta este concepto es que si todos los agricultores tienen un mismo sistema de cultivo es porque han hecho ajustes similares frente a un conjunto de restricciones que todos enfrentan y que, como resultado de tales ajustes, deben estar enfrentando el mismo conjunto de condiciones agroclimáticas y socioeconómicas. Los autores proponen detectar estos dominios como “centro” en la Metodología de investigación en sistemas. Una vez identificados estos “estilos de agricultor”, se hará investigación a fin de dar a cada uno la recomendación tecnológica más adecuada en el menor tiempo posible.

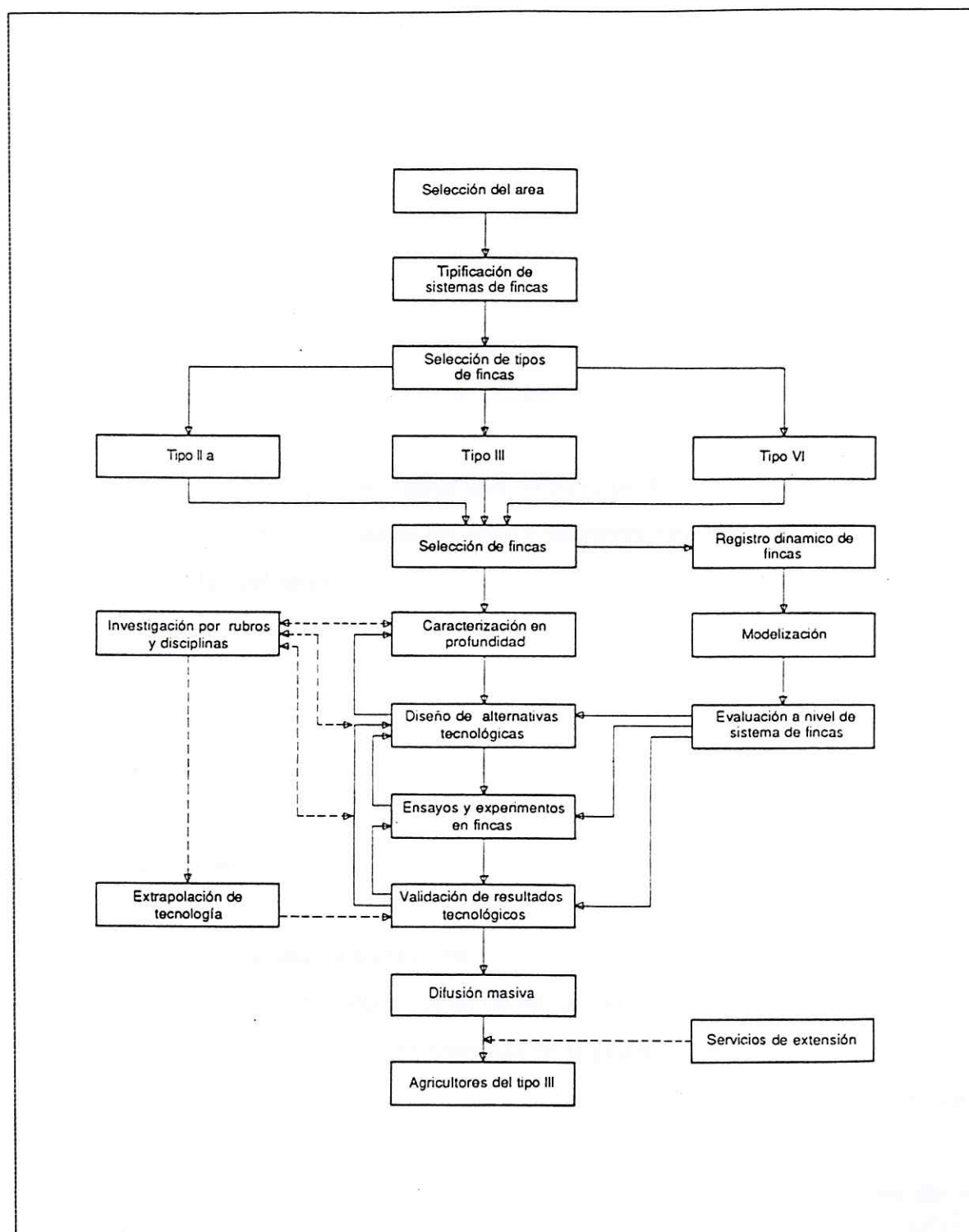


Figura 4.1: Etapas en la investigación de sistemas agrícolas (Escobar et al., 1990).

4.2 Experiencias de tipificación. Metodologías y aplicaciones

4.2.1 Propuesta metodológica general de RIMISP.

El caso de la provincia de Ñuble en la VIII región del Biobío en Chile¹

La propuesta metodológica que sintetiza la experiencia de RIMISP consta de seis fases dentro de un proceso de carácter iterativo:

- 1) determinación de un marco teórico específico para la tipificación y clasificación;
- 2) selección de variables a nivel de sistema predial, que permitan la operacionalización del marco teórico;
- 3) aplicación de encuestas y otros medios para recolección de datos;
- 4) análisis estadístico multivariado de los datos e interpretación de los resultados;
- 5) validación de la tipología y
- 6) clasificación de nuevos predios.

Esta metodología ha sido utilizada en forma similar por investigadores en países de Latinoamérica como Brasil, Ecuador, Colombia, Guatemala y Chile. A continuación es explicada a través de un ejemplo de aplicación que consiste en la tipificación y clasificación de sistemas de producción campesinos desarrollada para la provincia de Ñuble en nuestro país en el año 1988 por el Grupo de Investigaciones Agrarias (GIA).

1) *Determinación de un marco teórico.* Para este ejemplo se elaboró un modelo conceptual en función de los siguientes objetivos de investigación:

- entregar una primera imagen ordenada de la pequeña agricultura ñublense, lo que aporta a la elaboración de un diagnóstico provincial de los sistemas de producción campesinos y
- permitir la selección de una muestra de explotaciones representativas de los principales tipos de sistemas de producción, con el objeto de focalizar en ellos las actividades posteriores de investigación, sabiendo cual es la población representada en cada caso.

¹ La información contenida en esta parte es una breve síntesis de lo expuesto en Escobar *et al.* (1990).

- 2) *Selección de variables a nivel de sistema predial.* Se escogen variables descriptivas en función de la tipificación y sus objetivos. Para el ejemplo se definió un listado de 72 variables.
- 3) *Recolección de datos.* Para esta aplicación, se definió una población objetivo y posteriormente la provincia se dividió en 10 Zonas de Paisaje Agrícola² (ZPA). Se calculó el tamaño de la muestra total y por ZPA a partir de los datos de la Encuesta Maestra Agropecuaria del Instituto Nacional de Estadística (INE), para el período 1986-1987 y del Censo de Población 1982 del INE, que proporcionaron estimaciones de la varianza total y por ZPA de la variable Tamaño de la Explotación y de la cantidad total de agricultores existentes en la zona. Mediante un procedimiento estadístico³ se determinó el tamaño total de la muestra en 224 explotaciones y que serían seleccionados en forma aleatoria en cuadrantes de 1 km, marcados en Cartas Generales de escala 1:50.000 (56 cuadrantes en la provincia). A partir del listado de variables se confeccionó un cuestionario que incluyó preguntas suficientes para captar los datos requeridos para el cálculo de los valores de las variables. La información recogida mediante encuestadores logró una base de datos de 213 archivos para cada una de las variables, lo que conformó la matriz (72 variables x 213 observaciones válidas).
- 4) *Análisis estadístico multivariado de los datos e interpretación de los resultados*⁴. Las técnicas de análisis estadístico multivariado fueron seleccionadas por RIMISP como herramientas idóneas para para la clasificación y tipificación de sistemas por una razón principal: el concepto de sistema predial es multivariado, en el sentido de que es de su esencia la idea de varios componentes o subsistemas interactuando en el tiempo y en el espacio, así como en relación con suprasistemas de diversa naturaleza. Los métodos estadísticos multivariados permiten operacionalizar el sentido heurístico de la teoría de sistemas, aplicada al problema de clasificar y tipificar sistemas prediales. Para el

² Las ZPA constituyen territorios básicamente homogéneos desde el punto de vista agroecológico y también relativamente uniforme en su orientación productiva.

³ Ecuación de Sukhame.

⁴ La totalidad de este paso se realizó usando un microcomputador y el programa estadístico SPSS Plus, versión 2.0.

presente ejemplo, y la mayoría de los proyectos de RIMISP, las etapas del análisis son las siguientes:

4.1) *Selección de atributos que efectivamente se comporten como variables.*

- Cálculo de los coeficientes de variación de cada una de las variables, para descartar del análisis las que carecen de poder discriminatorio. En el caso de Ñuble fueron eliminadas 4 ($CV < 50 \%$).
- Cálculo de una matriz completa de correlaciones entre las variables, obteniéndose 11 bloques de variables correlacionadas. De cada bloque se seleccionó una variable llegando a una lista de 41 variables.
- Se filtró nuevamente la información eliminándose 12 variables para llegar a un listado definitivo de 29, independientes entre sí y expresiones relevantes de la estructura, funcionamiento, objetivos y restricciones de los sistemas de producción (Anexo 1).

4.2) *Análisis factorial para reducir la dimensionalidad del problema.* Con las variables seleccionadas se procede a la aplicación de alguna técnica de *análisis factorial*. Según los autores, este análisis permite finalmente obtener información que permite identificar los fenómenos socioeconómicos, agroecológicos, tecnológicos, de capacidad de gestión, etc., que determinarán la existencia de tipos de sistemas prediales. La información generada toma la forma de *factores principales*, que para el caso Ñuble en donde se aplicó el ACP⁵ se conocen como componentes principales y son combinaciones lineales de las variables originales que además tienen varianza máxima, no están correlacionadas con los restantes componentes principales y cuyos coeficientes elevados al cuadrado suman 1.

⁵ ACP o análisis de componentes principales es un procedimiento estadístico perteneciente a la familia de los análisis factoriales.

El ACP generó ocho componentes principales que en total dan cuenta del 75 % de la varianza de la matriz original (29 x 213), como se indica en el Cuadro 4.1. Según los autores, estos factores reflejan adecuadamente las características centrales de la agricultura campesina ñublense del momento.

Cuadro 4.1 Componentes principales y su interpretación

Componente	Variables	Cargas Factoriales	Interpretación
PRIMERO	ZV59	Ingreso bruto vtas. agrícolas	Resultados económicos y orientación remolachera
	ZHRT	Superficie	
	ZV64	Ingreso bruto total.	
	ZV68	Ingreso bruto total/activo.	
	ZV15	Valor total estimado equipos.	
SEGUNDO	ZV18	Sup cultivada/Sup agrícola.	Medierías de tierra e intensidad de uso del suelo en cultivos anuales
	ZV20	Sup cultivos anuales/Sup arable.	
	ZV27	Sup Cult en medias/Sup cult.	
	ZV11	Sup propia/Sup de la explotac.	
TERCERO	ZHPT	Superficie frijol.	Orientación frijolera-ganadera
	ZV60	Ingreso bruto por vtas pecuar.	
	ZV41	Rendimiento de frijol	
	ZV37	Total unidades animales	
CUARTO	ZV47	(Nitrógeno/ha de trigo)/dosis rec.	Nivel de tecnificación del cultivo de trigo
	ZV13	Localizac. zona paisaje agrícola	
	ZV46	(Kg Sem 2a./ha de trigo)/dosis rec.	
	ZV40	Rendto de trigo	
QUINTO	ZV61	Ingreso bruto por salarios	Trabajo asalariado
	ZV05	% trabajo extra predial	
SEXTO	ZV22	Sup viñas y frut/Sup arable	Orientación vitivinícola
	ZV21	Sup de viñas	
SEPTIMO	ZHLT	Superficie de lenteja	Condición de secano
	ZV10	Sup regada/Sup de la explotación	
OCTAVO	ZHAT	Superficie de arroz	Orientación arrocería

Fuente: Escobar et al., 1990

4.3) *Análisis de conglomerados (AC)*⁶ empleando como variables clasificatorias un número reducido de factores principales. En el caso Ñuble, se empleó como medida de distancia la Distancia de Mahalanobis y el método de conglomeración de Enlace Promedio⁷. Como resultado principal se obtuvo un Dendograma (Figura 4.2) y un calendario de conglomeración (Figura 4.3), elementos con los cuales se identificaron grupos de explotaciones que darían origen, tras su descripción, a los tipos de sistemas de producción.

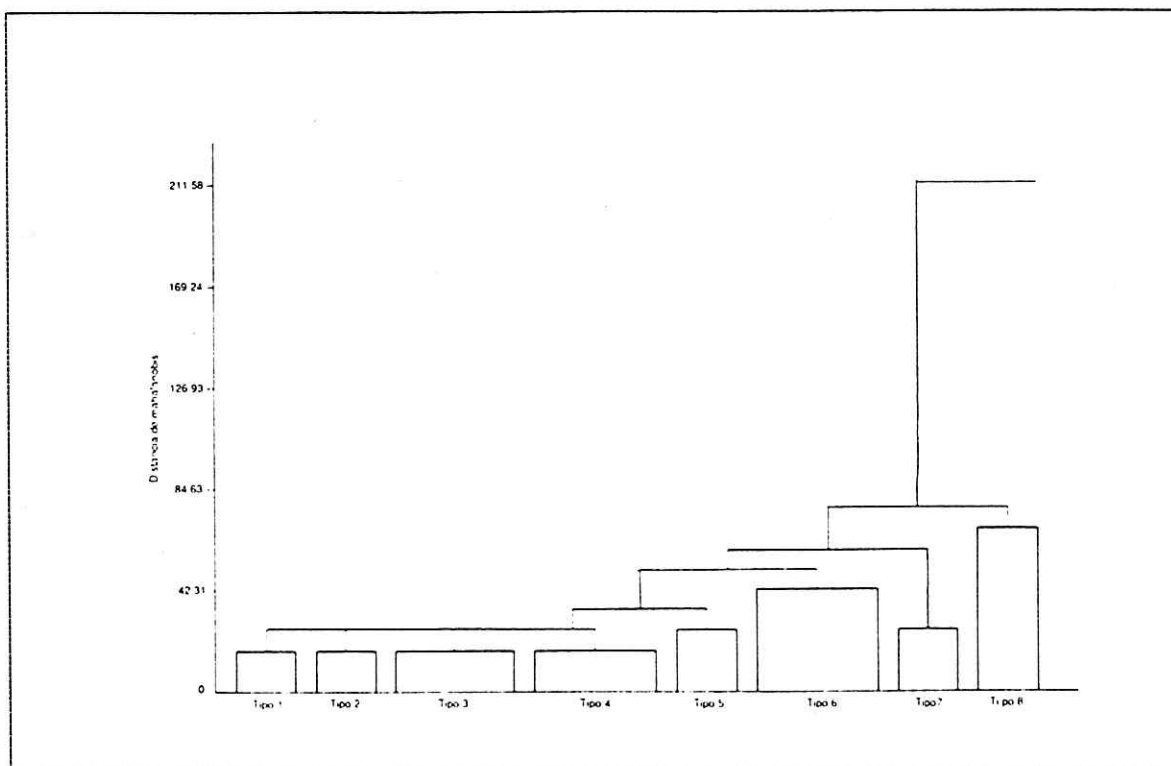


Figura 4.2 Esquematación del dendograma del análisis de conglomerados

(Escobar *et al.*, 1990)

⁶ Se trata de una técnica de clasificación jerárquica ascendente en la cual se establecen las distancias entre p puntos (observaciones) en una nube n -dimensional (donde n es el número de variables) y se procede a la unión, en un mismo conglomerado, de los puntos más cercanos entre sí. Un conglomerado así generado se puede unir a otro punto o a otro conglomerado en un paso posterior, llegando entonces a una jerarquía de conglomerados que tiene por límite, en un extremo, p "conglomerados" (cada observación es un conglomerado) y en el extremo opuesto un solo conglomerado, que incluye la totalidad de las observaciones.

⁷ Método que calcula la media de las distancias entre dos puntos, uno en cada grupo, y une en cada paso (nivel jerárquico) los grupos con menor promedio de distancias

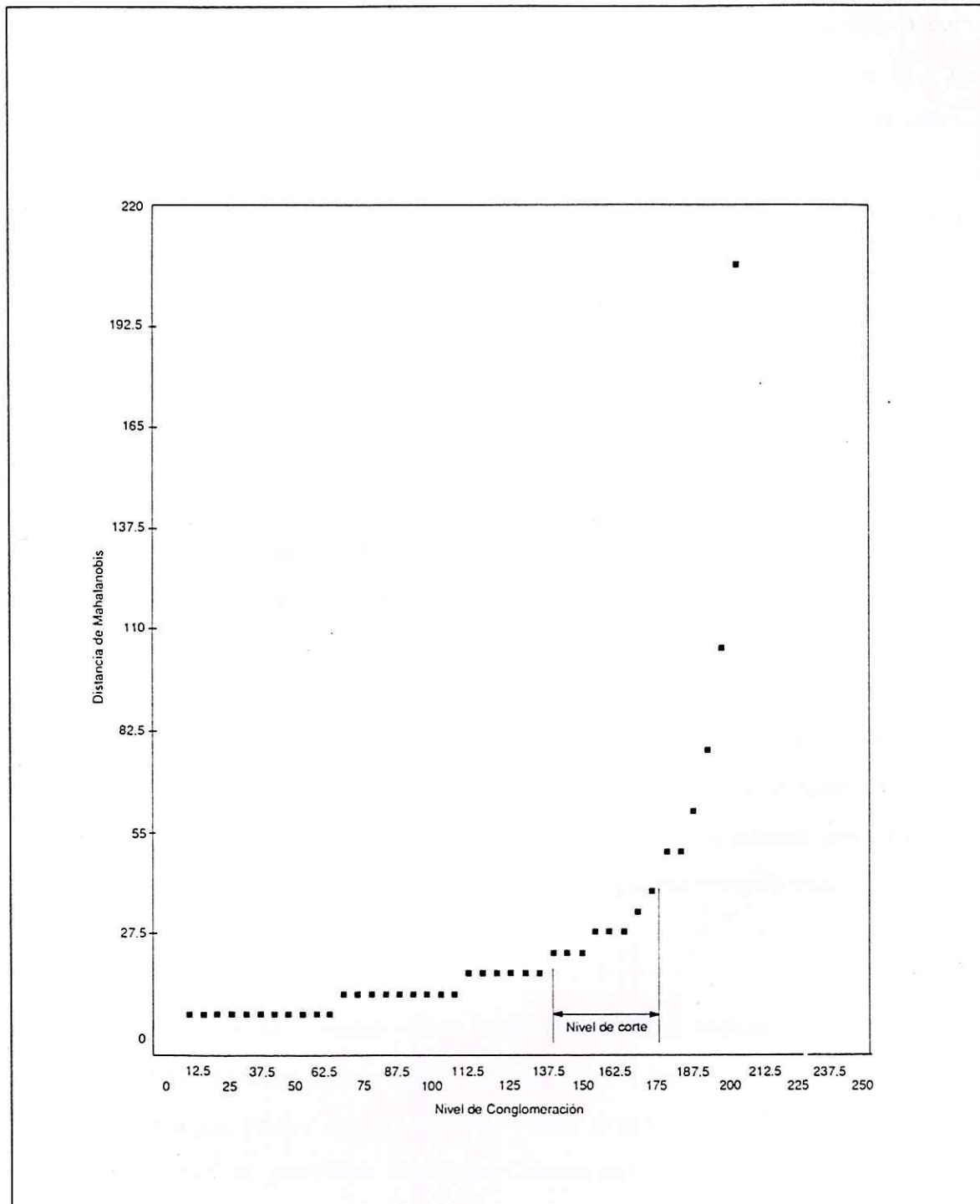


Figura 4.3 Calendario de conglomeración.

(Escobar et al., 1990)

4.4) *Descripción de los tipos seleccionados.* Dada una clasificación jerárquica, el investigador observará en el dendrograma un nivel que aparezca como interesante desde el punto de vista del número de grupos que arroja, y procederá a describir los tipos para determinar su identidad y naturaleza. Dependiendo del resultado confirmará dicha selección de tipos o la modificará en alguno de los posibles sentidos indicados al final del punto anterior. Para el caso Ñuble los tipos de sistemas resultantes del AC fueron descritos cuantitativamente por medio del cálculo de las medias, desviaciones estándar y de los rangos (o histogramas y tablas de contingencia, en el caso de las variables cualitativas), de cada una de las 72 variables.

5) *Validación de la tipología* Los sistemas prediales clasificados y tipificados como resultado de la aplicación de técnicas de análisis multivariado deben ser *validados* mediante una contrastación con el marco teórico original y con los objetivos del proyecto. En base a la experiencia de la Red, este paso puede ser realizado de forma análoga al caso Ñuble en que se validó la clasificación con informantes calificados que conocían la región y con la ayuda de una panel de expertos que analizaron críticamente la tipología. A partir de la descripción cuantitativa, se elaboró además una descripción cualitativa de cada tipo de sistemas (Cuadro 4.2), la que fue revisada exhaustivamente en terreno.

6) *Clasificación de nuevos predios.* En el transcurso de fases posteriores de investigación de sistemas prediales generalmente es conveniente determinar a cual de los tipos pertenece algún predio que no fue muestreado originalmente. En este ejemplo, por medio de AD⁸ se generaron Funciones Discriminantes Canónicas las cuales, por sí mismas o en combinación con un gráfico denominado Mapa Territorial⁹ (Figura 4.4),

⁸ AD es el método de Análisis Discriminante

⁹ Con la aplicación de sólo las dos primeras Funciones Discriminantes Canónicas (que en conjunto explican el 69% de la varianza total) a cualquier explotación determinada, se calculan las coordenadas de la observación en el Mapa Territorial, en el cual se encuentran delimitados los "territorios" de cada uno de los tipos de sistemas de producción. La mayor o menor similitud de las observaciones con el tipo de sistema se puede

permite la rápida y precisa clasificación de cualquier explotación de la provincia de Ñuble, según la tipología desarrollada.

Cuadro 4.2 Tipos de sistema descritos en la Provincia de Ñuble

Tipo de sistema	Descripción breve
1	<i>Minifundistas asalariados</i> con sistemas para el autoconsumo y con ingresos de actividades asalariadas y condiciones generales de mucha pobreza.
2	<i>Minifundistas propietarios</i> que por mediería logran una explotación de tamaño mediano, principalmente de trigo-viña con orientación al mercado.
3	<i>Microfundio</i> que por vía de medierías llegan a un mínimo aceptable y que se ubican en el área de secano, sus condiciones son de extrema pobreza
4	<i>Minifundio</i> en que destaca una rotación poroto-trigo-pradera natural de orientación al autoconsumo y con un componente de mediería
5	<i>Dueños de sitios de vivienda</i> que toman tierras en medias y con estas conforman una explotación agrícola mínima no mayor a 0,5 ha orientada al autoconsumo
6	<i>Medianos productores de las zonas de suelos Arrayán</i> que basados en un sistema trigo-remolacha-animales y orientados totalmente al mercado, generan ingresos bastantes altos
7	<i>Medianos propietarios del secano interior Sur</i> de orientación marcadamente vitivinícola
8	<i>Campesinos en proceso de descampesinación</i> con alta masa ganadera y alta tecnificación en cultivos especialmente la remolacha

Fuente: Escobar *et al.*, 1990

juzgar visualmente a partir de la distancia gráfica entre sus coordenadas y las del Centroides Tipo, el cual también se encuentra indicado en el Mapa Territorial.

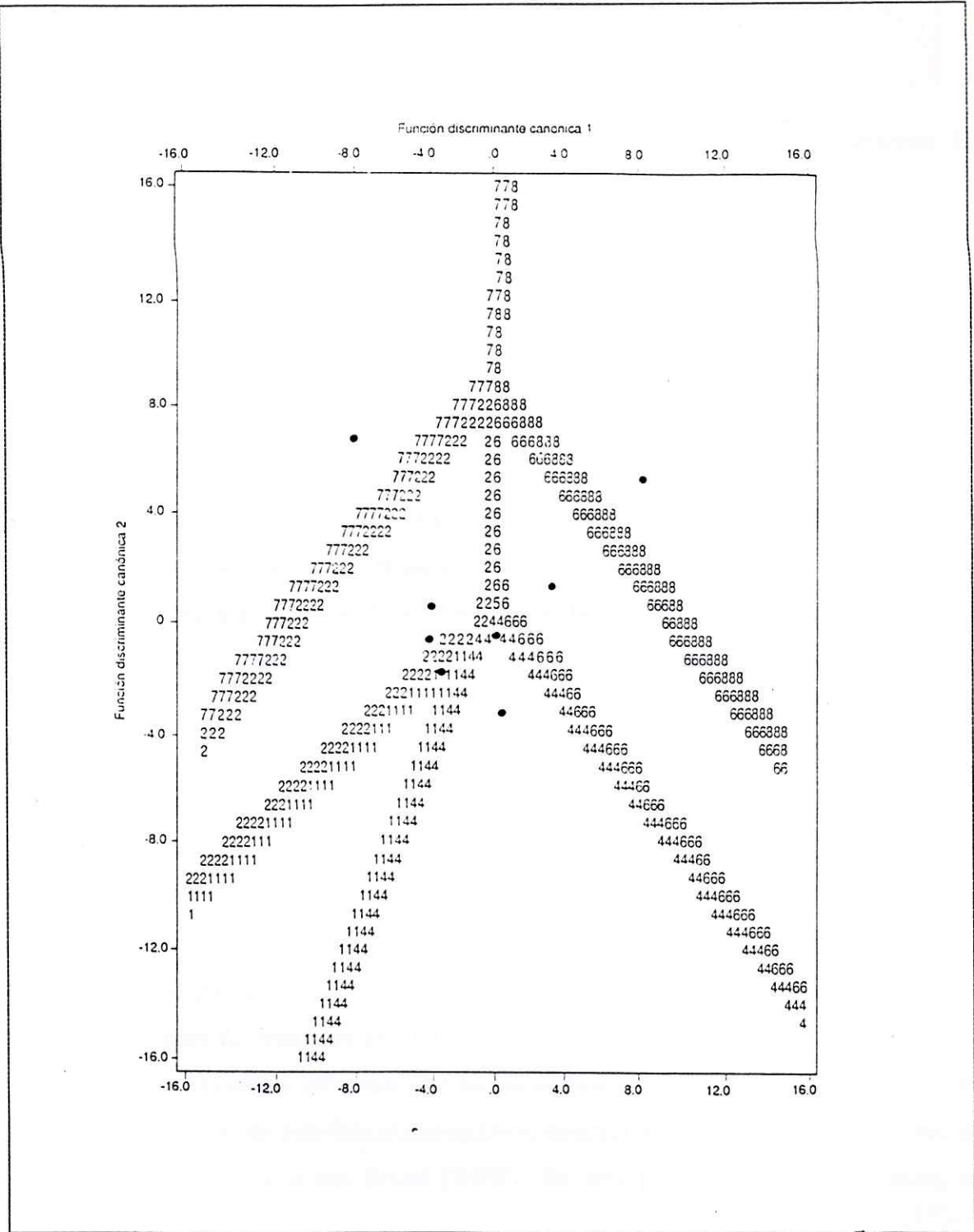


Figura 4.4 Mapa territorial de las dos primeras funciones-discriminantes canónicas. Los circuitos marcan los centroides de cada tipo y los números las fronteras de los tipos respectivos (Escobar et al., 1990).

4.2.2 Propuesta metodológica en base a herramientas SIG.

El caso del Municipio de Campinas en San Pablo, Brasil¹⁰

Con el apoyo de RIMISP y del CIID¹¹, ECOFUERZA¹² desarrolló en el municipio de Campinas, un proyecto que tuvo los siguientes objetivos:

- 1) desarrollar una metodología, basada en SIG, para caracterizar de forma integrada y amplia la capacidad del uso agrícola de las tierras;
- 2) consolidar una metodología de caracterización del uso actual de las tierras y de los principales sistemas de producción, con base en SIG e imágenes orbitales;
- 3) desarrollar una metodología, apoyada en SIG, de caracterización de impacto ambiental de la actividad agrícola y de los insumos, en escala microrregional, sobre el suelo, el agua, el aire, la vegetación y la fauna y
- 4) consolidar una metodología de evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción de los pequeños agricultores, apoyada en SIG, en la escala de comunidades, cuencas o municipios (microrregional).

Dadas las características de este Seminario, se centrará la atención en el segundo de los cuatro objetivos formulados en el Proyecto por tener la relación más directa con el tema de la clasificación de los sistemas prediales. El objetivo mencionado se dividió a su vez en dos subobjetivos, cuyo logro se basó en el uso de cartas topográficas del IBGE (Instituto Brasileño de Geografía y Estadística), el uso de sistemas de percepción remota (SPR) como son el tratamiento de imágenes satelitales multiespectrales (LANDSAT TM5 y SPOT) y confirmaciones en campo, utilizando una escala unificada de 1:50.000 y la versión 2.4 del *software* de Sistemas de Información geográfica, desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil (INPE). En una primera parte se explicará en

¹⁰ La información de esta parte es una síntesis del contenido en Miranda *et al.*, 1995, salvo la sección (a) que se basa en Álvarez, D., M.Lira, J. Pouget y E. Cavides, 1997.

¹¹ CIID es el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá.

¹² ECOFUERZA es una Organización no gubernamental para la investigación y desarrollo en el Brasil.

términos generales los sistemas utilizados para posteriormente ahondar en la aplicación realizada en el Municipio de Campinas.

4.2.2. a) Los Sistemas de Percepción Remota (SPR)

La Percepción Remota se refiere a un registro a distancia de una señal electromagnética (información espectral), proveniente de cubiertas terrestres. Dicha señal puede ser medida a partir de varios sistemas sensores, tales como: cámaras de video, máquinas fotográficas, radiómetros o espectralradiómetros. Dichos aparatos pueden instalarse en plataformas satelitales o en avión, aunque también han sido concebidos para efectuar mediciones a nivel terrestre, ya sea como equipos portátiles, o bien soportados por una estructura. El concepto es en realidad más extenso e incluye desde la construcción de los equipos que realizan las mediciones hasta el tratamiento e interpretación de los datos registrados, con todas las herramientas metodológicas, softwares computacionales de procesamiento de la información y los profesionales concernidos en cada una de las etapas de este complejo sistema.

Tipos de SPR. Existen dos tipos de teledetección: *pasiva* y *activa*. El primer tipo puede, en sentido amplio, ocurrir de dos maneras: aquella en la que el sistema registra la reflexión de la luz solar por las cubiertas terrestres y la otra, generada debido a que todo cuerpo por encima de 0°K, absoluto, emite calor y, mientras mayor sea su temperatura, menor es la longitud de onda que emite, principalmente en la región del infrarrojo térmico donde es captada por el sensor. El segundo tipo recibe este nombre debido a que se envía una señal desde el sistema (radar o scaterómetros), la cual por lo tanto no proviene del sol, sino de un haz electromagnético propio en la longitud de microonda o hiperfrecuencia. La señal rebota en el objeto y se realiza su teledetección por el sistema sensor.

Sistemas satelitales. Los SPR pueden clasificarse básicamente en tres tipos, cada uno con sus características propias: *Sistemas satelitales*, *aviones* y *SPR de terreno*. Los satélites,

dentro de su función particular, se agrupan en tres categorías: de alta resolución espacial, de alta resolución temporal y de alta resolución espectral.

Sistemas satelitales de alta resolución espacial. Se caracterizan por ser los de mayor detalle en describir la superficie terrestre. Dentro de esta categoría destacan varios satélites cuyas imágenes fueron utilizadas en el Proyecto Campinas. LANDSAT TM5 presenta un mapeador temático con siete canales de captación de la señal (tres en el visible, uno en el infrarrojo próximo, dos en el infrarrojo medio (región de absorción del agua) y un canal en el térmico. El tamaño de pixel es de 30 m y tiene una cobertura temporal de 16 días. SPOT es un satélite francés que opera en dos modos: un modo multispectral (XS) y un modo pancromático (Anexos 2, 3 y 4). En ambos la resolución temporal es de 2 a 26 días. El modo multispectral consta de un sensor HRV (alta resolución en el visible), con tres canales, dos en el visible y uno en el infrarrojo medio, y cuenta con un pixel de 20 m. El modo pancromático (en blanco y negro), por su parte, tiene una resolución espacial de 10 m.

Los Sistemas Sensores. Todo sistema (satelital, radiómetro o espectrorradiómetro) percibe la reflectancia de una unidad llamada *pixel* y cuyo valor corresponde al promedio de las características espectrales de las cubiertas que lo constituyen al momento de paso del satélite, denotando la intensidad de la señal electromagnética emitida por ellos. La información es almacenada y se puede restituir en *formato analógico* que proporciona imágenes en papel para la interpretación visual, y/o en *cinta magnética*, para el uso de softwares de procesamiento.

SIG y Percepción Remota. La información resultante del procesamiento de los datos obtenidos (clasificaciones, índices radiométricos, entre otros) puede ser integrada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), que es un complejo informático concebido para poder almacenar, gestionar y analizar volúmenes de datos muy superiores a las posibilidades ofrecidas por los métodos tradicionales. La virtud del sistema es que, además, permite referenciar geográficamente estos datos y sus atributos asociados, haciendo

emerger una nueva aprehensión del espacio. El SIG permite también un enfoque multidisciplinario, pues los datos manipulados pueden ser muy heterogéneos. Las cartas de vegetación, cobertura vegetal, fitovolumen o fitomasa, por ejemplo, pueden coexistir e interactuar con sondeos sobre ocupación de tierras, cartas de suelo, datos demográficos, geológicos, climáticos u otros. Para graficar su amplio espectro de utilización, un buen ejemplo aunque no relacionado con el área de recursos naturales es el uso que se le da al SIG para la administración del Sistema de Distribución de Electricidad de la región Metropolitana en nuestro país¹³.

4.2.2. b) SPR y tipificación de sistemas en Campinas

El primer subobjetivo de esta etapa del proyecto fue definir preliminarmente las categorías de uso de las tierras en el municipio. Para ello, fueron interpretadas las imágenes de satélite e incorporadas al SIG, junto con la digitalización de los límites municipales. De esta forma se obtuvieron 17 categorías de uso. Tras una verificación de campo, se digitalizó el mapa de uso actual de las tierras. Las principales etapas metodológicas fueron las siguientes:

- 1) definición preliminar de las categorías de uso agrícola y no agrícola de las tierras en el municipio de Campinas;
- 2) adquisición de imágenes de satélite SPOT y LANDSAT TM (bandas 3, 4 y 5), en composición falso color (papel), y digital de una fecha reciente al estudio;
- 3) digitalización de los límites del municipio de Campinas en el SIG, para extracción de su área en las imágenes;
- 4) traslado de los archivos digitales correspondientes, al sistema de tratamiento de imágenes de satélite (SITIM);
- 5) tratamiento digital de las imágenes de satélite en el SITIM, para diferenciar y delimitar, preliminarmente, las categorías de uso de las tierras;
- 6) identificación analógica y delimitación preliminar de las categorías de uso de las tierras, en combinación de falso color;

¹³ Dato obtenido desde CHILECTRA METROPOLITANA, comunicación personal.

- 7) digitalización de los resultados y traslado hacia el SITIM;
- 8) combinación de los tratamientos visual y digital, en 17 categorías de uso de las tierras;
- 9) verificaciones terrestre de forma difusa y concentrada;
- 10) mapeo de los usos agrícolas de la tierra, de forma definitiva y
- 11) vectoreo del mapa de uso de las tierras y traslado de los datos al SIG (Figura 4.5).

Como segundo suobjetivo, se identificaron los sistemas de producción (SP). Junto con la identificación de los usos de las tierras, fueron establecidas hipótesis de relación entre usos y sistemas. Posteriormente, fueron revisados en campo y se digitalizaron, de forma preliminar los sistemas de producción. A continuación se mustrearon predios y se realizaron seguimientos de algunas de ellas. De esta forma se obtuvieron los coeficientes técnicos de los sistemas de producción y de los usos de las tierras, con la posterior cuantificación para 1 ha de cada cultivo. Se creó un banco de datos sobre los sistemas de producción del municipio. Realizados los ajustes necesarios entre los sistemas y los usos, se obtuvo el mapa final de los principales sistemas de producción y fue articulado con el banco de datos. Las principales etapas metodológicas fueron las siguientes:

- 12) identificación preliminar de los principales sistemas de producción, en relación con los usos agrícolas de las tierras;
- 13) inventario de los usos de las tierras y elaboración de hipótesis; acerca de la variabilidad existente entre usos y sistemas de producción;
- 14) verificación de las hipótesis acerca de los sistemas de producción y los usos, a partir de levantamientos y encuestas de campo en una muestra de predios;
- 15) para los usos que comprendían más de un sistema de producción, muestreo complementario de predios;
- 16) mapeamiento preliminar de la repartición espacial de los principales sistemas de producción, en interacción con los usos de las tierras;
- 17) cuantificación a partir de los coeficientes técnicos a partir del levantamiento (1 uso = 1 SP);

- 18) evaluación final de la variabilidad de los sistemas de producción, en el interior de los principales usos de las tierras, y ajustes finales del mapa de sistemas de producción;
- 19) cuantificación y homogenización de los impactos ambientales de los sistemas de producción, para 1 ha de cada tipo de uso, apoyado en los trabajos de campo y complementado con datos de literatura;
- 20) creación de un banco de datos numérico de coeficientes técnicos de los sistemas de producción, y rotulación del mapa de uso actual de las tierras, para posibilitar su asociación con el banco de datos SIG y
- 21) análisis, verificación y síntesis de los métodos de caracterización del uso actual de las tierras, de los principales SP y de sus coeficientes técnicos.

El mapa final del uso de las tierras, representó un instrumento para la organización del muestreo y del seguimiento de los predios, facilitando la descripción técnica de los sistemas de producción vinculados a las unidades de uso de las tierras. La descripción que se realizó a los predios, por tener una finalidad última de servir para una evaluación de la sostenibilidad agrícola a nivel de microrregión, se basó en indicadores que pudieran dar información acerca de:

- uso de N como fertilizante (kg / ha / año);
- impacto de las prácticas agrícolas sobre la vegetación natural;
- generación de empleo por parte de los sistemas existentes en la microrregión (JH / ha / año);
- rentabilidad económica de los sistemas y sostenibilidad financiera;

Muchas veces, un mismo tipo de uso de tierras incluía implicar en dos o tres sistemas de producción diferentes. La construcción de ese banco de datos geocodificable, representó un esfuerzo complejo de integración de datos numéricos y geográficos.

Las técnicas y estrategias de muestreo, cumplieron un rol importante en este caso, ya que no se disponía de mapas de catastro rural actualizados y unificados del conjunto del municipio de Campinas. Cien predios fueron estudiados y de éstos, cuarenta fueron objeto

de un seguimiento dinámico simplificado. Datos de literatura y entrevistas con investigadores y extensionistas, contribuyeron para completar el banco de datos.

Los resultados de la investigación no son presentados en la publicación como tipos de sistema a diferencia de la metodología presentada en el punto 4.2.1. La tipificación obtenida es implícita pues sirvió de base para las otras etapas del proyecto como fue evaluar el impacto ambiental y la sostenibilidad de la agricultura de la microrregión (Figura 4.6 y 4.7). Se logró una tipificación implícita porque en cada una de las cartas finales de resultados, al tratarse de una base datos geocodificada, en cada polígono diferenciado están los sistemas productivos más importantes. Es decir, por ejemplo en el mapa de sustentabilidad económica y ambiental, el área señalada como “renta media e impacto ambiental medio” tiene asociada una base de datos que contiene la información de los principales sistemas productivos que bajo ciertos criterios y tras una evaluación técnica entran en esa categoría, osea se puede hablar perfectamente de un tipo de sistemas definido por el criterio sustentabilidad (que es a la vez un multicriterio ecológico y económico).

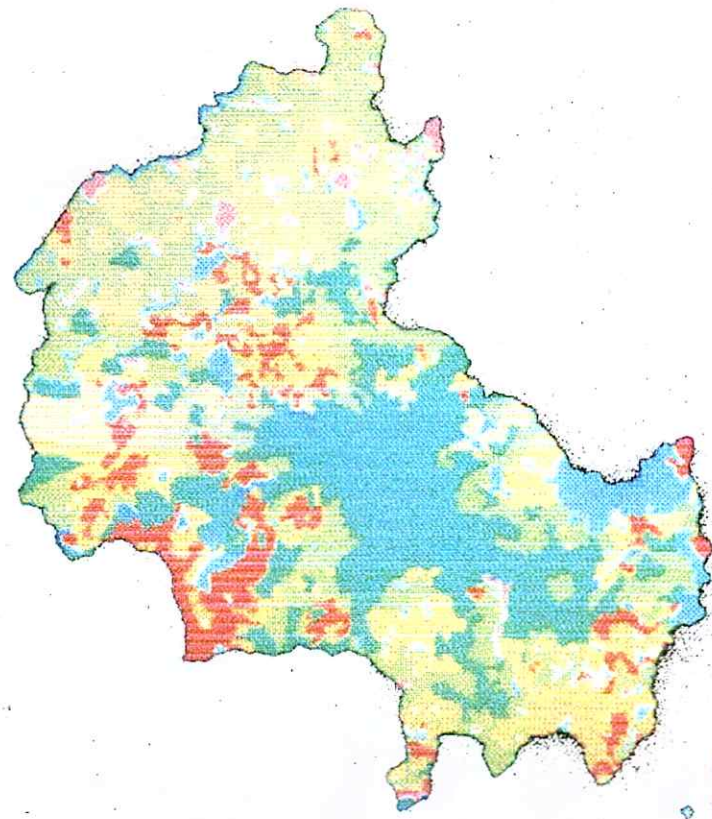
Finalmente los resultados de la investigación consiste en las siguientes cartas que representan bases de datos SIG y para las cuales es válida la explicación anterior¹⁴:

- 1) Mapa de capacidad de uso de las tierras;
- 2) M. del uso actual de las tierras (Figura 4.5);
- 3) M. de síntesis del impacto ambiental de las actividades agrícolas (Figura 4.6);
- 4) M. de la sustentabilidad económica y ambiental (Figura 4.7);
- 5) M. de la sustentabilidad social y ambiental;
- 6) M. de adecuabilidad del uso de las tierras y
- 7) M. de adecuabilidad de la localización de los usos de las tierras.

¹⁴ El procedimiento de elaboración de las capas de impacto ambiental y sustentabilidad se basó en la información recogida de los sistemas productivos y en la generación digital de mapas a partir de la superposición de dos o más capas digitalizadas directamente desde las imágenes satelitales o las cartas topográficas. La descripción más detallada de los procedimientos utilizados escapan a los objetivos del Seminario. Mayor información se puede encontrar en la cita bibliográfica señalada y en la página Web de ECOFUERZA : <http://www.ecof.org.br>

H 47 15
S 22 42

H 46 45
S 22 42



LEGENDA

- CERRADO EM NULO
- PASTAGEM E MATO
- CMO. E POUCA CMO.
- MATO E POUCA CMO.
- MATO E CMO.
- CMO E MATO
- ÁREA URBANA

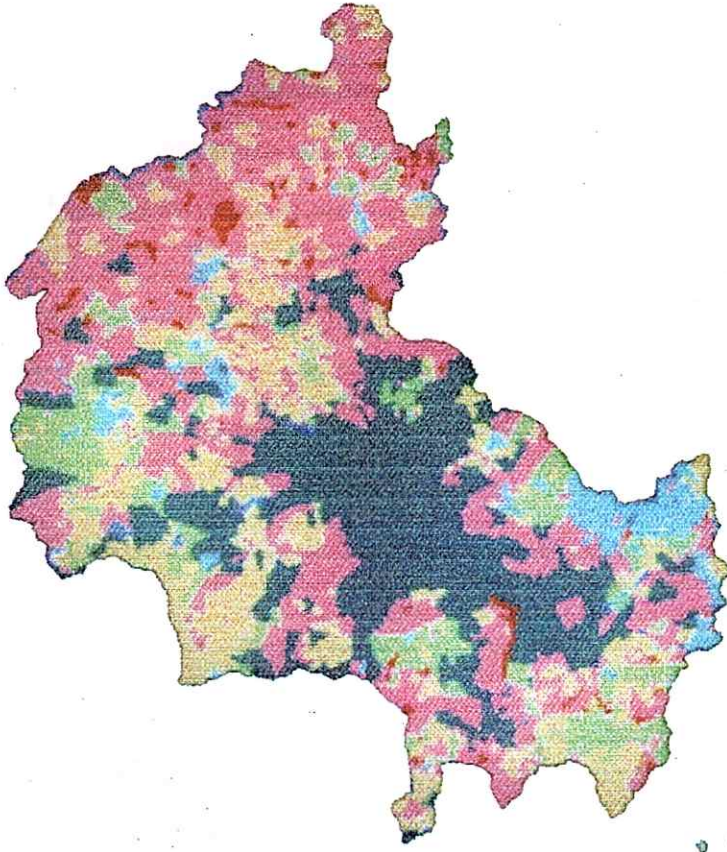
S 23 03
H 47 15

S 23 03
H 46 45

Figura 4.6 Município de Campinas (San Pablo). Mapa de SIG síntesis del impacto ambiental de las actividades agrícolas (Miranda et al., 1995).

M 47 15
S 22 42

M 46 46
S 22 42



LEGENDA

- SÍMBOLO SÍMBOLO E SÍMBOLO
- IMPACTO AMBIENTAL ALTO
- SÍMBOLO SÍMBOLO E SÍMBOLO
- IMPACTO AMBIENTAL BAJA
- SÍMBOLO SÍMBOLO E SÍMBOLO
- IMPACTO AMBIENTAL ALTO
- SÍMBOLO SÍMBOLO E SÍMBOLO
- IMPACTO AMBIENTAL BAJA
- SÍMBOLO SÍMBOLO E SÍMBOLO
- IMPACTO AMBIENTAL ALTO
- SÍMBOLO SÍMBOLO E SÍMBOLO
- IMPACTO AMBIENTAL ALTO
- ÁREAS PROTEGIDAS

S 23 03
M 47 15

S 23 03
M 46 46

Figura 4.7 Municipio de Campinas (San Pablo). Mapa de SIG de la sustentabilidad económica y ambiental (Miranda et al., 1995).

4.2.3 Discusión de los resultados obtenidos por ambas metodologías

Al compararse los procedimientos seguidos en ambos casos, es posible ver que se trata de metodologías de distinta naturaleza teórica y práctica que tienen, sin embargo las siguientes semejanzas:

- 1) Utilizan poderosas herramientas computacionales con las que hace algunos años no se habría contado, por lo cual son metodologías de vanguardia.
- 2) Entre sus pasos consideran un gran trabajo de captación de información en terreno a través de un muestreo de predios que se basa en una zonificación previa del territorio a estudiar, en el que por medio de encuestas se determinan valores para ciertas variables representativas de algún aspecto del sistema de interés para la tipificación.
- 3) Hacen una exhaustiva validación en terreno de las categorías encontradas. En todo caso la metodología RIMISP acentúa más el apoyo de un panel de expertos y conocedores de la región.
- 4) Tienen gran dependencia de las variables escogidas y los criterios utilizados para hacer la clasificación.
- 5) Dan la posibilidad de continuar enriqueciendo los datos finalizada la tipificación de modo de irlos ajustando en el tiempo. La metodología de RIMISP sin embargo presenta mayor objetividad en la clasificación de los sistemas no muestreados a través de las funciones canónicas; el procedimiento en base SIG clasifica los predios simplemente por su ubicación en el territorio la que se asocia a una cierta categoría definida por la caracterización realizada para polígono en el mapa SIG.
- 6) Ambas podrían ser útiles para el diagnóstico de la agricultura de una zona y contribuir a la planificación para el desarrollo, en la medida que las variables escogidas sean

adecuadas y los datos colectados representativos de la realidad del sector. Ambas metodologías están inmersas en una investigación más global que busca evaluar el estado de los grupos de sistemas homogéneos en un momento dado.

Con respecto a las diferencias, éstas radican en los siguientes aspectos:

- 1) La metodología RIMISP presenta una débil incorporación del manejo del territorio y su relación con los sistemas productivos basando su tipificación en el agricultor, mientras que la desarrollada por ECOFUERZA, una descripción detallada del territorio, ligándolo estrechamente con los tipos de sistemas. La metodología aplicada en Ñuble aparece más fuerte en aquellos aspectos no territoriales de los sistemas.
- 2) La primera metodología aparece como un buen procedimiento para agrupar en función de variables de estado sistémicas, las que después de un tiempo se podrían medir nuevamente y comparar. Variables y vectores de estado irían dando una idea de cómo se va desarrollando el sistema. La segunda metodología agrupa en primera instancia en función principalmente de una arquitectura del sistema, por ejemplo, cobertura o tamaño predial o un multicriterio observable a través de la interpretación de las imágenes satelitales. A esta asociación de multicriterio le adiciona una base de datos que bien podría contener todas las variables de estado que se quiera, pero ya no son ellas las que agrupan, sólo describen.
- 3) La metodología basada en SIG, al basarse en el territorio, podría presentar problemas con los aspectos de tenencia de la tierra como era el caso de las medierías en Ñuble por las que el tomador de decisiones sobre un determinado espacio rural varía con gran frecuencia y junto con él año a año el sistema productivo del territorio, no así el del agricultor, apareciendo como más útil la metodología RIMISP ligada al productor.
- 4) El número de variables que definen la clasificación es para el caso de la primera de las metodologías muy superior en cantidad y probablemente describe con mayor precisión

el estado de los ecosistemas-predio, mientras que la segunda ocupa pocas variables que son las que interesan desde el punto de vista sólo de evaluar la sostenibilidad, pero siendo más práctica en términos generales resulta menos útil al momento de elaborar hipótesis acerca de las causas reales de la no sostenibilidad de algún sistema, lo que probablemente llevaría a realizar otras mediciones anexas.

- 5) La discriminación de los tipos es realizada en el primer caso por herramientas estadísticas multivariadas que dan mayor objetividad a la clasificación, mientras que en el segundo caso, este paso fundamental en la metodología es desarrollado por multicriterio y por ende es más subjetivo.

5. CONCLUSIONES

5. Conclusiones

- 1) La utilidad que presentan las metodologías estudiadas, a pesar de sus diferencias, en la planificación para el desarrollo agrícola consolidan la hipótesis planteada en este trabajo acerca de la necesidad de realizar una tipificación de sistemas a escala comunal. Estas metodologías permiten describir grupos homogéneos de sistemas y son la base de futuras investigaciones que buscan generar recomendaciones tecnológicas y soluciones a los problemas de cada tipo.
- 2) Las metodologías estudiadas responden en gran parte al marco conceptual elaborado para el desarrollo de la agricultura en el punto 3 de este trabajo, siendo el procedimiento basado en SIG el que mejor se adapta al principio de uso múltiple que fue postulado como uno de los fundamentos. La metodología de RIMISP aparece como mejor adaptada a la incorporación de los actores en el proceso que se definió como coevolutivo y a la descripción de los estilos de agricultura practicados por los agricultores. Sin embargo la metodología RIMISP no se centra en el predio agrícola sino en el agricultor, asumiendo que su tipo de respuesta depende de un grupo de restricciones, por tanto respuestas más menos comunes implica restricciones más menos comunes entre las que se halla el tipo de predio.
- 3) Las metodologías estudiadas más que incompatibles aparecen como complementarias y son posibles de combinar para optimizar una tipificación.
- 4) La metodología de ECOFUERZA aparece como más ligada al tema del Ordenamiento Territorial, por lo que se adaptaría mejor a los objetivos que persigue el proyecto que se está ejecutando para la comuna de Santo Domingo por tiempo y utilización de las bases de datos existentes en SIG que fueron elaboradas durante el año 1998.

Con respecto a los objetivos planteados para este seminario, se tiene:

- 1) Se construyó un marco teórico que basado en un enfoque ecosistémico postula como principios fundamentales del desarrollo agrícola una cierta concepción de la agricultura ligada a la globalidad de los eventos en el espacio rural, el desarrollo como un proceso de coevolución socio-ambiental y el principio de uso múltiple del territorio.
- 2) Se elaboró también un marco teórico fundamentado en la jerarquía de sistemas agrícolas y el concepto de dominios de recomendación, para la tipificación predial a escala comunal.
- 3) Se describieron dos metodologías y su aplicación a nivel nacional e internacional, a partir de las cuales es posible extraer los siguientes elementos para la elaboración de una metodología de tipificación de sistemas aplicable a la comuna de Santo Domingo en un futuro Proyecto de Título:

- la elaboración de hipótesis acerca de la relación uso de suelo
- sistemas productivos, en base a SIG, dada la cartografía de cobertura vegetal que desarrolló el Programa Ecología y Ambiente durante el año 1998 en el Proyecto de Santo Domingo;
- validación de terreno y captura de información mediante encuestas que pretenden describir variables relevantes de los sistemas productivos;
- descripción en profundidad de algunos predios tipo de cada sistema;
- validación de la tipología con expertos y conocedores de la comuna

7. PROPUESTA DE PROYECTO DE TÍTULO

7. Propuesta de Proyecto de Título

7.1 Título: Evaluación de sustentabilidad de los sistemas de producción y propuestas de desarrollo para la Agricultura del territorio comunal de Santo Domingo

7.2 Problema

Datos	Incógnitas	Restricciones
Base de datos de la comuna de Santo Domingo en base a SIG de: <ul style="list-style-type: none">- Distrito y Sitio- Uso de Suelo- Catastro predial- Faunación- Borde costero- Clima- Socioestructura- Tecnoestructura- Hidroestructura- Suelo	<ol style="list-style-type: none">1) Tipos de sistemas productivos existentes en el territorio comunal2) Nivel de sustentabilidad de los diferentes tipos de sistemas3) Asociación de cada tipo de sistema y su nivel de sustentabilidad con los atributos territoriales	<ol style="list-style-type: none">1) Imposibilidad por tiempo y recursos de hacer un Censo comunal de sistemas para determinar una agrupación bajo ciertas variables2) El criterio de sustentabilidad debe incluir al menos dos componentes: el económico y el ambiental3) La clasificación de los sistemas debe quedar contenida en una base comunal de información en base a SIG

7.3 Hipótesis

Sea:

$$\varepsilon_0 = (\varepsilon_{01}, \varepsilon_{02}, \dots, \varepsilon_{0n})$$

donde:

ε_0 = Estado actual del ecosistema-comuna

ε_{0n} = Estado actual del tipo de ecosistema-predio n

n = Conjunto de variables y vectores de estado similares que definen una categoría de ecosistema-predio en una escala comunal

Se define Σ como el estado óptimo del ecosistema-comuna o estado de mayor desarrollo en función de una meta comunal, que a su vez está definido por:

$$\Sigma = (\Sigma_1, \Sigma_2, \dots, \Sigma_n)$$

donde:

Σ_n = Estado óptimo del tipo de ecosistema-predio n y se define por:

$$\Sigma_n = (E_{11}, E_{12}, \dots, E_{nm})$$

donde:

E_{nm} = Estado óptimo del ecosistema-predio m del tipo o categoría n

m = conjunto de variables y vectores de estado particulares de cada ecosistema-predio del tipo n

Se define entonces el desarrollo de la Agricultura del territorio comunal como:

$$\begin{array}{ccccccc} \varepsilon_0 & \rightarrow & \varepsilon_1 & \rightarrow & \varepsilon_2 & \rightarrow & \dots & \rightarrow & \varepsilon_x & \rightarrow & \Sigma \\ & & \Pi_1 & & \Pi_2 & & \Pi_3 & & \Pi_x & & \Pi \end{array}$$

donde:

Π_x = conjunto de operadores de artificialización del ecosistema-comuna para cambiar al estado x, donde x se considera de mayor grado de ordenamiento territorial que x-1

7.4 Objetivos y métodos

Objetivo general:

establecer para la comuna de Santo Domingo la relación existente entre el nivel de sustentabilidad de los diferentes tipos de ecosistema-predio y los atributos del territorio, a fin de elaborar propuestas para el desarrollo de la agricultura.

Objetivos específicos	Materiales y métodos
1) Elaborar un mapa de los diferentes tipos de sistemas productivos existentes en la comuna	1) Se basará en un multicriterio de: <ul style="list-style-type: none"> - Distrito y Sitio - Uso de suelo - Tamaño predial 2) Se utilizará el Programa Arc View (SIG) y la base de datos comunal elaborada durante el año 1998
2) Validar la tipología establecida	1) Se consultará la opinión a conocedores de la comuna
3) Describir cada tipo de sistema en base al modelo propuesto por Vélez (1998) y considerando además: <ul style="list-style-type: none"> - resultado económico de los últimos años - evaluación de impacto ambiental de las prácticas agrícolas actuales 	1) Estudio de al menos 1 predio por tipo de sistema en base a encuestas a los propietarios y observaciones en terreno.
4) Incorporar la descripción de los sistemas a la base comunal de datos	1) Utilización de Arc View (SIG)
5) Evaluar cualitativamente la sustentabilidad de cada tipo de sistema en base a la información recogida y establecer hipótesis acerca de su relación con los atributos territoriales	1) Se realizará un multicriterio de: <ul style="list-style-type: none"> - sustentabilidad ecológica - sustentabilidad económica
6) Propuestas de desarrollo para la Agricultura de la comuna en base al Plan de Ordenamiento Territorial	1) Modelación de escenarios 2) Consultas a expertos

7. BIBLIOGRAFÍA

7. Bibliografía

ALTIERI, M. A. 1992. Desarrollo sustentable de la agricultura campesina. Bases agroecológicas. En: Informe del Seminario Nacional sobre gestión del desarrollo agrícola sustentable en áreas marginales de Chile (Santiago de Chile, 22 al 24 de junio de 1992). Cepal. 105 p.

ALTIERI, M. A. 1997. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Tercera Edición. Consorcio Latino Americano sobre Agroecología y Desarrollo (CLADES). La Habana, Cuba. 231 p.

ÁLVAREZ, D., M.LIRA, J. POUGET y E. CAVIDES. 1997. Los Sistemas de Percepción Remota y su Aplicación en el Manejo de los Terrenos de Pastoreo y Praderas Cultivadas. Avances en Producción Animal N°22 (1-2): 3 - 22.

BERDEGUÉ, J. e I. NAZIF. 1988. Sistemas de producción campesinos. Grupo de Investigaciones agrarias. Academia de Humanismo Cristiano. Santiago, Chile. 169 p.

BERDEGUÉ, J. y E. RAMÍREZ. 1995. Operacionalización del concepto de sistemas de producción sostenibles. RIMISP. Santiago, Chile. 116 p.

CALATRAVA, J. 1995. Actividad Agraria y Sustentabilidad en el Desarrollo Rural: el Papel de la Investigación/Extensión con Enfoque Sistémico.

CAÑAS, 1998. Alimentación y Nutrición animal. Segunda Edición. Colección en Agricultura. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. 551 p.

CEPAL, 1992. Informe del Seminario Nacional sobre gestión del desarrollo agrícola sustentable en áreas marginales de Chile (Santiago de Chile, 22 al 24 de junio de 1992). Cepal. 105 p.

CINDA/FAO, 1988. Manual de desarrollo rural. Colección Universidad y Desarrollo. Santiago, Chile.

CONWAY, G. 1985. Agricultural Ecology and Farming Systems Research. En: Remenyi, J.V. (Editor). Agricultural Systems Research for Developing Countries. Proceedings of an international workshop held at Hawkesbury y Agricultural College Richmond, N.S.W., Australia (12 - 15 May 1985). ACIAR. Canberra, Australia.

DALTON. 1975. Study of Agricultural Systems. Department of Agriculture and Horticulture, University of Reading, England. Pplied Science Publishers Ltda. London, England.

DELGADO Y ORTEGA, 1972. Tendencias de la Teoría General de Sistemas.

ESCOBAR, G. y J. BERDEGUÉ, 1990. Tipificación de sistemas de producción agrícola. RIMISP. Santiago, Chile. 284 p.

GASTÓ, J., 1979. Ecología. El hombre y la transformación de la Naturaleza. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 573 p.

GASTÓ, J., GONZÁLEZ, C. y P. RODRIGO. 1993. Bases para la Planificación de Ecosistemas Prediales. Ciencia e Investigación Agraria. Vol. 20 - N°3.

GASTÓ, J., GUERRERO, J. y F. VICENTE. 1995. Bases Ecológicas de los Estilos de Agricultura y del Uso Múltiple. En: Ramos, E. y Cruz, J. (Coord.) Hacia un Sistema Rural. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. pp 259-302.

GASTÓ, J., RODRIGO, P. e I. ARÁNGUIZ. 1999. Desarrollo de una Metodología para la Representación y Resolución de Problemas de Predios Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. 85 p.

GASTÓ, J., RODRIGO, P., ARÁNGUIZ, I y C. URRUTIA. 1998b. Ordenamiento Territorial Rural en Escala Comunal. Bases Conceptuales y Metodología. Serie de Estudios P. Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago, Chile.

GASTÓ, J., RODRIGO, P. e I. ARÁNGUIZ. 1998a. Análisis Territorial de la Comuna de Santo Domingo. Informe Final (Tomo I y II). Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Zootecnia. Santiago, Chile.

GASTÓ, J., VÉLEZ, L.D. y C. D'ANGELO. 1997. Gestión de Recursos Vulnerables y Degradados. En: Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur. Libro Verde. Elementos para una Política Agroambiental en el Cono Sur/PROCISUR. Subprograma Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola. Montevideo, Uruguay. pp 75-116.

HECHT, S. 1997. La Evolución del Pensamiento Agroecológico. En: ALTIERI, M. A. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Tercera Edición. Consorcio Latino Americano sobre Agroecología y Desarrollo (CLADES). La Habana, Cuba. 1-12 p.

MAGRI, A. 1996. Evaluación de la Sustentabilidad a Nivel de Campo. Tesis de Ing. Agr. Departamentos de de Zootecnia y Economía Agraria. Pontificia Universidad Católica de Chile. 153 p.

MIRANDA, E., DORADO, A., GUIMARÃES, M., MANGABEIRA, J.A. y J. MIRANDA. 1995. Impacto Ambiental y Sostenibilidad Agrícola. La Contribución de los Sistemas de Informaciones Geográficas. RIMISP. Santiago, Chile. 89 p.

NORGAARD, R. y T. SIKOR. 1997. Metodología y Práctica de la Agroecología. En: ALTIERI, M. A. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Tercera Edición. Consorcio Latino Americano sobre Agroecología y Desarrollo (CLADES). La Habana, Cuba. 13-24.

NORMAN, D. y M. COLLISON, 1985 En: Remenyi, J.V. (Editor). Agricultural Systems Research for Developing Countries. Proceedings of an international workshop held at Hawkesbury y Agricultural College Richmond, N.S.W., Australia (12 - 15 May 1985). ACIAR. Canberra, Australia.

ODUM, E. 1986. Fundamentos de Ecología. Nueva Editorial Interamericana. México. 422p.

REMENYI, J.V. 1985. (Editor). Agricultural Systems Research for Developing Countries. Proceedings of an international workshop held at Hawkesbury y Agricultural College Richmond, N.S.W., Australia (12 - 15 May 1985). ACIAR. Canberra, Australia.

VÉLEZ, L. D. 1998. Bases metodológicas para el Estudio de los Estudios de Agricultura. Tesis de Magister en Ciencias Agropecuarias mención Producción de Cultivos. Departamento de Ciencias Vegetales, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. 149 p.

ZANDSTRA, H. G., PRICE, E.C., LITSINGER J.A. y MONIS, R.A. 1986. Metodología de Investigación en Sistemas de Cultivo. Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo de Canadá. CIID. Ottawa, Canadá. 156 p.

ANEXOS

ANEXO 1

VARIABLES SELECCIONADAS POR GIA PARA LA TIPIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN LA PROVINCIA DE ÑUBLE, VIII REGIÓN DE CHILE (Escobar *et al.*, 1990)

Variable	
ZV64	Ingreso bruto total.
ZV59	Ingreso bruto ventas agrícolas.
ZV18	Sup. cultivada/Sup. agrícola.
ZHRT	Superficie de remolacha.
ZV61	Ingreso bruto por salarios.
ZV08	Superficie de la explotación.
ZV05	% de trabajo extrapredial.
ZV22	Sup. viñas y frutales/Sup. arable.
ZV21	Superficie viñas.
ZV68	Ingreso bruto total/activo.
ZV34	% promedio de producción vendida.
ZV27	Sup. cultiv en medias/Sup. cultivada.
ZHAT	Superficie de arroz.
ZV20	Sup. cultivos anuales/Sup. arable.
ZV11	Sup. propia/Sup. de la explotación.
ZV37	Total de unidades animales.
ZV13	Localización Zona Paisaje Agrícola.
ZV40	Rendimiento de trigo.
ZHTT	Superficie de trigo.
ZV47	(Nitrógeno/ha trigo)/Dosis recomendada.
ZHPT	Superficie de fríjol.
ZV10	Sup. regada/Sup. de la explotación.
ZV60	Ingreso bruto por ventas pecuarias.
ZV65	Ingreso por ventas/Ingreso total.
ZV41	Rendimiento de fríjol.
ZV46	(Kg semill.2a./ha trigo)/(Dosis recom.).
ZV44	Horas-máquina/ha de trigo.
ZV15	Valor total estimado de equipos.
ZHLT	Superficie de lenteja.

ANEXO 2

MUNICIPIO DE CAMPINAS (SAN PABLO).
DETALLE DE IMAGEN DE SATÉLITE SPOT DE LA REGIÓN DE CAMPINAS
(COMPOSICIÓN EN COLOR VERDADERO; MIRANDA *et al.*, 1995).



ANEXO 3

MUNICIPIO DE CAMPINAS (SAN PABLO).
DETALLE DE IMAGEN DE SATÉLITE SPOT DE LA REGIÓN DE CAMPINAS
(PANCROMÁTICA; MIRANDA *et al.*, 1995).



ANEXO 4

MUNICIPIO DE CAMPINAS (SAN PABLO).
DETALLE DE IMAGEN DE SATÉLITE SPOT DE LA REGIÓN DE CAMPINAS
(CON BOSQUES CLASIFICADOS; MIRANDA *et al.*, 1995).

